

ББК 32.882

А18

УДК 621.395.345(075.8)

Аваков Р. А., Шилов О. С., Исаев В. И.

А18 Основы автоматической коммутации: Учебник для вузов. — М.: Радио и связь, 1981. — 288 с., ил.
В пер.: 90 к.

Рассматриваются физические основы телефонии, общие принципы построения современных и перспективных АТС и методы расчета их оборудования. Излагаются вопросы организации и построения общегосударственной автоматически коммутируемой телефонной сети.

Для студентов электротехнических институтов связи.

А $\frac{30602-028}{045(01)-81}$ 31-81

2402040000

$\frac{ББК}{6\Phi 1}$

Рецензенты: Бондарев В. Г., Соколов В. А., Панкратова О. И., Коханова З. С.

**Рафаэль Антонович Аваков,
Олег Семенович Шилов,
Владимир Иванович Исаев**

Основы автоматической коммутации

Редактор Н. М. У л а н о в с к а я
Художник Р. А. К л о ч к о в
Художественный редактор А. А. Д а н и л и и
Технический редактор К. Г. М а р к о ч
Корректор Л. В. А л е к с е в а

ИБ № 370

Сдано в набор 23.09.80 г. Подп. в печ. 27.11.80 г.
Т-21550 Формат 60X90/14 Бумага тип. № 2 Гарнитура литературная Печать высокая Усл. печ. л. 18,0
Уч.-изд. л. 19,81 Тираж 22 000 экз. Изд. № 18175 Зак. № 185 Цена 90 к.
Издательство «Радио и связь». Москва 101000, Чистопрудный бульвар, д. 2

Типография издательства «Радио и связь» Госкомиздата СССР Москва 101000, ул. Кирова, д. 40

© Издательство «Радио и связь», 1981.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1	6
ОСНОВЫ ТЕЛЕФОННОЙ ПЕРЕДАЧИ	6
1.1. Тракт телефонной передачи	6
1.2. Характеристики речевого сигнала	6
1.3. Характеристики слухового восприятия	7
1.4. Акустикоэлектрические и электроакустические преобразователи	8
1.5. Телефонные аппараты	12
1.6. Принципы передачи и приема речи с преобразованием структуры речевого сигнала	15
Глава 2	17
КОММУТАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ	17
2.1. Классификация коммутационных приборов	17
2.2. Электромагнитные реле	18
2.3. Основные характеристики и временные параметры электромагнитных реле	21
2.4. Электромеханические искатели	24
2.5. Многократные координатные соединители	26
2.6. Соединители на герконовых реле и элементах электронной коммутации	28
Глава 3	30
ПРИНЦИПЫ ТЕЛЕФОННОЙ КОММУТАЦИИ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА	30
3.1. Общие сведения	30
3.2. Принципы ручной коммутации	30
3.3. Принципы автоматической коммутации	32
3.4. Степень предварительного искания	33
3.5. Степень группового искания	34
3.6. Пространственное и временное разделение каналов	35
3.7. Понятие о потоках и времени обслуживания телефонных вызовов	36
3.8. Телефонная нагрузка	40
3.9. Характеристики качества обслуживания	41
Глава 4	43
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КОММУТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ	43
4.1. Однозвенные полноступенчатые включения	43
4.2. Расчет однозвенных полно доступных включений	44
4.3. Однозвенные неполноступенчатые включения	52
4.4. Расчет однозвенных неполноступенчатых включений	54
4.5. Принципы построения и структурные параметры звеньевых включений	56
4.6. Двухзвенное включение, используемое в режиме свободного искания	59
4.7. Двухзвенное включение, используемое в режиме группового искания	60
4.8. Звеньевое включение, используемое в режиме линейного искания	63
4.9. Расчет звеньевых включений	65
Глава 5	68
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ	68
5.1. Индивидуальные и общие управляющие устройства. Непосредственное и косвенное управление	68
5.2. Формирование и кодирование сигналов	71
5.3. Передача информации кодом «2 из 6» («2 из 5»)	74
5.4. Классификация сигналов	75
5.5. Передача сигналов в системах коммутации с непосредственным управлением	77
5.6. Особенности передачи сигналов на междугородной телефонной сети	80
5.7. Приемники и генераторы тональных сигналов	81
5.8. Передача сигналов через транзитные узлы автоматической коммутации	84
5.9. Передача сигналов по выделенному групповому сигнальному каналу	86
Глава 6	88
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АТС ДЕКАДНО-ШАГОВОЙ СИСТЕМЫ	88

6.1. Основные особенности декадно-шаговых АТС.....	88
6.2. Функциональная схема и группообразование АТС ДШ с двумя ступенями ГИ.....	88
6.3. Принцип связи нескольких АТС ДШ.....	91
6.4. Влияние непосредственного управления на построение АТС ДШ.....	92
6.5. Основные особенности конструктивного оформления и технических характеристик АТС ДШ.....	93
Глава 7.....	94
АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СТАНЦИИ КООРДИНАТНОЙ СИСТЕМЫ.....	94
7.1. Особенности координатных АТС.....	94
7.2. Коммутационная система координатных АТС.....	95
7.3. Обмен информацией между регистрами и маркерами.....	101
7.4. Регистры.....	103
7.5. Маркеры.....	105
7.6. Городские координатные станции АТСК-У и АТСК.....	109
7.7. Координатная АТС К-100/2000.....	115
Глава 8.....	117
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КВАЗИЭЛЕКТРОННЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ АТС.....	117
8.1. Общие сведения.....	117
8.2. Коммутационная система квазиэлектронной АТС.....	118
8.3. Управляющая система квазиэлектронной АТС.....	120
8.4. Многоэтапный принцип установления соединений.....	123
8.5. Работа ЭУМ в реальном времени; многопрограммное управление.....	124
8.6. Структура ЭУМ и управляющих комплексов.....	125
8.7. Принципы построения электронных АТС.....	128
Глава 9.....	133
ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕЛЕФОННЫХ СЕТЕЙ И СИСТЕМЫ НУМЕРАЦИИ.....	133
9.1. Общие сведения.....	133
9.2. Принципы построения общегосударственной автоматически коммутируемой телефонной сети СССР.....	134
9.3. Принципы построения городских телефонных сетей.....	136
9.4. Принципы построения сельских телефонных сетей.....	138
9.5. Распределение затухания по участкам разговорного тракта.....	139
9.6. Система нумерации.....	141
Глава 10.....	145
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МЕЖДУГОРОДНЫХ ТЕЛЕФОННЫХ СТАНЦИЙ.....	145
10.1. Общие сведения.....	145
10.2. Способы установления соединений.....	146
10.3. Системы обслуживания заявок.....	146
10.4. Транзитные соединения. Уровни разговорных токов.....	149
10.5. Характеристика аппаратуры полуавтоматической междугородной телефонной связи.....	151
10.6. Автоматическая междугородная телефонная станция АМТС-1М.....	153
10.7. Автоматическая междугородная станция АМТС-3.....	155
10.8. Автоматическая междугородная телефонная станция АРМ-20.....	159
10.9. Учет стоимости междугородных разговоров.....	162
Список литературы.....	164

Предисловие

Настоящий учебник предназначен для студентов электротехнических институтов, обучающихся по специальностям 0708 и 0702 (специализация "Передача данных и телеграфная связь"). Учитывая крайне ограниченный объем книги, авторы особое внимание уделили отбору материала по технике автоматической электросвязи. Чтобы исключить повторения, общие вопросы, связанные с организацией связи на городских, сельских и междугородных сетях, вынесены в общие главы и разделы. Например, вопросы управления и передачи информации (сигналов управления, линейных сигналов и др.) хотя и имеют особенности на различных сетях, рассматриваются в одной общей главе (гл. 5). То же относится и к принципам построения телефонных сетей и систем нумерации (гл. 9). Вопросы теории телеграфика и инженерных методов расчета оборудования приводятся совместно с материалами, поясняющими принципы построения коммутационных структур (гл. 3 и 4). Такая система изложения вопросов позволила компактно расположить материалы учебника.

Вместе с тем при отборе материалов учитывалось то обстоятельство, что книга предназначена для студентов, обучающихся по учебным планам и программам, отличающимся друг от друга. Прежде всего здесь следует отметить отсутствие в учебном плане Специальности 0708 курса «Основы дискретной автоматики:», являющегося базовым курсом для специальности 0702. Поэтому в учебник введена глава, в которой кратко излагаются свойства и возможности основных контактных и бесконтактных дискретных моментов (гл. 2). Некоторые материалы этого курса приведены и в других главах. Учитывая непрерывное и быстрое развитие систем автоматической коммутации, авторы сочли целесообразным большое внимание уделить изложению основных принципов построения и функционирования современных систем и устройств автоматической коммутации.

Введение, гл. 5, 8, 9 и 10, а также § 3.1—3.6 и 4.1, 4.3, 4.5—4.8 Написаны Р. А. Аваковым, гл. 1, 2 и § 3.7—3.9, 4.2, 4.4 и 4.9 — О. С. Шиловым, гл. 6 и 7 — В. И. Исаевым.

Авторы выражают глубокую признательность рецензентам — преподавателям кафедры автоматической электросвязи МЭИС З. С. Кохановой и О. И. Панкратовой, а также научным сотрудникам ЛОНИИС В. Г. Бондареву и В. А. Соколову за ценные замечания и советы, которые способствовали улучшению содержания и методики изложения материала учебника.

ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом возрастает объем информации, подлежащей передаче по каналам связи. Характерным при этом является не только количественный рост объемов информации, но и качественно новые требования к коммутации и распределению поступающей информации. Это в свою очередь требует значительного расширения и развития сетей связи и в первую очередь аппаратуры коммутации.

Телефонная связь является основным и интенсивно растущим видом связи, поэтому развитию и совершенствованию сетей телефонной связи в нашей стране постоянно уделяется большое внимание. Сеть связи представляет собой сложный комплекс сооружений, создание и развитие которых требует больших капитальных вложений. Этим объясняется то, что вопросы оптимального построения сетей связи и повышения эффективности их использования рассматриваются как важнейшая народнохозяйственная задача.

В соответствии с основными направлениями развития народного хозяйства в нашей стране создается Единая автоматическая сеть связи (ЕАСС), обеспечивающая максимальное объединение и многоцелевое использование технических средств и каналов связи. Наиболее разветвленной частью ЕАСС является общегосударственная автоматически коммутируемая телефонная сеть связи (ОАКТС), по которой передается большая часть информации.

Началом развития телефонной связи считается 1876 г., когда Александр Белл (США) получил патент на изобретенное им электромагнитное телефонное устройство, позволяющее передавать речь на расстояние. Существенный вклад в дело развития техники телефонной связи, разработку и совершенствование телефонных аппаратов и коммутационного оборудования внесли русские изобретатели. Здесь прежде всего следует отметить изобретение инженером П. М. Голубицким микрофона с угольным порошком и многополюсного телефона, применение которых позволило значительно улучшить качество и увеличить дальность передачи речи.

Вскоре после изобретения телефона стали появляться телефонные станции. В 1878 г. была откры-

та первая в мире телефонная станция общего пользования в г. Нью-Хевен (США), в 1882 г. первые телефонные станции появились в России — в Петербурге, Москве, Одессе и Риге. Почти одновременно с городской телефонной связью начинает развиваться и междугородная телефонная связь. Первая междугородная телефонная линия в России была сооружена между Петербургом и Гатчиной в 1882 г. Важным шагом в развитии техники телефонной связи явились разработки, посвященные автоматизации процессов коммутации. 1882 г. русский инженер К. А. Мосцицкий разработал одну из первых АТС в мире; несколько позднее инженер Фрейденберг разработал АТС с шаговыми искателями, макет которой был изготовлен в мастерских Одесского университета.

На различных этапах развития телефонной связи были созданы автоматические системы коммутации различных типов (поколений). К АТС первого поколения относятся станции с непосредственным управлением (например, АТС шаговой системы), основанные на применении электромеханических приборов, каждый из которых имеет собственное управляющее устройство. Подобные системы коммутации обладают существенными недостатками, к которым прежде всего следует отнести необходимость постоянного присутствия эксплуатационно-технического персонала для наблюдения за действием станции и как следствие — значительные эксплуатационные затраты, непроизводительное использование индивидуальных управляющих устройств, занимаемых не только в процессе установления соединения, но и во время разговора.

Этих недостатков лишены АТС координатной системы (АТС второго поколения), в которых впервые была осуществлена централизация управления и применены более надежные коммутационные приборы — многократные координатные соединители (МКС). Все это позволило существенно повысить использование коллективных управляющих устройств (маркёров, регистров), упростить условия эксплуатации АТС и сократить эксплуатационные расходы.

Однако новые, более высокие требования к системам коммутаций, вызванные необходимостью решения новых задач, поставленных перед сетями связи в современных условиях, заставили существенно преобразовать коммутационную технику и создать качественно новые системы управления автоматической коммутации. К таким системам относятся квазиэлектронные (третье поколение) и электронные (четвертое поколение) городские, сельские и междугородные телефонные станции и узлы. Квазиэлектронные системы коммутации характеризуются тем, что в качестве коммутационных элементов в них используются различные быстродействующие электромагнитные приборы (герконовое реле, фериды и др.); а в качестве центрального управляющего устройства — специализированные ЭВМ, которые в автоматической электросвязи называются электронными управляющими машинами (ЭУМ). На квазиэлектронных АТС, как и на АТС предыдущих поколений, применяются коммутационные системы с пространственным делением каналов. Отличительной особенностью электронных систем коммутации, в которых в качестве центрального управляющего устройства также используются ЭУМ, является построение коммутационной системы на основе временного деления каналов.

Как на электронных, так и на квазиэлектронных АТС используется перспективный программный принцип построения управляющих устройств. При этом в городских и междугородных станциях и узлах коммутации, как правило, применяется система централизованного управления с программой, записанной в специальных запоминающих устройствах (ЗУ). Такая система управления в значительной степени упрощает условия введения новых или изменения действующих программ, например при необходимости предоставления абонентам новых услуг (дополнительных видов обслуживания — ДВО). Введение новых ДВО (например, сокращенный набор номера наиболее часто вызываемых абонентов, конференцсвязь, переадресация вызовов на другой аппарат) в этом случае сводится к изменению алгоритмов функционирования ЭУМ путем замены или перезаписи программ в ЗУ управляющей машины.

Новые системы коммутации с программным управлением имеют ряд важных достоинств, среди которых прежде всего следует отметить малые габариты, малую мощность и высокую надежность действия аппаратуры. Существенным преимуществом этих систем коммутации является также снижение эксплуатационных расходов за счет автоматизации действий по обслуживанию АТС (процессов контроля и наблюдения за работоспособностью оборудования, поиска неисправностей, устранения повреждений путем переключения неисправного блока на резервный и др.).

ОСНОВЫ ТЕЛЕФОННОЙ ПЕРЕДАЧИ

1.1. Тракт телефонной передачи

Одним из наиболее распространенных видов электрической связи является телефонная связь, которая с помощью электрической энергии позволяет осуществлять передачу речи на большие расстояния. Речь человека представляет собой совокупность звуковых колебаний. При телефонной передаче (рис. 1.1а) звуковые колебания, возбуждаемые источником звука ИЗ — говорящим абонентом, через акустическую среду АС₁ воздействуют на акустико-электрический преобразователь АЭП (микрофон) телефонного аппарата ТА₁, который преобразует их в соответствующие колебания электрического тока. Энергия этих колебаний через телефонный аппарат ТА₁ и соединительный тракт направляется в пункте приема на электроакустический преобразователь ЭАП (телефон, громкоговоритель) ТА₂. В ЭАП электрическая энергия преобразуется в звуковую и через АС₂ воспринимается приемником звука ПЗ — ухом слушающего абонента. Для двусторонней телефонной передачи АЭП и ЭАП должны устанавливаться в ТА обоих абонентов. Телефонные аппараты обычно соединяются через коммутационный узел, к которому они подключаются с помощью линий, называемых *абонентскими линиями (АЛ)*. Коммутационные узлы, в которые включаются абонентские линии, называются *телефонными станциями (ТС)* или просто станциями (рис. 1.1б).

На территории одного города (или населенного пункта) может быть установлено несколько телефонных станций. В каждую телефонную станцию включаются абонентские линии, расположенные в районе действия соответствующей станции. Телефонные аппараты, включенные в разные станции, соединяются через две и более станций, связанные между собой *соединительными линиями (СЛ)*. В отличие от абонентских линий, являющихся индивидуальными линиями, закрепленными за телефонными аппаратами, соединительные линии являются линиями общего пользования и участвуют в соединениях телефонных аппаратов разных телефонных станций.

Совокупность линейных и станционных технических средств, предназначенных для установления соединения между телефонными аппаратами, называется *соединительным трактом* (рис. 1.1 в). Соединительный тракт образуется только на время передачи информации (передачи речи); исключением являются те редкие случаи, когда имеется постоянное, непосредственное соединение телефонных аппаратов друг с другом. Поэтому для управления процессом образования соединительного тракта телефонные аппараты кроме АЭП и ЭАП содержат приборы ввода адресной информации (информации о номере ТА вызываемого абонента), послышки и приема сигналов вызова и окончания передачи. Совокупность устройств, входящих в систему электрической передачи речи от рта говорящего до уха слушающего абонента, называется *трактом передачи телефонной информации* или просто *телефонным трактом* (см. рис. 1.1а).

Таким образом, тракт телефонной передачи содержит два акустических участка — АС₁ и АС₂, два телефонных аппарата — ТА₁ и ТА₂ с преобразователями АЭП и ЭАП, соединительный тракт, заключенный между источником и приемником звука — ИЗ и ПЗ. Качество передачи речи по телефонному тракту оценивается разборчивостью, громкостью и натуральностью.

1.2. Характеристики речевого сигнала.

Звуки речи образуются в речевом аппарате человека; основными составляющими при этом являются легкие с их мускульным аппаратом, голосовые связки и воздушные полости глотки, рта и носа.

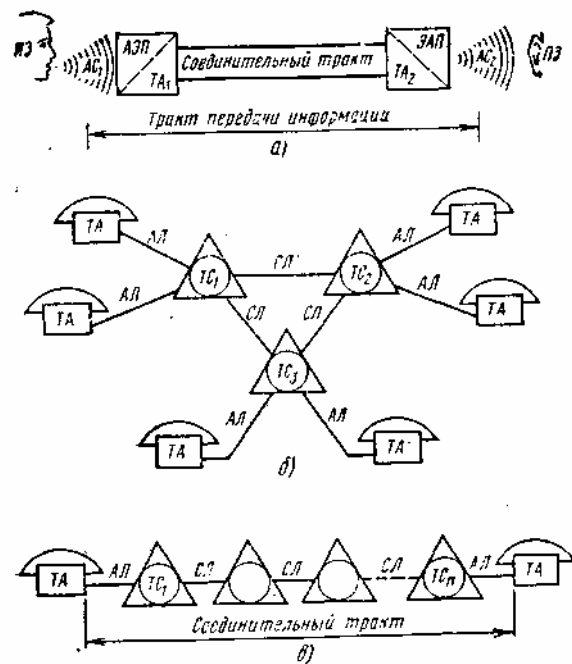


Рис. 1.1. Схемы телефонной передачи

При рождении звука голосовые связки, представляющие собой два упругих мускульных валика с окончаниями нервных волокон, приходят в состояние автоколебаний. Поток воздуха из легких прерывается. Возникает первичный звук, имеющий характер П-образных импульсов, частота следования которых определяет тип голоса: бас (80—320 Гц), баритон (100—400 Гц), сопрано (250—1200 Гц) и т. д. Такой первичный звук (основной тон) имеет непрерывный (сплошной) спектр частот с убывающими амплитудами в диапазоне, примерно от 80 до 12000 Гц. Под воздействием изменяющихся резонансных объемов, образуемых в полости рта при различном положении языка, зубов и губ, спектрально-амплитудный состав звуковых колебаний изменяется — амплитуды одних частот усиливаются, других — ослабляются.

Каждому звуку речи соответствует усиление частот в одной или нескольких областях. Эти области, в пределах которых заключена значительная часть общей энергии звука, называются *формантными областями* или просто *формантами*. Звуки речи отличаются друг от друга числом формант и их расположением в частотном спектре. Отдельным звукам речи может соответствовать до шести формант, из которых только одна или две являются определяющими — основными. Если исключить из передачи любую из основных формант, то передаваемый звук исказится. Анализ звуков русской речи показывает, что хотя их форманты и расположены в спектре частот от 200 до 8600 Гц, однако подавляющее большинство основных формант находится в диапазоне 300—3400 Гц. Поэтому Международный консультативный комитет по телефонии и телеграфии (МККТТ) рекомендовал передавать по телефонному тракту этот диапазон тональных частот.

Звуковые колебания речи обладают весьма незначительной мощностью, которая при нормальной громкости разговора с учетом пауз в среднем равна 10 мкВт (без учета пауз—15 мкВт). Эта мощность соответствует звуковому давлению примерно 0,5 Па на расстоянии около 5 см от рта говорящего. Средняя мощность наиболее слабых звуков речи (при шепоте)—0,01 мкВт, а при крике — 1000—5000 мкВт. Величина, характеризующая пределы изменения мощности речевого сигнала в логарифмическом масштабе, называется *динамическим диапазоном речи*, определяется она в децибелах:

$$D = 10 \lg(I_{\max} \cdot I_{\min}) = 20 \lg(P_{\max} \cdot P_{\min}) \quad (1.1)$$

где I_{\max} , I_{\min} (P_{\max} , P_{\min}) — максимальное и минимальное значения интенсивности звука (звукового давления) соответственно.

Интенсивность звука — количество энергии звуковых колебаний, проходящих через единицу поверхности, расположенную перпендикулярно к направлению ее распространения, за единицу времени. Интенсивность звука I и звуковое давление P связаны соотношением $I = \kappa P^2$, где κ — коэффициент, зависящий от величины атмосферного давления и температуры воздуха.

Для неискаженной передачи звуков различной возможной интенсивности необходимо обеспечить динамический диапазон речи $D_p = 10 \lg(5000/0,01) = 57$ дБ.

При передаче речи без выкриков достаточен динамический диапазон 30—40 дБ, поэтому такой динамический диапазон рекомендован для передачи по телефонным трактам.

1.3. Характеристики слухового восприятия

Воздействие упругих колебаний акустической среды на барабанную перепонку органа слуха воспринимается как звук. Человек может слышать звуки с частотами от 20 до 2000 Гц, однако чувствительность уха к звукам разных частот неодинакова. Наиболее восприимчиво ухо к звуковым сигналам с частотами в пределах 1000—4000 Гц. Характерно, что звуковые колебания небольшой интенсивности не воспринимаются ухом как звук. Минимальные значения интенсивности колебаний, воспринимаемых ухом как звук, называются *порогом слышимости*. Величина интенсивности колебаний, при которой в ухе возникают болевые ощущения, называется *порогом болевого ощущения*.

Орган слуха согласно психофизиологическому закону (который гласит, что прирост ощущения пропорционален логарифму раздражения) обладает логарифмической чувствительностью. Поэтому интенсивность звука / (звуковое давление P) определяют не в абсолютных, а в логарифмических единицах — децибелах (дБ), называемых *уровнями интенсивности (давления) звука V* :

$$V = 10 \lg(I/I_0) \text{ или } V = 20 \lg(P/P_0), \quad (1.2)$$

где I и P — интенсивность звука и звуковое давление в Вт/м² и Па, а $I_0=10^{-12}$ Вт/м² и $P_0=2 \times 10^{-5}$ Па — интенсивность и звуковое давление *нулевого уровня* соответственно. Величины I_0 и P_0 приняты за начало отсчета, поскольку они соответствуют порогу слышимости в области частоты 1000 Гц. При оценке уровней сложных звуков, например звуков речи и шума, используется понятие *спектрального уровня*, т. е. уровня энергии, приходящейся на полосу частот шириной 1 Гц.

Изменение интенсивности звукового колебания воспринимается на слух как субъективное изме-

нение громкости. Для ее объективной оценки пользуются *уровнем громкости звука*, вычисляемым из выражения

$$L=10 \lg(I_{1000}/I_0), \quad (1.3)$$

где I_{1000} — интенсивность гармонического колебания частотой 1000 Гц, равногромкого исследуемому звуку, $I_0=10^{-12}$ Вт/м² — интенсивность нулевого уровня слышимости. Уровень громкости L , в отличие от уровня интенсивности B , измеряют в фонах. На практике уровни громкости определяют по экспериментальным кривым равной громкости для звуков различных частот (рис. 1.2). Штриховкой показаны область слухового восприятия звуков и область, в которой заключены звуки речи. Приведенные кривые свидетельствуют о широких возможностях и исключительном совершенстве уха как индикатора звуковых колебаний. Например, при частоте 1000 Гц человеческое ухо способно воспринимать звуковые колебания интенсивностью от 1 до 10^{-12} Вт/м², т. е. динамический диапазон слуха на этой частоте, определяемый по (1.1), составляет $D_c = 10 \lg(1/10^{-12}) = 120$ дБ.

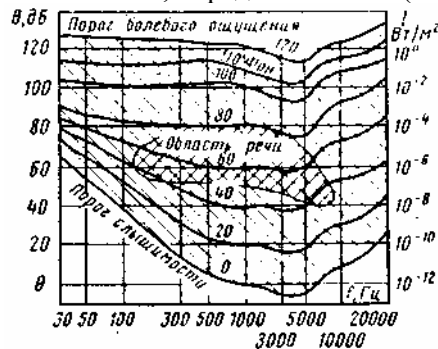


Рис. 1.2. Семейство кривых равной громкости

При организации телефонной связи следует учитывать такие особенности слухового восприятия, как маскировка звука, адаптация и гармонические искажения слуха. Маскировкой звука называется понижение чувствительности уха к слабым звукам при одновременном воздействии звуков большей интенсивности. В результате маскировки звуков повышается порог слышимости сигнала при воздействии мешающего звука или шума по сравнению с порогом слышимости сигнала без помех. *Адаптацией* называется способность уха изменять свою чувствительность, т. е. приспосабливаться к интенсивности воздействующих звуковых колебаний. Прослушивание звуков значительной (малой) интенсивности приводит к повышению (понижению) порога слышимости. Это явление наиболее заметно при быстром чередовании звуков большой и малой интенсивности. Если, например, вслед за громким звуком сразу следует слабый звук, то последний не будет восприниматься, поскольку первоначальная чувствительность уха восстанавливается лишь после прекращения воздействия громкого звука через некоторое время (1,5—2 с). *Гармоническими искажениями слуха* называется возникновение в слуховом аппарате человека колебаний с частотами, отсутствующими в исходном звуке. Чем выше интенсивность звука, тем сильнее сказываются возникающие нелинейные искажения слуха. Это является одной из причин уменьшения разборчивости речи при очень громкой передаче.

1.4. Акустикоэлектрические и электроакустические преобразователи

Общие сведения. В качестве преобразователей в ТА применяют микрофон, включаемый на передающем конце телефонного тракта, и телефон или громкоговоритель — на приемном конце. Микрофон преобразует звуковую энергию, создаваемую голосом во время разговора, в электрическую энергию речевого сигнала, а телефон или громкоговоритель совершает обратное преобразование — речевой сигнал преобразуют в звуковые колебания. Акустической нагрузкой телефона является замкнутый объем воздуха, ограниченный слуховым проходом уха. Громкоговорители предназначены для озвучения открытых пространств.

Большинство преобразователей содержит механическую колебательную систему, связанную с электрической цепью. При воздействии звуковых колебаний на колебательную систему изменяется сопротивление, емкость или другой параметр электрической цепи, что приводит к изменению величины тока. Если же преобразуются электрические колебания в звуковые, то изменения тока в цепи вызывают механические колебания подвижной системы, которые в свою очередь возбуждают звуковые колебания.

По принципу работы преобразователи делятся на электродинамические, электромагнитные, пьезоэлектрические, конденсаторные, транзисторные, электретные, угольные и др. В телефонной связи наибольшее распространение получили угольные микрофоны и электромагнитные телефоны. В электродинамических преобразователях используется принцип взаимодействия магнитных полей постоянного магнита и подвижной катушки индуктивности. При использовании таких преобразователей в качестве микрофона звуковые колебания воздействуют на подвижную катушку, она колеблется в постоянном магнитном поле и в катушке индуцируется ЭДС. Основным недостатком таких преобразователей является необходимость последующего усиления, поскольку индуцированная ЭДС имеет недостаточную величину. Еще больший коэффициент усиления необходим для конденсаторных мик-

рофонов, в которых происходят изменения емкости преобразователя при изменении интенсивности звуковых колебаний. Существенным недостатком пьезопреобразователей является их механическая непрочность. В электретных преобразователях используются имеющие постоянные поверхностные заряды постоянно поляризованные диэлектрики — электреты. Если электрет поместить между двумя металлическими электродами, включенными в электрическую цепь, и один из электродов использовать в качестве звукоприемника, то в электрической цепи потечет ток, частота которого будет соответствовать частоте возбуждаемых звуковых колебаний. Однако вопрос применения электретных и транзисторных преобразователей в телефонной связи еще недостаточно исследован.

Качество работы преобразователей оценивают чувствительностью. Под *чувствительностью микрофона* S_M понимают отношение действующего значения ЭДС на его зажимах E_M (в вольтах) к величине звукового давления P (в паскалях). *Чувствительностью телефона* S_T называют отношение величины звукового давления P (в паскалях), развиваемого телефоном в камере искусственного уха, к величине действующего значения переменного напряжения U_T , приложенного к его зажимам (в вольтах). Чувствительность микрофона и телефона определяется из выражений $S_M = E_M/P_M$ и $S_T = P_T/U_T$. Величина чувствительности преобразователей зависит от частоты. Эта зависимость $S(f)$ называется *частотной характеристикой чувствительности* преобразователя. Эффективность работы преобразователя в рабочем диапазоне частот f_1 — f_2 оценивается величиной его средней чувствительности:

$$S_{cp} = \frac{1}{f_2 - f_1} \int_{f_1}^{f_2} S(f) df. \quad (1.4)$$

Отклонение чувствительности преобразователя на разных частотах от его среднего значения приводит к частотным искажениям. Степень такого отклонения оценивается *неравномерностью частотной характеристики чувствительности*, определяемой в децибелах по формуле

$$\Delta S = 20 \lg(S_{max}/S_{min}),$$

где S_{max} , S_{min} — наибольшее и наименьшее значения чувствительности преобразователя в рабочем диапазоне частот f_1 и f_2 .

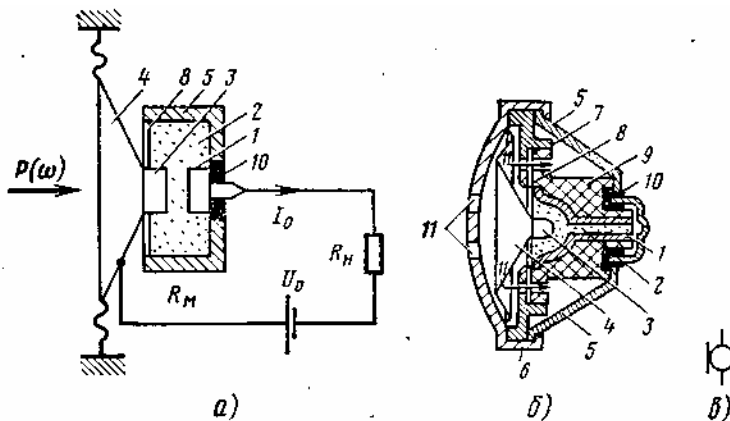


Рис. 1.3. Угольный микрофон: а — принцип устройства и схема включения; б — эскиз микрофона МК-16; в — условное обозначение; 1 — неподвижный электрод; 2 — угольный порошок; 3 — подвижный электрод; 4 — мембрана; 5 — корпус; 6 — крышка; 7 — фигурное кольцо; 8 — ограничитель засыпки; 9 — пластмассовый держатель; 10 — изоляционная втулка; 11 — отверстия.

зователя.

Преобразователи также характеризуются *электроакустическим коэффициентом*, под которым понимают отношение мощности сигнала на выходе к мощности на его входе.

Угольный микрофон. Действие угольного микрофона основано на свойстве угольного порошка изменять свое сопротивление при изменении воздействующего на порошок давления. Под действием звуковых волн мембрана 4 (рис. 1.3 а, б) с закрепленным на ней подвижным электродом 3 приходит в колебательное движение и изменяет плотность угольного порошка 2. При уплотнении порошка сопротивление между подвижным 3 и неподвижным 1 электродами уменьшается, а при разрыхлении — увеличивается. Изменение сопротивления угольного порошка приводит к появлению пульсирующего тока. Постоянная составляющая этого тока I_0 является током питания микрофона в состоянии покоя, а его переменная составляющая представляет собой разговорный ток. Если на угольный микрофон сопротивлением R_M воздействовать, например, синусоидальным звуковым колебанием $P(\omega)$ с частотой ω , то мгновенное значение тока i в цепи сопротивления R_N (см. рис. 1.3 б) можно определить из уравнения, которое после разложения в ряд (используется бином Ньютона) приводится к виду

Амплитудной характеристикой преобразователя называется зависимость сигнала на выходе (при постоянной частоте возбуждения) от сигнала на его входе. Линейный участок этой характеристики обычно ограничен величинами минимального и максимального значения сигналов на входе преобразователя. Подставляя значения звукового давления или подводимого напряжения (1.1), определяют динамический диапазон преобразователя.

$$i = \frac{U}{R_H + R_M - \Delta R \sin^2 \omega t} = I_0 \left(1 - \frac{\Delta R}{R} \sin^2 \omega t \right)^{-1} = I_0 (1 + m \sin \omega t + m^2 \sin^2 \omega t + m^3 \sin^3 \omega t + \dots), \quad (1.5)$$

где ΔR – амплитуда переменной составляющей сопротивления микрофона; $R=R_H+R_M$; $I_0=U/R$; $m=\Delta R/R$. Колебания тока с частотой ω определяются выражением $I_0 m \sin \omega t$. Кроме основных колебаний, как следует из анализа последующих слагаемых уравнения (1.5), возбуждаются еще колебания тока с частотами $2\omega, 3\omega, \dots$ и монотонно убывающими амплитудами $0,5m^2 I_0, 0,25m^3 I_0, \dots$, обуславливающими гармонические искажения угольного микрофона. Однако при небольшой интенсивности воздействующих на микрофон звуковых колебаний коэффициент модуляции m обычно не превышает $0,2$ ($m \geq 0,2$) и паразитные колебания не воспринимаются на слух, так как амплитуды колебаний с частотами $2\omega, 3\omega, \dots$ располагаются значительно ниже порога слышимости. Поэтому для не очень громкой передачи мгновенное значение тока можно определить из уравнения

$$i = I_0 + I_0 m \sin \omega t \quad \text{или} \quad i = \frac{U + I_0 \Delta R \sin \omega t}{R}. \quad (1.6)$$

В последнем выражении числитель имеет размерность напряжений: первое слагаемое — напряжение батареи, а второе слагаемое представляет собой ЭДС микрофона e_m , которую генерирует микрофон при его возбуждении. Эта ЭДС пропорциональна току питания I_0 и амплитуде переменной составляющей сопротивления ΔR микрофона. Величина ΔR зависит от величины сопротивления микрофона R_M : у высокоомных микрофонов она больше, у низкоомных — меньше.

Мощность, отдаваемую микрофоном как генератором согласованной нагрузке ($R_H=R_M$), определим по формуле

$$W_{\Sigma} = \frac{E_{\text{эфф}}^2}{4R_M} = \frac{(I_0 \Delta R)^2}{4 \cdot 2R_M} \cdot \frac{4R_M}{4R_M} = \frac{1}{2} I_0^2 R_M \left(\frac{\Delta R}{2R_M} \right)^2 = \frac{1}{2} W_0 m^2,$$

где $E_{\text{эфф}}=E_M/\sqrt{2}$, $W_0=I_0^2 R_M$ — мощность, потребляемая микрофоном от батареи. Учитывая, что величина W_0 определяется нормированным значением тока питания микрофона I_0 и что превышение ее ведет к значительному увеличению собственных шумов микрофона, а повышение коэффициента модуляции свыше $0,2$ не желательно, так как это ведет к значительным гармоническим искажениям, электрическая мощность W_{Σ} , отдаваемая угольным микрофоном в согласованную нагрузку, ограничена и составляет примерно 1 мВт. Поскольку средняя мощность звуковых колебаний, воздействующих на мембрану микрофона при разговоре, составляет $W_{\text{ЗВ}} \approx 1$ мкВт, то нетрудно убедиться, что угольный микрофон является усилителем мощности и его электроакустический коэффициент составляет $\eta_{\text{эа}}=W_{\Sigma}/W_{\text{ЗВ}}=1000$.

Частотная характеристика чувствительности микрофона имеет неравномерный характер. Повышение чувствительности в области верхних частот разговорного спектра обусловлено резонансными явлениями, возникающими при совпадении частоты звуковых колебаний с частотой собственных колебаний мембраны микрофона. Неравномерный характер частотной характеристики обуславливает амплитудно-частотные искажения, которые воспринимаются на слух как искажения тембра голоса. Для борьбы с этими искажениями используют резонансные свойства акустических объемов. Изменяя размеры и формы воздушных объемов, заключенных между корпусом микрофона и его частями, а также вводя новые резонансные объемы с помощью акустических перегородок, повышают чувствительность микрофона в области частот разговорного спектра. На рис. 1.4 приведены частотные характеристики чувствительности современных угольных микрофонных капсулей МК-10 и МК-16.

Для повышения качества телефонной передачи иногда применяют микрофоны других типов (обычно электромагнитные, реже магнитоэлектрические). Однако средняя чувствительность лучших таких преобразователей не превышает $0,001$ В/Па, и при их использовании требуется последующее усиление.

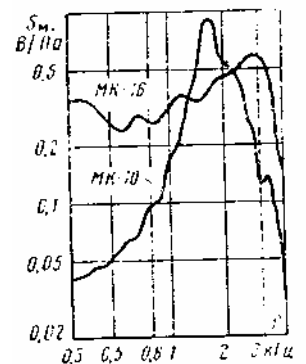


Рис. 1.4. Частотные характеристики чувствительности угольных микрофонов МК-10 и МК-16

Электромагнитный телефон. Различают электромагнитные телефоны с простой и дифференциальной магнитными системами (рис. 1.5а и б). Мембрана телефона с простой магнитной системой

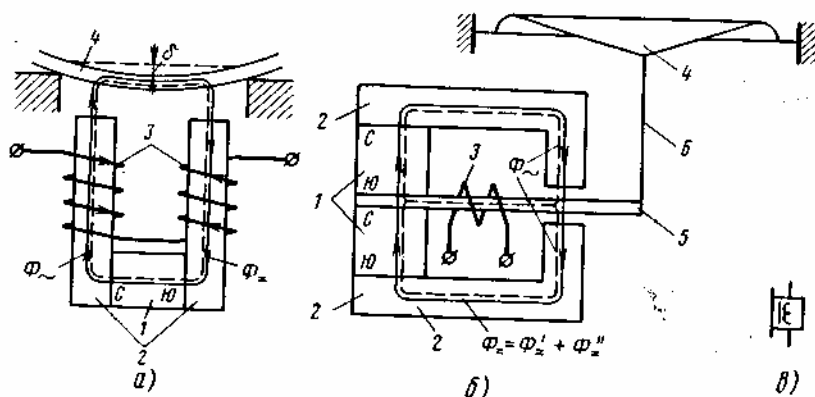


Рис. 1.5. Электромагнитный телефон: а — с простой магнитной системой; б — с дифференциальной магнитной системой; в — условное обозначение; 1 — постоянный магнит; 2 — полюсные наставки; 3 — обмотка; 4 — мембрана; 5 — яркорь; 6 — стержень

изготавливается из магнитомягкого материала. Под воздействием постоянного магнита, создающего магнитный поток Φ_+ , мембрана находится в притянутом состоянии и имеет первоначальный прогиб δ . Когда в обмотку телефона поступает переменный ток, образуется переменный магнитный поток Φ_- . Магнитные потоки Φ_+ и Φ_- замыкаются через полюсные наставки, мембрану, воздушный зазор между мембраной и полюсными наставками и постоянный магнит. Мембрана, находящаяся под воздействием суммарного магнитного потока, величина которого изменяется, совершает колебательные движения. Если, например, по обмотке телефона пропустить переменный синусоидальный ток с частотой ω , то на мембрану будет действовать сила F , обусловленная суммой магнитных потоков $\Phi_+ + \Phi_-$, а именно

$$F = k(\Phi_+ + \Phi_-)^2 = k(\Phi_+ + \Phi \sin \omega t)^2 = k\Phi_+^2 + 2\Phi\Phi_+ k \sin \omega t + \frac{1}{2}\Phi^2 k(1 - \cos 2\omega t),$$

где k — коэффициент пропорциональности. Из этого выражения следует, что колебания мембраны телефона определяются воздействием двух сил. Первая сила $F_1 = 2\Phi\Phi_+ k \sin \omega t$ вызывает полезные колебания с частотой ω . Вторая сила $F_2 = 1/2\Phi^2 k(1 - \cos 2\omega t)$ также изменяется во времени, но вызывает колебания с удвоенной частотой 2ω , т. е. вносит частотные искажения. Из сравнения амплитуд этих сил $2\Phi\Phi_+ k$ и $0,5\Phi^2 k$ следует, что если выполнить соотношение $\Phi_+ \gg \Phi$ (в реальных телефонах $\Phi_+/\Phi > 1000$), второй силой по сравнению с первой можно пренебречь и считать, что мембрана будет колебаться с частотой тока, проходящего по обмотке телефона.

В телефоне с дифференциальной магнитной системой (см. рис. 1.5б) магнитный поток Φ_- , возникающий при прохождении через катушку переменного тока, взаимодействует с потоком, создаваемым постоянными магнитами: $\Phi_+ = \Phi'_+ + \Phi''_-$. В один полупериод происходит сложение постоянного и переменного потоков и яркорь с мембраной звукоизлучателем 4 перемещаются вверх, во второй полупериод усиливается поток через нижний полюсный наконечник и яркорь с мембраной смещаются вниз. На яркорь телефона действуют две силы: $F' = k(\Phi_+ + \Phi \sin \omega t)^2$ и $F'' = k(\Phi_+ - \Phi \sin \omega t)^2$. Колебания яркоря и мембраны определяются взаимодействием этих сил: $F = F' - F'' = 4\Phi\Phi_+ k \sin \omega t$. Таким образом, выражение для силы, колеблющей мембрану, не содержит слагаемого с двойной частотой; поэтому телефоны с дифференциальной магнитной системой не вносят гармонических искажений при передаче, а также имеют более высокую чувствительность.

Частотная характеристика телефона из-за резонансных свойств его мембраны имеет неравномерный характер. С целью уменьшения этой неравномерности в конструкцию телефонов вводят дополнительные резонансные объемы, образуемые с помощью акустических перегородок. Располагая частоты этих резонансов в спектре наименьшей чувствительности и вводя элементы акустического трения в области частот, соответствующих резонансу его мембраны, обеспечивают выравнивание частотной характеристики телефона. Частотные характеристики чувствительности современных электромагнитных капсюльных телефонов приведены на рис. 1.6. Основные параметры находящихся в эксплуатации электромагнитных телефонов и угольных микрофонов приведены в табл. 1.1.

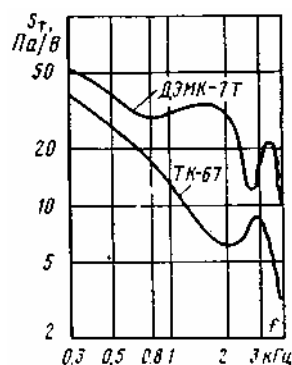


Рис. 1.6. Частотные характеристики капсюльных электромагнитных телефонов ТК-67 (с простой магнитной системой) и ДЭМК-7Т (с дифференциальной магнитной системой)

Таблица 1.1. Параметры телефонов и угольных микрофонов.

Тип преобразователя	Диапазон частот, кГц	Средняя чувствительность		Неравномерность, ДБ
		телефона, Па/В	микрофона, В/Па	
ТА-4	0,3 — 3,0	6		14
ТК-67	0,3 — 3,5	15		20
ДЭМК-7Т	0,2 — 3,5	22		8
МК-10	0,3 — 3,5		0,25 — 0,3	34,5
МК-16	0,3 — 4,0		0,45 — 0,55	12—15

1.5. Телефонные аппараты

Общие сведения. В настоящее время в эксплуатации находится большое количество телефонных аппаратов разных типов. Все ТА можно классифицировать по ряду основных отличительных признаков. В зависимости от способа питания микрофонных цепей ТА различают аппараты системы МБ (питание микрофона обеспечивается от батареи, расположенной непосредственно в каждом ТА) и аппараты системы ЦБ (центральной батареи питания, расположенной на телефонной станции). По типу телефонной станции, в которую включаются ТА, последние подразделяются на аппараты РТС (обслуживаемые ручными телефонными станциями) и аппараты АТС. По способу использования мощности разговорных токов различают аппараты с местным эффектом и противоместные. В зависимости от конструкции аппараты делятся на настольные, настенные и переносные. По условиям применения имеется разделение на аппараты общего назначения и специальные: ТАУ (ТА с усилителем), ТАГ (громкоговорящие ТА), корабельные, шахтные и др.

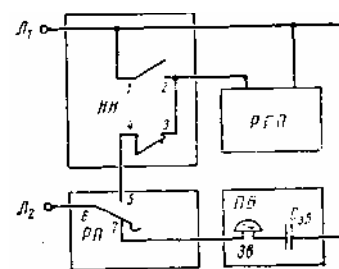
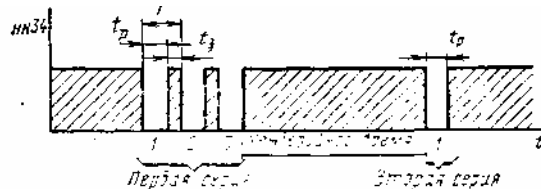


Рис. 1.7. Структурная схема телефонного аппарата ЦБ АТС

В схему ТА общего назначения ЦБ АТС (рис. 1.7) входят: разговорные приборы РГП, приемник вызова ПВ, устройства коммутации РП и ввода адресной информации НН. Приборы РГП состоят из преобразователей, подключенных к схеме, состоящей из трансформатора, конденсаторов, резисторов и диодов. В качестве преобразователей в современных ТА используются, главным образом, угольные микрофоны и электромагнитные телефоны капсульного типа, которые для удобства пользования объединяются конструктивно в одно целое — микротелефонную трубку. Микротелефонная трубка гибким 3—4-жильным шнуром соединяется со схемой РГП, размещаемой в корпусе ТА. Схема ПВ состоит из поляризованного звонка переменного тока Зв, преобразующего электрический ток частотой 25 Гц в акустический сигнал вызова, и последовательно соединенного с ним конденсатора $C_{зв}$, который преграждает путь постоянному току ЦБ АТС. Устройство коммутации РП представляет собой рычажный переключатель, переключающий группу контактов при поднятии микротелефонной трубки (замыкается контакт 5—6 и к линейным зажимам L_1 — L_2 подключается РГП) или при возвращении ее в исходное положение на рычаг ТА (замыкается контакт 6—7 и к L_1 — L_2 подключается ПВ). Устройство ввода адресной информации НН предназначено для формирования сигналов, соответствующих номеру вызываемой абонентской линии. В качестве НН обычно используют дисковый номеронабиратель. При наборе номера (заводе диска) контакт 1—2 замыкается и шунтирует РГП. При возвратном движении диска контакт 1—2 остается замкнутым, а контакт 3—4, называемый импульсным, периодически размыкается так, чтобы число размыканий цепи (число поступающих на АТС импульсов) соответствовало набираемой цифре номера. Таким образом информация о цифре номера передается на АТС в виде серии импульсов постоянного тока. Между соседними сериями должен быть достаточно большой промежуток времени (*межсерийное время*), который позволяет приборам АТС отделять одну набираемую цифру номера от другой.

Для правильной работы АТС дисковый номеронабиратель ННД должен обеспечивать стабильность посылки импульсов с частотой $f=1/T=10\pm 1$ имп/с и постоянное соотношение между временем размыкания t_p и временем замыкания t_3 импульсного контакта ($T=t_p+t_3=100$ мс). Отношение этих величин $k = t_p/t_3$ называется *импульсным коэффициентом*. Для дисковых номеронабирателей импульсный коэффициент принят равным $k=1,6$ ($t_p \sim 61,5$ мс и $t_3 \sim 38,5$ мс) с допустимыми отклонениями в пределах от 1,4 до 1,7. Минимальное межсерийное время ННД составляет 500 мс. На рис. 1.8 показана ондулограмма работы импульсных контактов ННД при наборе двузначного номера 31.

Рис. 1.8. Ондулограмма работы импульсных контактов ННД при наборе двузначного номера 31



Кнопочный номеронабиратель ННК обеспечивает ввод адресной информации при нажатии кнопок. При этом адресная информация из ТА на АТС может передаваться различными способами, наиболее распространенными из которых являются импульсный и частотный. В первом случае информация о номере передается в виде серий импульсов постоянного тока, а во втором — каждая из цифр передается сигналами, образованными токами различных частот.

Влияние местного эффекта на качество телефонной передачи. При разговоре уровень собственной речи, слышимой говорящим человеком, примерно на 20 дБ меньше уровня речи у его губ. Такое ослабление является привычным для абонента, делает возможным в ходе разговора контролировать громкость своей речи и обеспечивает восприятие реплик собеседника. При телефонном разговоре человек, говорящий перед микрофоном, слышит свою речь в телефоне своего же аппарата. Это объясняется тем, что ток от микрофона говорящего абонента через элементы схемы телефонного аппарата попадает в телефон этого аппарата, а не только в линию и аппарат собеседника. По этой же причине абонент через свой телефон слышит окружающие шумы. Прослушивание абонентом через телефон своего аппарата местных шумов и собственной речи при разговоре называется *местным эффектом*.

Уровень собственной речи, слышимый разговаривающим абонентом, из-за усилительных свойств микрофона примерно на 20—25 дБ выше, чем при разговоре без телефона. В результате абонент слышит себя непривычно громко (как бы «оглушает» себя) и непроизвольно снижает уровень речи, что ухудшает слышимость на приемном конце. Кроме того, снижается чувствительность уха к приему слабых сигналов, так как оно «приспосабливается» к звукам большой интенсивности (маскировка звуков). Поэтому прием звуков речи собеседника вследствие инерционности процесса адаптации оказывается затруднительным. Ведение разговора усложняется из-за невозможности немедленно перебить говорящего для переспроса. Во-вторых, во время слушания местные акустические шумы попадают в микрофон ТА и воздействуют на ухо слушающего совместно со звуками речи говорящего абонента. Имея большую интенсивность, чем принимаемые звуки речи, они будут их маскировать.

Таким образом, вредное влияние местного эффекта сказывается в снижении качества передачи речи и в соответствующем уменьшении дальности передачи. Схемы ТА, в которых приняты меры для снижения влияния местного эффекта, называются *противоместными*.

Электрические свойства схем ТА характеризуются рабочими затуханиями передачи, приема и местного эффекта, измеряемыми в децибелах. Рабочее затухание ТА при передаче

$$a_{пер} = 10 \lg \frac{|W_M|}{|W_L|}, \quad (1.7)$$

где $W_M = E^2/4R_M$ — мощность, отдаваемая микрофоном в согласованную с ним нагрузку $Z_H = R_M$; $W_L = I_L^2 Z_L$ — мощность, отдаваемая микрофоном в линию через схему ТА при передаче. Рабочее затухание при приеме

$$a_{пр} = 10 \lg \frac{|W'_L|}{|W_T|}, \quad (1.8)$$

где $W'_L = U_L^2/4Z_L$ — мощность, отдаваемая линией с сопротивлением Z_L в согласованную нагрузку; $W_T = I_T^2 Z_T$ — мощность, выделяемая на сопротивлении телефона Z_T при приеме. Чем меньше $a_{пер}$ и $a_{пр}$, тем меньше потери энергии в схеме ТА. Рабочее затухание местного эффекта

$$a_{м.э} = 10 \lg \frac{|W_M|}{|W'_L|}, \quad (1.9)$$

где W'_T — мощность, выделяемая на сопротивлении телефона Z_T при передаче. С увеличением $a_{м.э}$ уменьшается влияние местного эффекта, но ухудшаются характеристики $a_{пер}$ и $a_{пр}$.

Противоместные схемы телефонных аппаратов. Существуют два класса противоместных схем: *мостовые* и *компенсационные*. Принцип построения мостовой схемы показан на рис. 1.9а. Ее образуют: трехобмоточный трансформатор Tr , микрофон R_M , телефон Z_T , входное сопротивление линии Z_K

и сопротивление Z_6 . Такую схему можно представить в виде канонического моста переменного тока,

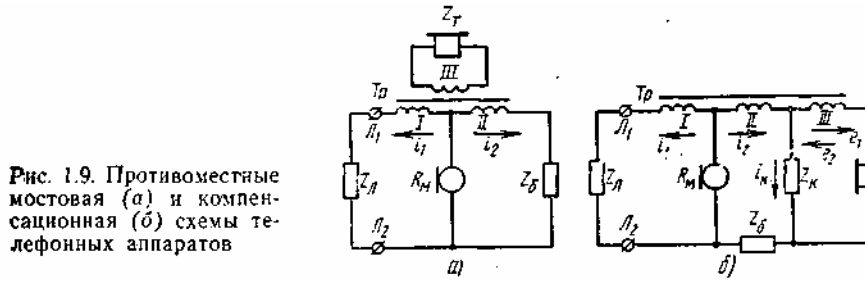


Рис. 1.9. Противоместные мостовая (а) и компенсационная (б) схемы телефонных аппаратов

в одну диагональ которого включен микрофон как генератор переменного тока, а в другую — телефон. При равновесии моста ток в его диагоналях равен нулю и, следовательно, в телефоне не будет слышен собственный голос. Равновесие моста дости-

гается при условии $Z_6 Z_1 = Z_L Z_2$, где Z_L — входное сопротивление линии, Z_1 и Z_2 — сопротивления обмоток / и // трансформатора, Z_6 — сопротивление балансного контура. Однако полного подавления местного эффекта практически достичь не удастся, так как балансный контур, содержащий обычно небольшое количество элементов с сосредоточенными параметрами (от одного до пяти резисторов и конденсаторов), не может воспроизвести полную частотную зависимость входного сопротивления линии Z_L . Следует также учитывать, что длина и тип линий в условиях эксплуатации бывают различными. Поэтому при разработке схем ТА не стремятся к полному подавлению местного эффекта, а только к его значительному ослаблению.

Принцип построения компенсационной схемы ТА показан на рис. 1.96. Поясним ее работу. Пусть мгновенные значения токов $i = i_1 + i_2$, создаваемых микрофоном R_M , имеют направления, указанные стрелками. Протекающие по обмоткам автотрансформатора / и // токи i_1 и i_2 индуцируют в его /// обмотке ЭДС e_1 и e_2 . Параметры схемы подбираются так, чтобы абсолютное значение ЭДС e_1 было больше e_2 , тогда в обмотке /// индуцируется ЭДС $e = e_1 - e_2$. Одновременно с этим часть разговорного тока i_K создает на компенсационном сопротивлении падение напряжения $U_K = i_K Z_K$. Для условия полной противоместности необходимо, чтобы наведенная ЭДС e и падение напряжения U_K были равны по величине и противоположны по фазе. В этом случае телефон Z_T окажется включенным между точками с одинаковым потенциалом и, следовательно, в телефоне тока не будет.

Только за последние годы нашей промышленностью было выпущено большое количество ТА различных типов общего применения: ТА-66, ТАН-70, ТАСТ-70, ТАН-76, ТА-72.

Рассмотрим работу аппарата ТА-72, упрощенная принципиальная схема которого приведена на рис. 1.10. Разговорные приборы ТА включены по противоместной схеме мостового типа. В состав РП входят: микрофон М (МК-16), телефон Т (ТК-67), трехобмоточный автотрансформатор Тр, четырехэлементный балансный контур, содержащий резисторы R_1 , R_2 и конденсаторы C_1 и C_2 .

Для защиты уха абонента от акустических ударов и уменьшения силы щелчка при заводе и возвращении диска номеронабирателя ННД установлен варистор, состоящий из двух диодов D_1 и D_2 , подключенных параллельно телефону. Рычажный переключатель

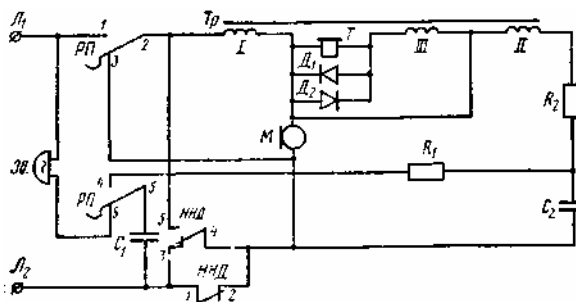


Рис. 1.10. Упрощенная принципиальная схема телефонного аппарата ТА-72

аппарата имеет контакты 1—2—3 РП и 4—5—6 РП. Когда микрофонная трубка лежит на рычаге, к линейным зажимам L_1 и L_2 подключен ПВ по цепи: L_1 , Зв, 6—5 РП, C_1 , L_2 . Конденсатор C_1 преграждает путь постоянному току от ЦБ АТС. Сигнал вызова от телефонной станции подается переменным током частотой $f=25$ Гц. При этом конденсатор C_1 обеспечивает прохождение переменного тока и поляризованный звонок Зв оповещает абонента о поступлении вызова. Разговорные цепи в это время отключены от линии.

При снятии микрофонной трубки замыкается контакт /—2 РП, контактом 5—6 РП нарушается цепь вызова, контактом 4—5 РП конденсатор C_1 переключается в схему балансного контура. Контакт 1—2 РП замыкается цепь постоянного тока: L_1 , 1—2 РП, обмотка I Тр, микрофон М, контакты 1—2 (4—В) ННД, L_2 . Замыкание цепи постоянного тока воспринимается на станции как сигнал вызова. На схеме показаны контакты дискового номеронабирателя ННД. Контакт /—2 ННД является импульсным, а контакты 3—4—5 ННД при переключении обеспечивают шунтировку разговорных приборов схемы. При заводе диска ННД контакт 3—4 ННД размыкается, а контакт 4—5 ННД замыкается

и остается в таком положении до возвращения диска в исходное состояние. При возвратном движении диска в такт с набираемой цифрой пульсирует контакт 1—2 ННД, прерывая цепь постоянного тока. Переключение контактной группы 3—4—5 ННД происходит за некоторое время (100—200 мс) до окончания возвратного движения диска. Этот промежуток, называемый холостым ходом ННД (так как в это время посылки импульсов нет), необходим приборам АТС для подготовки к приему следующей серии импульсов, соответствующей следующей цифре номера. Резистор R_1 и конденсаторы C_1 и C_2 , включенные параллельно размыкающемуся контакту 1—2 НД, выполняют функции искрогасительного устройства.

Габаритные размеры аппарата ТА-72—150x213x120 мм; масса — 1,35 кг.

На абонентских линиях с затуханием, большим, чем 4,3 дБ (в пределах до 24,3 дБ), используются телефонные аппараты ТАУ-04. Для участия в разговоре группы лиц разработаны аппараты громкоговорящей связи ТАГ, в которых телефон заменен громкоговорителем, а микрофон установлен в некотором удалении от абонента. На электронных АТС применяются ТА с кнопочным номеронабирателем ННК и передачей набора номера многочастотным способом. Такой ТА позволяет уменьшить время, необходимое для передачи адресной информации, расширяет возможности АТС в отношении предоставления абонентам дополнительных услуг, может быть использован как оконечное устройство (терминал) для передачи данных и совместной работы с ЭВМ.

1.6. Принципы передачи и приема речи с преобразованием структуры речевого сигнала

Речевой сигнал по своей структуре является непрерывным (аналоговым) сигналом.

Принципы телефонирования, предполагающие сохранение неизменности аналоговой структуры речевого сигнала при его передаче, не являются эффективным при использовании канала тональной частоты 300—3400 Гц. Основанием для такого утверждения служит то, что количество информации, содержащееся в речевом сигнале, в несколько раз меньше пропускной способности такого канала. Отсюда следует, что аналоговый речевой сигнал, занимающий при передаче весь спектр канала тональной частоты, содержит большую избыточность. Если же речевой сигнал освободить от излишней избыточности и оставить в нем только информацию, необходимую для обеспечения требуемой разборчивости, натуральности и достаточной громкости, то появится возможность передавать одновременно несколько речевых сообщений по одному каналу тональной частоты. Для освобождения от избыточности речевой сигнал преобразуется, т. е. структура его изменяется так, чтобы сохранились все необходимые признаки для достаточно точного воспроизведения исходного сигнала на приемном конце тракта.

Речевой сигнал можно характеризовать тремя параметрами: частотным диапазоном F , динамическим диапазоном D и временем передачи T . Исходя из наличия у сигнала трех характеристик, введено понятие объема речевого сигнала $V = FDT$. Аналогичными тремя параметрами F_K , D_K и T_K можно характеризовать любой из телефонных каналов, соответственно имеющий объем $V_K = F_K D_K T_K$. Если параметры телефонного канала равны соответствующим параметрам сигнала, который необходимо передать по этому каналу, т. е.

$$F_K = F; D_K = D \text{ и } T_K = T, \quad (1.10)$$

$$\text{то } V_K = V. \quad (1.11)$$

В этом случае параметры канала и параметры сигнала полностью согласованы. Если же условие (1.11) выполняется, а (1.10) — не выполняется, то перед передачей сигнала необходимо преобразовать параметры сигнала, согласовав их с параметрами канала. Такая операция называется *трансформацией*. Если $V > V_K$, перед передачей речевого сигнала необходимо произвести его преобразование ограничением или компандированием.

Преобразование ограничением состоит в том, что исключается часть или несколько частей сигнала без сохранения сведений, содержащихся в его исключенных частях. При таком преобразовании теряется ряд признаков речевого сигнала, что приводит к искажению передаваемого сигнала. Поэтому преобразование этого вида можно использовать только в тех случаях, когда из сигнала исключаются лишь признаки, не имеющие существенного значения для его восприятия.

Преобразование компандированием включает в себя две последовательные операции: компрессию и экспандирование. Под *компрессией* понимают такое преобразование, при котором происходит сжатие одного или нескольких параметров, но сохраняется информация, содержащаяся в речевом сигнале до преобразования и достаточная для его последующего восстановления. *Экспан-дированием* называют преобразование, в результате которого компрессированный сигнал приобретает форму перво-

начального речевого сигнала.

Различают непосредственное и параметрическое компандирование. *Непосредственное компандирование* заключается в компрессии и последующем экспандировании одного, двух или всех трех параметров F , D и T , характеризующих сигнал. В зависимости от параметра, по которому производится такое преобразование, оно может быть частотным, амплитудным, временным. *Параметрическое компандирование* представляет собой преобразование, при котором компрессия производится за счет выделения из сигнала некоторого числа медленно меняющихся параметров, информация об изменении которых и передается по каналам. Экспандирование в этом случае осуществляется с помощью местных источников, использующих информацию о медленно меняющихся параметрах исходного сигнала.

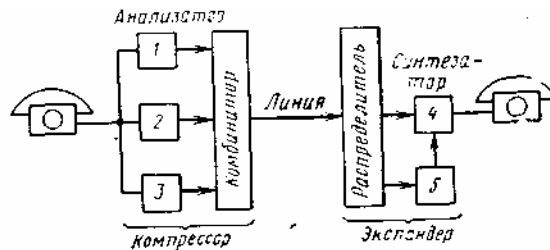


Рис. 1.11. Структурная схема фонемного вокодера

Эти методы могут быть использованы для преобразования структуры речевого сигнала с целью уменьшения его объема V при необходимости одновременной передачи нескольких речевых сообщений по каналу то-

нальной частоты объемом V_k , т. е. при $V_k = \eta V$, где η — коэффициент компрессии речевого сигнала.

Наиболее эффективным методом структурного преобразования речевого сигнала является частотно-параметрическое компандирование, при котором теоретическое значение коэффициента компрессии может достигать $\eta = 30$ и более.

Такое компандирование (компрессия + экспандирование) осуществляется с помощью *вокодера*. Тип вокодера определяется параметрами, по которым производятся анализ и синтез речевого сигнала. Наиболее перспективными можно считать фонемные вокодеры. Такой вокодер содержит анализатор, комбинатор, распределитель и синтезатор (рис. 1.11). Анализатор фонемного вокодера состоит из устройств выделения содержащихся в речевом сигнале фонем и их сравнения с набором типовых фонем¹; устройств для определения средней мощности разговорного сигнала 2 и типа голоса говорящего 3. Каждой фонеме и другим передаваемым параметрам присваивается соответствующая комбинация двоичного кода, которая из комбинатора (передающая часть) будет поступать в линию, а затем в распределитель (приемную часть) экспандера. Синтезатор состоит из формирователя фонем 4 и регулятора мощности 5. В памяти формирователя хранятся все фонемы и в зависимости от поступающей кодовой комбинации он формирует нужную фонему. Интенсивность ее устанавливается регулятором мощности анализатора 5 в соответствии с принятым сигналом о ее величине. Для улучшения качества передаваемой речи в памяти синтезатора содержится несколько вариантов каждой из фонем, соответствующих типу голоса говорящего. Характерные особенности типа голоса определяются устройством выделения и передачи этих особенностей, находящимся в компрессоре.

К достоинствам рассматриваемых телефонных систем с преобразованием структуры речевого сигнала можно отнести повышение использования телефонного канала, повышение помехоустойчивости и лучшее согласование параметров речевого сигнала с параметрами канала.

Все это дает возможность надеяться, что такие системы являются перспективными, несмотря на некоторое снижение разборчивости и значительную потерю натуральности принимаемой речи.

¹ Фонемой называется типизированный звук речи, воспроизводимый как единое целое и свободный от индивидуальных особенностей голоса говорящего. Русская речь содержит примерно 40 фонем.

КОММУТАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ

2.1. Классификация коммутационных приборов.

Коммутационными приборами КП называются устройства, с помощью которых можно скачкообразно изменять состояние проводимости электрических цепей (закрывать или размыкать их) на определенный промежуток времени. Такое изменение проводимости электрической цепи можно осуществить двумя способами: механическим соприкосновением двух токоведущих поверхностей электрической цепи — *контактным* путем или изменением параметров одного из элементов цепи (сопротивления, емкости, степени намагниченности этого элемента) — *бесконтактным* путем. В соответствии с этим различают *контактные* и *бесконтактные* КП. По количеству одновременно коммутируемых электрических цепей КП делятся на однопроводные и многопроводные. *Однопроводные* КП позволяют изменять состояние проводимости только одной электрической цепи ($l=1$, где l — число одновременно коммутируемых цепей). *Многопроводные* КП обеспечивают одновременное воздействие на

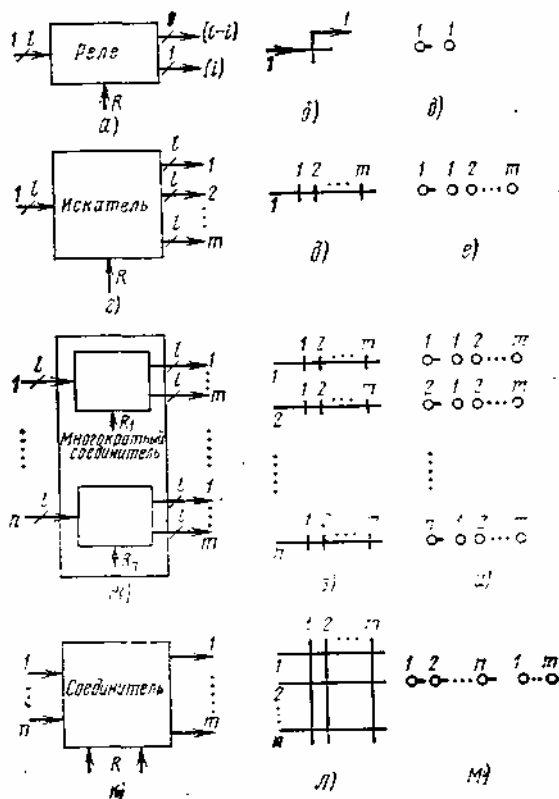


Рис. 2.1. Коммутационные приборы и их условные обозначения

две или более электрические цепи ($l \geq 2$). По способам управления все КП можно разделить на приборы ручной и автоматической коммутации. К приборам *ручной коммутации* относятся устройства, управляемые механическим воздействием человека в соответствии с полученной адресной информацией — различные кнопочные переключатели, ключи, телефонные гнезда и штепселя. Остальные КП, управляемые электрическими сигналами, относятся к группе коммутационных приборов *автоматической коммутации*.

Приборы автоматической коммутации в соответствии с их структурными параметрами можно разделить на четыре вида: реле, искатели, многократные соединители и соединители. Коммутационный прибор, имеющий один вход и один выход, два устойчивых состояния и переходящий из одного состояния в другое под действием сигнала R , поступающего из устройства управления, называется реле (рис. 2.1а). При однородной l -проводной коммутации в одном состоянии реле отсутствуют соединения между всеми l проводами входа и выхода, а в другом — между входом и выходом устанавливается l -проводное соединение. Местоположение одного коммутационного элемента принято называть *точкой коммутации*. Условное изображение в координатном и символическом начертаниях показано на

рис. 2.1б и в. При неоднородной коммутации в одном состоянии реле отсутствует соединение между i проводами входа и выхода при наличии $(l-i)$ проводного соединения между ними. В другом состоянии, наоборот, устанавливается i -проводное соединение ($0 < i < l$) и нарушается $(l-i)$ -проводная связь между входом и выходом реле.

Коммутационный прибор с одним входом и m выходами, обеспечивающий выбор одного из m выходов и подключение к нему входа, называется *искателем* (рис. 2.1г). Искатели характеризуются числом выходов m ($m > 2$) и проводностью l ($l \geq 1$). Условное изображение искателя в координатном и символическом начертаниях показано на рис. 2.1д и е.

Коммутационный прибор, имеющий $n \times m$ выходов и n входов, каждый из которых может быть подключен к любому из m определенных, только ему доступных выходов, называется *многократным соединителем*. Такой прибор представляет собой конструктивное объединение n устройств с одним входом и m выходами (рис. 2.1ж). Многократные соединители характеризуются: числом входов (n) и числом выходов (m), доступных одному входу, и их проводностью l . Условное изображение многократного соединителя в координатном и символическом изображениях показано на рис. 2.1з и и.

Соединителем называется коммутационный прибор (рис. 2.1к), имеющий n входов и m выходов,

в котором может быть установлено соединение любого из n входов с любым из m выходов, причем одновременно может быть установлено m соединений, если $n \geq m$, или n соединений, если $n < m$. На рис. 2.1л и м приведены его координатное и символическое изображения.

К приборам автоматической коммутации предъявляют ряд требований: они должны обладать высоким коммутационным коэффициентом, под которым понимают отношение $K_k = R_{\text{раз}}/R_{\text{зам}}$, где $R_{\text{раз}}$ и $R_{\text{зам}}$ — сопротивление между входом и выходом КП в состоянии размыкания и замыкания соответственно; большой проводностью, высокой чувствительностью и малым временем действия; стабильностью, надежностью и долговечностью работы; малой стоимостью. Поскольку конечной целью коммутационных процессов является образование соединительного тракта между абонентами (см. рис. 1.1), то требованиям коммутации разговорных цепей наиболее полно удовлетворяют контактные коммутационные приборы, обеспечивающие высокий коммутационный коэффициент $K_k = 10^9 \div 10^{12}$. К таким приборам, главным образом, относятся различные электромагнитные реле, электромеханические искатели и соединители.

Бесконтактные КП не обладают в настоящее время необходимой для коммутации разговорных цепей величиной коммутационного коэффициента. Однако такие приборы широко применяются в цепях управления установлением соединений, поскольку они обладают более высокими быстродействием и надежностью, чем контактные КП.

2.2. Электромагнитные реле

Виды электромагнитных реле. Существует большое число типов реле, отличающихся принципами действия, конструкцией, скоростью работы и т. д. Например, по виду управляющего тока разделяют реле постоянного тока и реле переменного тока. Наибольшее распространение в технике связи нашли электромагнитные реле. Электромагнитные реле называются *поляризованными*, если их магнитная система содержит постоянные магниты, и *нейтральными* или просто *электромагнитными*, если магнитная цепь реле постоянных магнитов не содержит. Контакты реле могут быть открытыми (реле с открытыми контактами) и изолированными от внешней среды — герметизированными (герконовые реле).

В схемах телефонной коммутации обычно применяются нейтральные электромагнитные реле постоянного тока с открытыми и с герметизированными контактами.

Электромагнитные реле с открытыми контактами. Магнитная система таких реле, выполняемая из магнитомягкой стали с малой остаточной намагниченностью, состоит из сердечника 1, якоря 2 и основания 3 (рис. 2.2а) или из сердечника 1, составляющего одно целое с основанием, и якоря 2 (рис. 2.2б). На сердечнике между щеками катушки 4 размещается обмотка 5, выполняющая функции управляющего входа реле. Для обмоток обычно используется медный эмалированный провод марки ПЭЛ диаметром 0,06—1,0 мм. На основании размещается исполнительная часть реле — контактная система. Она состоит из контактных пружин 6, контактов 7 и стойки 8. Пружины обычно выполняются из медно-цинкового сплава — нейзильбера, обладающего значительной упругостью и хорошей электропроводностью. Контакты изготавливаются из материала, имеющего высокую электропроводность, достаточную механическую прочность, устойчивого против коррозии и электрической эрозии.

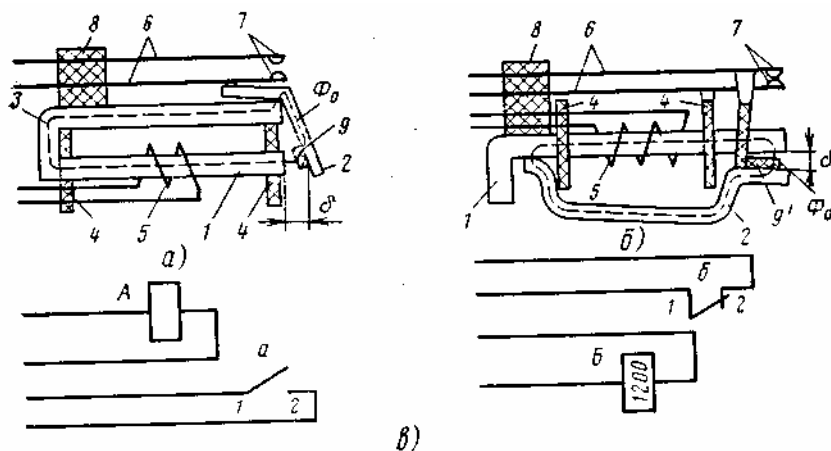


Рис. 2.2. Устройство электромагнитных реле с открытыми контактами: а — РЭС-14; б — РПН; в — условные изображения реле в схемах

Для управления цепями с индуктивной нагрузкой и токами до 0,2 А используются серебряные контакты, при токах до 1 А — контакты из платины с добавкой иридия, а для реле датчиков импульсов (токи 2—3 А) — контакты из вольфрама.

В положении покоя между сердечником 1 и якорем 2 за счет действия возвращающей пружины (на рис. 2.2 она не показана) и контактных пружин образуется воздушный зазор величиной δ . При пропускании по обмотке 5 тока возникает магнитный поток, основная часть которого Φ_0 замыкается по цепи: сердечник 1, воздушный зазор δ , якорь 2, основание 3 (рис. 2.2а) или сердечник 1, воздуш-

ный зазор δ , якорь 2 (рис. 2.26). На якорь реле действует тяговое усилие $F = k\Phi^2$, где k — коэффициент, учитывающий параметры магнитной цепи и величину воздушного зазора. Если величина тягового усилия F больше противодействующих усилий якоря, контактных и возвращающих пружин Q , то якорь притягивается к сердечнику. Величина перемещения якоря $\delta_я$ называется *ходом якоря*. Полному притяжению якоря к сердечнику препятствует размещенный на нем штифт отлипания 9 или пластина отлипания 9', толщиной δ_0 . Поэтому ход якоря меньше воздушного зазора δ и составляет $\delta_я = \delta - \delta_0$.

При притяжении якоря контакты прижимаются друг к другу (см. рис. 2.2a) с определенным давлением, называемым *контактным давлением*. От величины контактного давления зависит электрическое сопротивление, которое при его номинальном значении составляет примерно 0,01 Ом. При выключении цепи тока исчезает магнитный поток, удерживающий якорь у сердечника. Под действием контактных и возвращающей пружин якорь и контактные пружины возвращаются в исходное положение. Процесс перехода реле из исходного состояния в рабочее называется *срабатыванием*, а обратный процесс — *отпуском* реле.

Коммутационные возможности реле определяются количеством и видом контактных пружин, устанавливаемых на реле.

Таблица 2.1
Основные контактные элементы реле

Обозначение	Наименование контактного элемента	Конструкция	Изображение на схеме
з	Замыкание		
р	Размыкание		
п	Переключение		
бп	Безобрывное переключение		
зз	Сдвоенное замыкание		
ср	Сдвоенное размыкание		

В табл. 2.1 приведены основные контактные элементы, представляющие собой комбинацию контактных пружин, которые могут образовывать электрический контакт друг с другом, и их условные обозначения в исходном (бестоковом) состоянии реле. Контактные элементы образуют *контактные группы*. Каждая контактная группа содержит от двух до шести контактных пружин. Реле может иметь до четырех контактных групп. Название каждой контактной группы образуется из сокращенных наименований ее контактных элементов. На схемах обмотку реле изображают в виде прямоугольника и обозначают прописной буквой, а его контактные элементы — той же, но строчной буквой. Внутри прямоугольника может быть указана величина сопротивления обмотки реле (рис. 2.2в).

Из многих разновидностей нейтральных электромагнитных реле с открытыми контактами массовое применение в автоматической коммутации

нашли реле РПН, РЭС-14 и отчасти РЭС-9. Магнитная система реле РПН показана на рис. 2.26, а реле РЭС-14 — на рис. 2.2a. Реле РПН имеет простую конструкцию. Большинство его деталей изготавливается методом штамповки. Катушка реле может содержать одну, две или три обмотки. Контактная система реле позволяет устанавливать от одной до трех контактных групп при общем числе контактных пружин от 2 до 18. Число срабатываний реле (срок службы) составляет 10^6 . Основными недостатками реле являются большие габариты, неуравновешенный тяжелый якорь. По сравнению с реле РПН реле РЭС-14 имеет меньшие габариты, большие коммутационные возможности (содержит до 24 контактных пружин) и больший срок службы — около 10^8 срабатываний.

Малогабаритное реле РЭС-9 применяется в тех случаях, когда основными требованиями являются малые габариты и быстродействие. Оно содержит две группы контактов на переключение. Реле защищено алюминиевым чехлом и приспособлено для размещения на плате с печатным монтажом. Срок службы невелик — меньше 5×10^5 срабатываний.

Реле с герметизированными контактами. Реле с герметизированным контактом (геркон) на замыкание (рис. 2.3a) представляет собой две плоские пружины 1, изготовленные из пермаллоя (железо-никелевого сплава с высокой магнитной проницаемостью и малой остаточной намагниченностью).

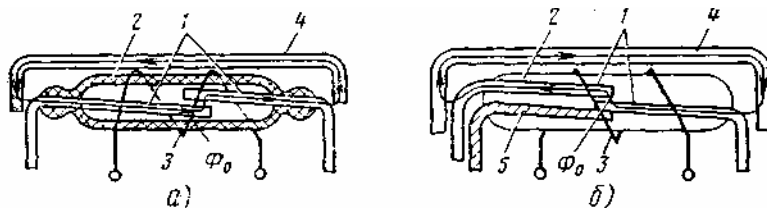


Рис. 2.3. Герконовые реле на замыкание (a) и переключение (б)

Пружины полностью изолированы от окружающей среды, для чего помещены в заполненный инертным газом, стеклянный баллон 2. Диаметр баллона 3—5 мм, длина 30—50 мм. Пружины расположены так, что их внутренние концы, покрытые тонким слоем золота, имеют некоторое перекрытие. Такой геркон (или их

группу) размещают внутри катушки с обмоткой 3, помещенной в ферромагнитном корпусе 4; последний выполняет роль магнитопровода и экрана. Такое устройство называется *герконовым реле*. При прохождении тока через обмотку 3 возникает магнитный поток, который замыкается через кор-

пус 4 и контактные пружины 1. Под действием разности магнитных потенциалов в зазоре контактные пружины 1 притягиваются друг к другу, образуя электрический контакт. При выключении тока пружины под действием сил упругости размыкаются.

Герметизированный контакт на переключение (рис. 2.36), кроме двух подвижных пружин из пермаллоя 1, имеет неподвижную пружину 5, изготовленную из немагнитного материала. В исходном состоянии (при отсутствии тока в обмотке) свободный конец нижней подвижной пружины прижат силой упругости к неподвижной пружине 5. При подаче тока в обмотку 3 подвижные пружины намагничиваются, нижняя подвижная пружина отрывается от неподвижной пружины 5 и притягивается к верхней подвижной пружине. При включении питания нижняя подвижная пружина под действием сил упругости возвращается в исходное положение.

Герконовые реле имеют достаточно высокую надежность (число срабатываний до 10^9), малое время срабатывания и отпускания, стабильное сопротивление контакта и небольшую потребляемую мощность. Наиболее широко для целей коммутации используются герконовые реле РЭС-46 и РЭС-55 с одной контактной группой на замыкание и переключение соответственно и реле РЭС-51 с шестью контактными группами.

Феридовым реле или феридом (рис. 2.4а) называется герконовое реле, магнитная система которого изготовлена из магнитного (ферритового) материала с прямоугольной петлей гистерезиса, обладающего достаточной для срабатывания и удержания герконового контакта остаточной намагниченностью.

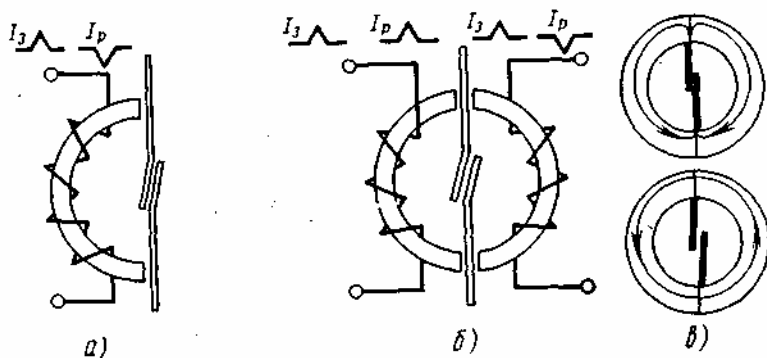


Рис. 2.4. Принцип действия феридового реле

бы снять остаточное намагничивание. При этом ток не должен превышать определенной величины. В противном случае возникает обратный магнитный поток, сила которого может оказаться достаточной для вторичного замыкания пластин. Чтобы снять ограничения, налагаемые на величину тока выключения, в фериде вместо одного используют два магнитопровода (рис. 2.4б). В этом, так называемом, параллельном фериде используются методы параллельного и последовательного намагничивания (рис. 2.4в). Параллельное намагничивание осуществляется равными по величине и совпадающими по направлению токами I_3 , подаваемыми в обе обмотки (контакты замыкаются). Последовательно намагничивание осуществляется токами равной величины, но противоположными по направлению I_p (контакты размыкаются). Основным достоинством феридовых реле является возможность удержания в притянутом состоянии без потребления энергии и возможность управления импульсами, длительность которых (10—15 мкс) меньше необходимого для замыкания герконовых контактов времени

(0,5 мс), так как время изменения намагниченности магнитной системы ферида достаточно мало.

Герметизированный запоминающий контакт—гезакон, представляет собой геркон, у которого пружины изготовлены из магнитного материала с прямоугольной петлей гистерезиса, обладающего достаточной для удержания его пружин в замкнутом состоянии остаточной намагниченностью. Гезакон размещают между двумя обмотками так, что каждая из них занимает одну из его половин. Если магнитодвижущие силы, создаваемые

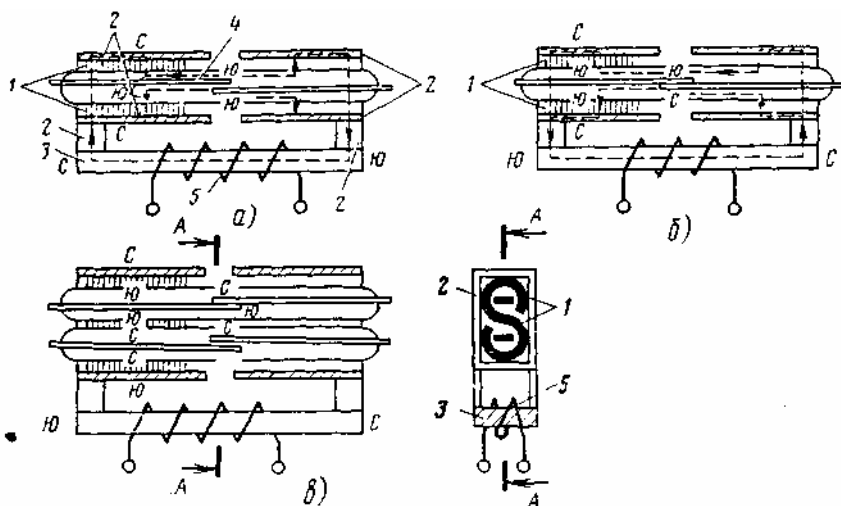


Рис. 2.5. Принцип действия герконового реле с магнитной блокировкой

мые обеими обмотками, имеют одинаковое направление, магнитный поток в рабочем зазоре между пружинами будет равен сумме магнитных потоков обмоток. Пружины гезакона притягиваются друг к другу и после окончания импульса остаются в замкнутом состоянии за счет остаточного намагничивания. Для выключения гезакона в одну из его обмоток необходимо подать импульс тока обратного направления, достаточный для перемагничивания одной из пружин. Магнитный поток между пружинами становится равным разности их остаточных потоков намагничивания. Его величина недостаточна для удержания пружин в замкнутом состоянии, и под действием силы упругости пружины размыкаются.

К герконовым реле другого типа относятся реле с магнитной блокировкой (РГМБ). У такого реле положение контактных пружин в состоянии покоя определяется воздействием магнитных потоков, создаваемых магнитами его магнитной системы. Магнитная система РГМБ (рис. 2.3а) содержит кольцевой постоянный магнит 1 из магнитоэласта с высокой коэрцитивной силой (около 1500 Э), потокоподводы 2 из магнитомягкого железа, переменный магнит 3 с изменяемым направлением остаточной намагниченности (около 40 Э), контактные пружины геркона 4 и катушку с обмоткой 5.

Пусть, например, в исходном состоянии переменный магнит 3 имеет полярность, показанную на рис. 2.5а. В этом случае магнитные поля, создаваемые переменным и постоянным магнитами, в зазоре контактов направлены встречно, и контакты будут в разомкнутом положении. Если в результате пропускания тока по обмотке 5 переменный магнит изменит свою полярность (рис. 2.5б), то магнитные поля в зазоре контактов геркона будут действовать согласно, и его контакты замкнутся. Поскольку удержание контактов в состоянии покоя или в рабочем состоянии обеспечивается за счет остаточной намагниченности переменного магнита, то для переключения контактов достаточно подавать в обмотку кратковременные импульсы тока соответствующей полярности. Если постоянному магниту придать форму восьмерки (рис. 2.5в), то в зазоре между контактами одного геркона поля магнитных потоков постоянного и переменного магнитов будут совпадать, как, например, у верхнего геркона, в зазоре другого — направлены встречно, как у нижнего геркона. Таким образом в одном реле можно получить контакты на размыкание и замыкание.

2.3. Основные характеристики и временные параметры электромагнитных реле

Движение якоря реле (пружин геркона) происходит под действием силы F , которую называют *тяговой*. Ее величина зависит от магнитного потока Φ , действующего на якорь (пружины геркона): $F = k_f \Phi^2$. Главная составляющая потока Φ определяется магнитным потоком в воздушном зазоре Φ_0 . Величина Φ_0 согласно закону Ома для участка магнитной цепи может быть рассчитана по формуле $\Phi_0 = k_2 WI / \delta$, где I — ток в обмотке реле и W — число ее витков, а δ — величина воздушного зазора. Полагая $\Phi \sim \Phi_0$, получим $F = k I^2 / \delta^2$. В приведенных выражениях через k_1 , k_2 и k обозначены соответствующие коэффициенты пропорциональности.

Зависимость изменения тяговой силы F от величины воздушного зазора δ при постоянном значении тока в обмотке I называется *тяговой характеристикой реле* $F = f(\delta)$. На рис. 2.6 пунктирными кривыми показано семейство тяговых характеристик реле РПН при значениях тока I_1 , I_2 и I_3 .

Тяговой силе F при перемещении якоря препятствуют механические силы: упругости, трения и др. Зависимость изменения противодействующих сил Q от изменения величины воздушного зазора δ называется *механической характеристикой реле*. Она индивидуальна для каждого реле и определяется типом реле, видом и количеством контактных групп, величиной δ и др. На рис. 2.6 ломаной

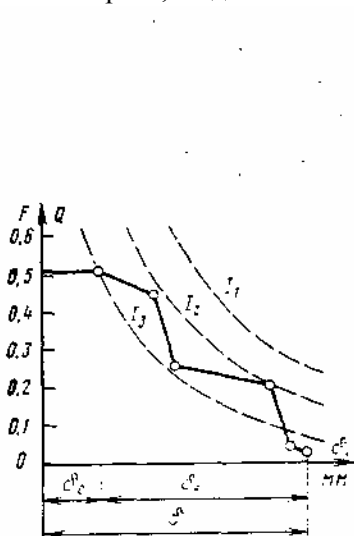


Рис. 2.6. Характеристики электромагнитного реле

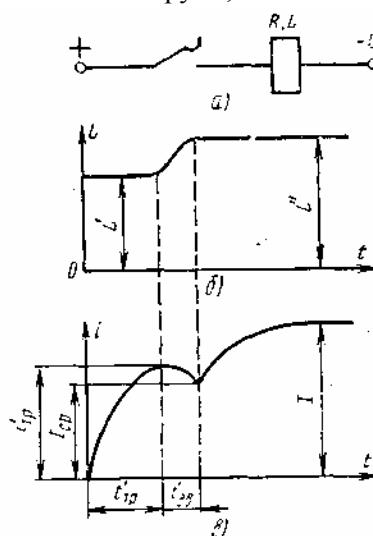


Рис. 2.7. Схема включения электромагнитного реле (а), кривые изменения индуктивности (б) и тока (в) в цепи обмотки

сплошной линией показана механическая характеристика реле РПН с одной нагрузочной группой на замыкание. Из приведенного на рис. 2.6 совмещения характеристик $F(\delta)$ и $Q(\delta)$ следует, что якорь притянется к сердечнику реле только в том случае, если сила притяжения якоря F будет больше противодействующих сил Q , т. е. $F \geq Q$. Для возвращения якоря из притянутого в исходное состояние очевидно необходимо выполнение условия $Q \geq F$. Тяговая сила F обеспечивается магнитным потоком Φ и определяется величиной

реходит) из одного состояния в другое, называются *паспортными токами* реле.

Величина тока в обмотке реле, при которой создается магнитный поток, достаточный для обеспечения наименьшего тягового усилия, необходимого для срабатывания, называется *паспортным током срабатывания* I_{cp} . Например, на рис. 2.6 ему соответствует ток I_2 , т. е. $I_{cp} = I_2$. Наибольшее значение тока в обмотке, при котором реле отпускает, называется *паспортным током отпускания* $I_{от}$. На рис. 2.6 ему соответствует ток I_3 , т. е. для данного случая $I_{от} = I_3$. Значения паспортных токов указываются в технической документации на реле. Например, реле РПН при $\delta = 1,5$ мм, $\delta_0 = 0,2$ мм с одной контактной группой n и двумя np имеет $I_{cp} = 27$ и $I_{от} = 3,7$ мА. Потребляемая мощность реле при срабатывании в основном зависит от количества установленных контактных элементов и в среднем на один контактный элемент составляет примерно 10—200 мВт.

Для достоверной работы реле требуется некоторый запас надежности по току. Надежность срабатывания реле по току оценивается *коэффициентом надежности срабатывания* $k_{cp} = I/I_{cp}$, а надежность отпускания — *коэффициентом надежности отпускания* $k_{от} = I_{от}/I$, где I — значение тока, получаемого обмоткой в рассматриваемой цепи. Величина этих коэффициентов обычно берется в пределах 1,1—2,5. Ток в цепи электромагнитного реле при ее замыкании и размыкании изменяется не мгновенно, а постепенно, что объясняется влиянием индуктивности обмотки реле. Поэтому реле срабатывает и отпускает через некоторые промежутки времени после замыкания и размыкания его цепи, называемые *временем срабатывания* t_{cp} и *временем отпускания* $t_{от}$ реле соответственно. Эти промежутки времени складываются из времени трогания и времени движения якоря: $t_{cp} = t'_{тр} + t'_{дв}$ и $t_{от} = t''_{тр} + t''_{дв}$, где $t'_{тр}(t''_{тр})$ — время трогания при срабатывании (отпускании), т. е. время, необходимое для нарастания (спадания) тока до значения, по достижении которого якорь или пружины геркона начинают двигаться; $t'_{дв}(t''_{дв})$ — время движения якоря (или пружины геркона) от момента начала трогания до его остановки. Обычно $t'_{дв} \approx t''_{дв}$.

По экспериментальным данным время движения якоря составляет примерно 10—40%, а время движения пружин геркона примерно 50—150% от времени трогания. Таким образом, можно полагать $t_{cp} \approx (1,1 \div 1,4)t'_{тр}$ для реле с открытыми контактами и $t_{cp} \approx (1,5 \div 2,5)t'_{тр}$ для герконовых реле.

При непосредственном подключении обмотки реле с активным сопротивлением R к источнику тока с напряжением U (рис. 2.7а) в его обмотке возникает переходный процесс, который характеризуется дифференциальным уравнением

$$U = iR + \frac{d\Psi}{dt}, \quad (2.1)$$

где $\Psi = iL(i)$ — поток магнитосцеплений, т. е. произведение мгновенного значения тока i на соответствующее ему значение индуктивности цепи $L(i)$.

До момента трогания при срабатывании $t'_{тр}$ магнитное сопротивление цепи, определяемое в основном воздушным зазором δ , практически не меняется и зависимостью индуктивности цепи от тока i можно пренебречь, т. е. считать $\Psi \approx iL'$ (рис. 2.7б). Следовательно, уравнение (2.1) можно привести к виду

$$U = iR + L' \frac{di}{dt} \quad \text{или} \quad i = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L'} t} \right).$$

Подставляя в это уравнение значения $I = U/R$; $\tau' = L'/R$; $t'_{тр} = t$; $i'_{тр} = i$ и полагая с небольшой погрешностью (рис. 2.7в) $i'_{тр} \approx I_{cp}$, получим после преобразования

$$t'_{mp} = \tau' \ln \frac{I}{I - I_{cp}}. \quad (2.2)$$

Эта формула не учитывает влияния токов, наводимых в сердечнике реле. Влияние вихревых токов на время трогания срабатывания может быть учтено дополнительно величиной — постоянной времени вихревых токов при срабатывании $\tau'_в$. Для реле с открытыми контактами имеем

$$t'_{mp} = (\tau' - \tau'_в) \ln \frac{I}{I - I_{cp}}. \quad (2.3)$$

Реле можно выключить обрывом цепи или закорачиванием его обмотки. При выключении закорачиванием переходный процесс до момента $i''_{тр}$, полагая $L'' = \text{const}$, характеризуется уравнением $iR + L''(di/dt) = 0$. Опуская преобразования, в результате его решения с учетом влияния вихревых токов и

$i''_{тр} \approx I_{от}$ получим

$$t''_{mp} = (\tau'' - \tau''_{в.к}) \ln \frac{I}{I_{от}}, \quad (2.4)$$

где τ'' — постоянная времени цепи реле, а $\tau''_{в.к}$ — постоянная времени вихревых токов при выключении обмотки реле закорачиванием.

При выключении реле обрывом постоянная времени цепи будет определяться выражением $\tau'' = L'' / (R + R_k)$, где R_k — сопротивление контакта, разрывающего цепь. Поскольку сопротивление R_k при размыкании цепи почти мгновенно становится равным бесконечности, то постоянная времени цепи при выключении обрывом $\tau'' = 0$. Время трогания при этом определяется влиянием только вихревых токов $\tau''_{в.о} (\tau''_{в.о} \gg \tau''_{в.к})$ и рассчитывается по уравнению

$$t''_{mp.o} = \tau''_{в.о} \ln \frac{I}{I_{от}}. \quad (2.5)$$

Время отпускания реле при выключении обрывом меньше (примерно в 5—10 раз), чем при выключении закорачиванием. Средние значения времени действия ряда электромагнитных реле даны в табл. 2.2.

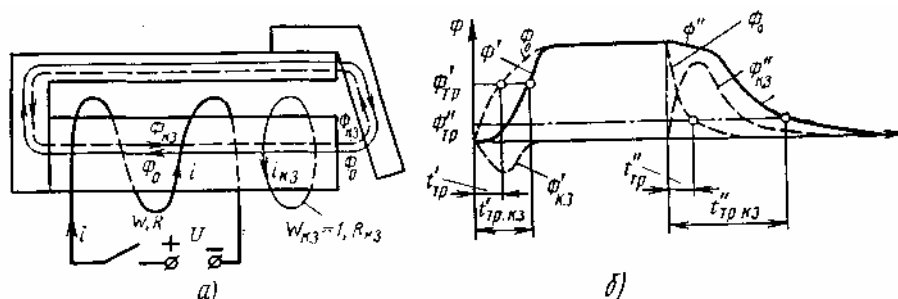


Рис. 2.8. Принцип действия и кривая изменения магнитного потока электромагнитного реле с конструктивным замедлителем

Таблица 2.2. Время срабатывания и отпускания некоторых

Тип реле	РПН, РЭС-14	РЭС-9	РЭС-46. 51. 55
$t_{ср}$, мс	10 — 50	10	1,5 — 3,5
$t_{от}$, мс	5 — 30	7	0,5 — 2,0

Время срабатывания герконовых реле (РЭС-46, 51, 55) указано с учетом времени вибрации его контактов, которая возникает при токе более 1 А и составляет 5—15% времени срабатывания.

В ряде случаев в схемах автоматической коммутации возникает необходимость увеличения времени действия реле. Это может быть достигнуто разными путями. Чаще всего используют конструктивные или схемные замедлители. Конструктивный замедлитель, применяемый на реле с открытыми контактами, — это или медная втулка (трубка) или короткозамкнутая обмотка из изолированной медной проволоки, располагаемые непосредственно на сердечнике реле. В результате образуется обмотка с одним массивным медным виг-ком и малым активным сопротивлением $R_{к.з}$. При замыкании цепи обмотки W (рис. 2.6а) на якорь реле действуют два потока, направленные встречно: основной Φ_0 и поток конструктивного замедлителя $\Phi'_{к.з}$, наведенный индуцированным током $i_{к.з}$ одновитковой обмотки $W_{к.з} = 1$. Время трогания срабатывания (рис. 2.8б) возрастает. Еще больше увеличивается время трогания отпускания, поскольку поток $\Phi''_{к.з} (\Phi''_{к.з} \gg \Phi'_{к.з})$ имеет направление, согласное с Φ_0 (см. рис. 2.8б), и препятствует его спаданию. Конструктивный замедлитель электромагнитных реле увеличивает $t_{ср}$ и $t_{от}$ неодинаково: в 3—5 раз — время срабатывания (до 80 мс) и в 30—40 раз — время отпускания (до 300 мс).

Основные схемные способы увеличения времени действия реле приведены на рис. 2.9. В схеме (рис. 2.9а) реле срабатывает при включении двумя обмотками. После срабатывания реле его контакт на замыкание a закорачивает вторую обмотку, образуя замедлитель, действующий только в течение времени отпускания. Замедления при срабатывании эта схема не имеет. Если необходимо иметь замедления только на срабатывании, то в цепи второй обмотки используют контакт на размыкание, создающий замедлитель в состоянии покоя и всего промежутка времени срабатывания реле (рис. 2.9б). Такая схема удлиняет $t_{ср}$ и не влияет на $t_{от}$.

Активное сопротивление $r_{ш}$ подключенное параллельно обмотке реле (рис. 2.9в) при включении ее через резистор r , оказывает шунтирующее действие. В результате нарастание тока в обмотке реле замедляется, а время $t_{ср}$ увеличивается. При выключении реле ток,

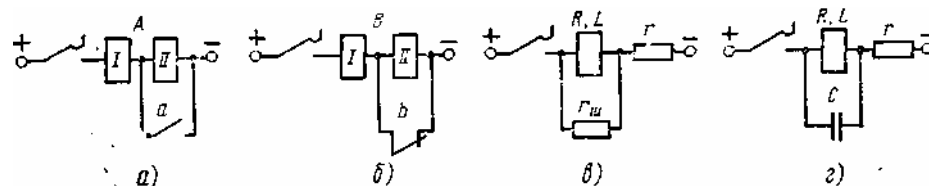


Рис. 2.9. Схемные способы увеличения времени действия реле

создаваемый ЭДС самоиндукции его обмотки, замыкается через резистор $r_{ш}$, что приводит к увеличению времени отпускания $t_{от}$. Увеличение $t_{от}$ в схеме (см. рис. 2.9б) будет тем больше, чем больше τ и меньше $r_{ш}$. Включение одного резистора r (см. рис. 2.9в) при отсутствии резистора $r_{ш}$ ($r_{ш} = \infty$) позволяет замедлить срабатывание, а одного резистора $r_{ш}$ ($r = 0$) — замедлить отпускание реле.

Если необходимо получить значительное увеличение $t_{от}$, то параллельно обмотке реле включают конденсатор большой емкости. В первый момент включения схемы (см. рис. 2.9г) энергия тока расходуется на заряд конденсатора и нарастание тока в обмотке замедляется, что приводит к увеличению $t_{от}$. При выключении обмотки ток разряда конденсатора препятствует спаданию тока в обмотке реле и время $t_{от}$ существенно возрастает. Увеличение $t_{от}$ в схеме (рис. 2.9г) тем значительнее, чем больше сопротивление резистора r и емкость конденсатора C , а увеличение $t_{от}$ — чем больше C и меньше r . При отсутствии резистора r ($r=0$) схема будет создавать замедление только на отпуске.

2.4. Электромеханические искатели

В коммутационных схемах различного назначения большое распространение получили электро-механические искатели — искатели, в которых коммутация между входом и выходом создается за счет механического контакта скольжения типа «щетка-ламель». Электромеханический искатель имеет три основных части: контактное поле (статор) — совокупность изолированных ламелей, к которым подключается m /-проводных выходов искателя; подвижная часть (ротор) — щетки, к которым подключается /-проводный вход искателя; движущий механизм (привод), перемещающий щетки ротора в

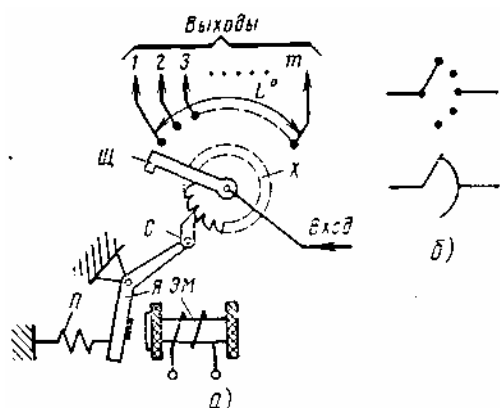


Рис. 2.10. Кинематическая схема шагового искателя (а) и его условные изображения (б)

требуемое положение. По характеру привода различают искатели: шаговые, машинные, моторные и др. Искатели, в которых каждый импульс тока, действующий на привод, перемещает его щетки на один шаг (с одной ламели контактного поля на другую), называются шаговыми. Кинематическая схема шагового искателя, совершающего одно вращательное движение, приведена на рис. 2.10. При поступлении импульса тока в обмотку электромагнита ЭМ якорь Я притягивается к сердечнику и с помощью движущей собачки С, упирающейся в зуб храпового колеса Х, перемещает щетки Щ на один шаг. По окончании импульса тока якорь под действием пружины П возвращается в исходное положение. При этом движущая собачка, скользя по скосу зуба храпового колеса, попадает в следующую его впадину. При повторном импульсе якорь вновь притягивается и щетки перейдут на следующую ламель. Таким образом, в зависимости от числа поступивших импульсов щетки переместятся на соответствующее число шагов и подключат вход к соответствующему выходу искателя.

В коммутационной аппаратуре нашли применение шаговые искатели ШИ-11, ШИ-17, ШИ-25. Шаговые искатели ШИ-11, ШИ-17 близки по конструкции и различаются емкостью поля и формой щеток. Контактное поле искателей ШИ-11 и ШИ-17 в зависимости от величины проводности имеет от трех до пяти ($l = 3 \div 5$) изолированных друг от друга рядов отдельных пластин — ламелей, расположенных по дуге $\alpha = 120^\circ$ (ШИ-11) или 180° (ШИ-17). Поскольку полный поворот щеток за один цикл работы искателя, т. е. при обходе всех m контактов поля одним лучом щеток составляет часть окружности, то искатель ШИ-11 имеет трехлучевые щетки, расположенные через 120° , а ШИ-17 — двухлучевые, расположенные через 180° . Емкость поля искателей составляет: для ШИ-11 $m = 10$ и для ШИ-17 $m = 15$ выходов (линий).

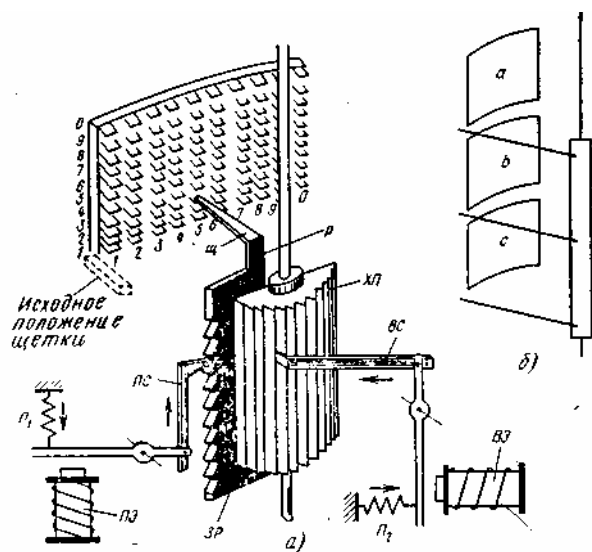


Рис. 2.11. Упрощенная электромеханическая схема декадно-шагового искателя

Искатель ШИ-25 имеет электромагнитный привод обратного действия (его щетки перемещаются при отпуске якоря электромагнита). Его поле расположено на $1/2$ окружности и имеет емкость 25 выходов (линий). На роторе искателя устанавливают 4 или 8 щеток ($l = 4 \div 8$) в зависимости от требуемой проводности линий.

Искатель ДШИ-100 характеризуется декадным (десятичным) построением поля и шаговым

подъемно-вращательным движением щеток. Контактное поле искателя (рис. 2.11) состоит из трех расположенных одна над другой секций *a*, *b* и *c*, каждая из которых содержит 10 рядов контактных ламелей. В каждом ряду — декаде установлены 10 ламелей, расположенных по дуге (для упрощения на рис. 2.11а показана лишь одна секция — секция *a*, а схема их расположения — на рис. 2.11б). Декады и ламели поля внутри каждой секции имеют тождественно одинаковую нумерацию (снизу вверх и слева направо), причем для обозначения числа 10 использована цифра 0. Искатель трехпроводный: имеет три контактные щетки — *a*, *b* и *c*, устанавливаемые на роторе одна под другой в соответствии с секциями контактного поля. Ротор *P*, расположенный свободно на вертикальной оси, кроме щеток Щ (на рис. 2.11 показана только щетка *a*) имеет храповой полуцилиндр ХП и сцепленную с ним зубчатую рейку ЗР. Движущий механизм состоит из двух электромагнитов — подъема ПЭ и вращения ВЭ, их якорей с движущими собачками — подъема ПС и вращения ВС.

Для установления щеток на любой из включенных в поле искателя линии от номера 11 до номера 00 (первая цифра указывает номер декады, а вторая — порядковый номер ламели внутри ряда) ротор со щетками совершает из исходного положения (щетками внизу вне поля) два движения: первое — подъемное вдоль вертикальной оси *P* и второе — вращательное (после подъемного движения). Искатель управляется импульсами тока, которые вначале поступают в обмотку подъемного электромагнита ПЭ, а затем — в обмотку вращающего электромагнита ВЭ. В исходном положении — щетки внизу вне поля. При замыкании цепи электромагнит ПЭ притягивает свой якорь и захватывает движущей собачкой ПС зуб рейки ЗР. Щетки поднимаются на один шаг вверх по вертикали. После окончания импульса тока электромагнит ПЭ отпускает свой якорь, который под действием пружины П1 возвращается в исходное состояние. Собачка ПС западает в следующую впадину зубчатой рейки ЗР и захватывает очередной зуб для последующего подъемного движения. При этом обратному скольжению щеток с ротором препятствует стопорная собачка (на рис. 2.11 не показана). При каждом последующем импульсе тока в обмотку ПЭ процесс повторяется. Число импульсов, поступивших в обмотку ПЭ, определит номер декады, напротив которой останутся щетки.

При поступлении импульса тока в обмотку ВЭ движущая собачка ВС захватывает зуб храпового полуцилиндра ХП и поворачивает щетки вправо вдоль выбранного ряда на один шаг. После окончания импульса тока якорь ВЭ под действием пружины П2 возвращается в исходное положение. Движущая собачка ВС западает в следующий паз храпового полуцилиндра ХП и подготавливается к очередному перемещению щеток. Количество шагов вращения, совершаемых щетками внутри декады, равно числу импульсов тока, поступивших в обмотку ВЭ. Например, показанное на рис. 2.11 положение щетки *a*, которая установлена в третьей декаде на пятой ламели, получено после подачи трех импульсов тока в обмотку ПЭ и пяти — в обмотку ВЭ. Аналогичное положение в своих секциях будут занимать щетки *b* и *c*, так как все они закреплены на одном роторе и движутся одновременно. В результате устанавливается соединение между входом — щетками искателя и выходом — 35-й трех-

проводной линией его поля.

После окончания соединения щетки должны возвратиться в исходное положение. Для этого в обмотку ВЭ подаются дополнительные импульсы. Щетки выходят за пределы поля, под действием силы тяжести и пружины, расположенной на вертикальной оси (на рис. 2.11 не показана), падают вниз, поворачиваются влево и устанавливаются в исходное положение. Таким образом, щетки ис-

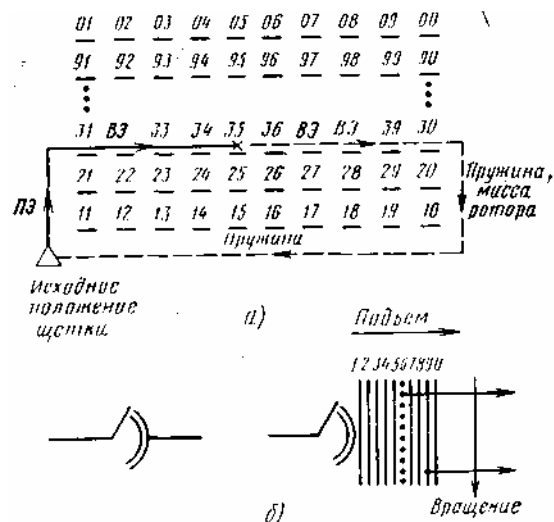


Рис. 2.12. Нумерация выходов контактного поля, траектория движения щеток (а) и условные изображения ДШИ-10 (б)

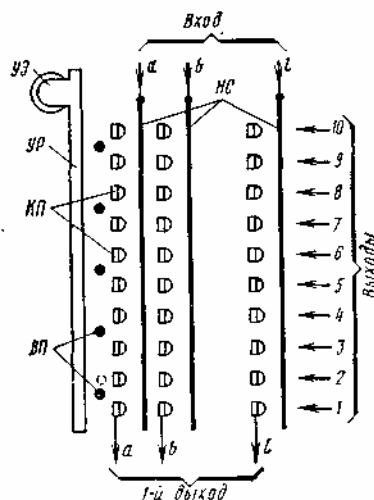


Рис. 2.13. Эскиз вертикали двухпозиционного МС на 10 выходов

кателя при каждом цикле действия описывают замкнутый четырехугольник (рис. 2.12а).

Сопротивления контакта щетка-ламель у электромеханических искателей обычно не более 2 Ом. Время установления одного соединения (при скорости движения щеток 25—35 шагов в секунду) составляет примерно 200—700 мс. Срок службы $2 \times 10^5 \div 10^6$ рабочих циклов без подрегулировки и ремонта.

На функциональных и принципиальных схемах при изображении шаговых и декадно-шаговых искателей применяют условные обозначения, приведенные на рис. 2.10б и 2.12б соответственно. Обмотки электромагнитов так же, как обмотки реле, изображают в виде прямоугольников.

2.5. Многократные координатные соединители

Вместо ненадежного скользящего контакта типа «щетка-ламель» электромеханических искателей в многократных соединителях используются контакты давления, приводимые в действие электромагнитами. Многократные соединители, управляемые по системе прямоугольных координат, называются

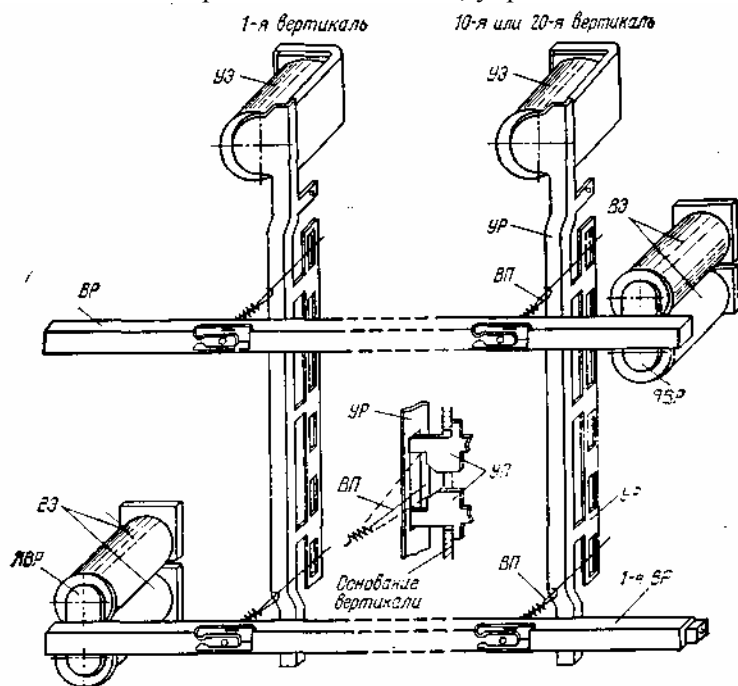


Рис. 2.14. Элементы конструкции МКС

многokратными координатными соединителями МКС. Основным конструктивным узлом МКС является вертикальный блок или вертикаль. Количество вертикалей в МКС определяется числом его входов и соответственно равно n . Контактное поле каждой вертикали содержит l неподвижных струн НС (на рис. 2.13 показаны НС — a, b, \dots, l), в которые включается l -проводный вход МКС и m групп плоских контактных пружин КП по l пружин в группе [на рис. 2.13 число групп (выходов вертикали) $m=10$]. Плоские КП изготавливаются из нейзильбера и имеют на концах, обращенных в сторону НС, полуцилиндрические контакты. Контакты и неподвижные пружины делают из серебра. В каждую из m групп плоских КП включается l -проводный выход (на рис. 2.13 показано включение первого и указана нумерация остальных выходов вертикали). Кроме того, в состав вертикали входят

удерживающий электромагнит УЭ, к якорю которого прикреплена вертикальная удерживающая рейка УР (рис. 2.14).

Отечественные МКС содержат 10 или 20 вертикалей (на рис. 2.14 показаны только первая и последняя вертикали без контактных полей). Перпендикулярно УР расположены горизонтальные выбирающие рейки ВР. Каждая горизонтальная ВР управляется парой выбирающих электромагнитов ВЭ.

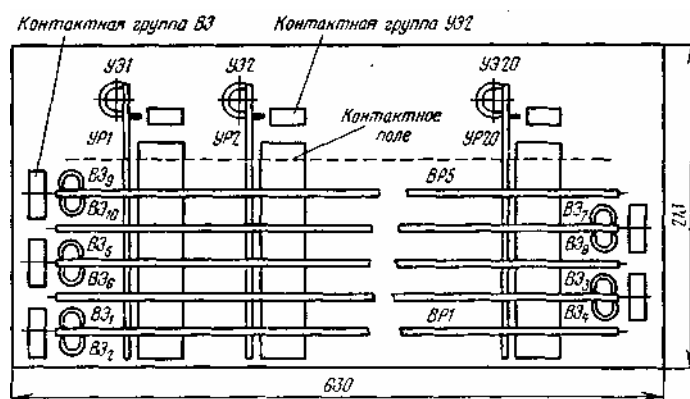


Рис. 2.15. Эскиз МКС 20×10×6

Под действием одного из них якорь выбирающей рейки ЯВР притягивается и обеспечивает ее поворот на некоторый угол. На горизонтальной выбирающей рейке укреплены выбирающие пальцы ВП (рис. 2.14), изготовленные из гибкой стальной проволоки (на рис. 2.13 показано сечение ВП, причем их диаметр сильно увеличен). Общая компоновка узлов рассматриваемого МКС и расположение ВЭ показаны на рис. 2.15.

Конструкция МКС позволяет соединять вход какой-либо вертикали с любым из ее выходов. Для этого вначале выбирается горизонтальный ряд контактных пружин, в который включен коммутирующий выход, а затем — вертикаль, в которую включен коммутируемый вход. Такие МКС называются *двухпозиционными*, поскольку соединение в них устанавливается в двух позициях и совершается в следующие два этапа.

1. Срабатывает выбирающий электромагнит, номер которого совпадает с номером коммутируемого выхода. Например, для коммутации второго выхода должен срабатывать ВЭ₂. Якорь ВЭ₂, притягиваясь к сердечнику, поворачивает первую выбирающую рейку вокруг ее оси так, что свободные концы выбирающих пальцев этой рейки оказываются в верхнем положении. Тем самым пальцы устанавли-

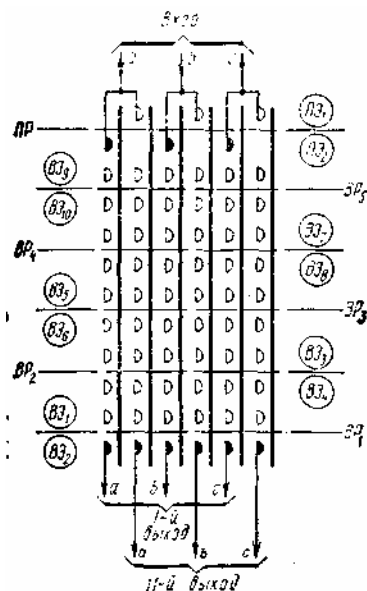


Рис. 2.16. Схема вертикали трехпозиционного МКС на 20 трехпроводных выходов

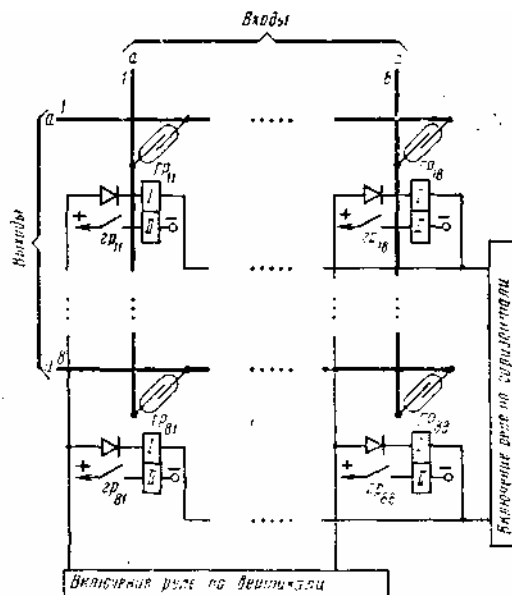


Рис. 2.17. Упрощенная схема однопроводного МКС емкостью 8×8

ряда подвижных контактных пружин (см. центральную часть рис. 2.14). Движение планки через зажатый палец передается упору, в результате контактные пружины, опиравшиеся на этот упор, высвобождаются и под действием собственного предварительного напряжения прижимаются к соответствующим неподвижным струнам. Таким образом, вход вертикали подключается ко второму выходу. Остальные выходы не коммутируются, так как пальцы других выбирающих реек свободно проходят между упорами.

После срабатывания УЭ выбирающий электромагнит ВЭ₂ отпускает и выбирающая рейка возвращается в исходное положение. Один выбирающий палец рейки прижат удерживающей рейкой сработавшего УЭ, но выбирающая рейка сохраняет свою подвижность и может использоваться в дальнейшем для установления соединений в других вертикалях.

В одной вертикали может создаться только одна точка коммутации, которая сохраняется до тех пор, пока не отпустит УЭ данной вертикали. Общее количество соединений, поочередно установленных в одном МКС, может равняться числу вертикалей.

Для обозначения коммутационных характеристик МКС используют условную запись вида $n \times m \times l$, где n — количество вертикалей, m — емкость поля вертикали (число выходов) и l — проводность коммутируемых входов и выходов. Выпускаемые промышленностью унифицированные МКС позволяют монтировать 10 или 20 вертикалей, 5 или 6 горизонтальных реек и соответственно 12 или 6 контактных пружин в группе. Такая конструкция позволяет образовывать как двухпозиционные МКС с параметрами $20 \times 10 \times 6$ или $10 \times 10 \times 12$, так и трехпозиционные МКС с параметрами $10 \times 20 \times 6$ или $20 \times 20 \times 3$.

В трехпозиционных МКС, например $20 \times 20 \times 3$, устанавливается шестая переключающая горизонтальная рейка ПР, управляемая двумя переключающими магнитами ПЭ₁ и ПЭ₂ (рис. 2.16). Каждая горизонтальная группа контактов вертикали разделена на две подгруппы по три пружины. Таким образом в каждую из 20 подгрупп включаются 20 трехпроводных выходов вертикали. При этом вход вертикали подключается не к неподвижным струнам, а к запараллеленным контактным пружинам, расположенным в одном ряду с магнитами ПЭ₁ или ПЭ₂. Соединение устанавливается после срабатывания трех электромагнитов: выбирающего ВЭ (выбирающего горизонтальную группу контактов), ПЭ (выбирающего горизонтальную подгруппу контактов) и УЭ соответствующей вертикали (подключающего требуемую подгруппу контактов к ее выходу). Для примера на рис. 2.16 переключаемые в результате работы электромагнитов ПЭ₁ и ВЭ₁ контакты показаны в виде зачерненных полусфер. После срабатывания УЭ этой вертикали к ее выходу будет подключен первый выход.

Время установления одного соединения в МКС определяется временем срабатывания его электромагнитов и составляет в среднем около 50 мс. Сопротивление между входом и выходом вертикали обычно меньше 0,1 Ом. Срок службы МКС в пересчете на одну точку коммутации составляет примерно 3×10^6 .

ливаются на уровень второго горизонтального ряда контактных пружин во всех вертикалях (на рис. 2.13 положение пальца, сместившегося вверх в результате срабатывания ВЭ₂, показано пунктирным кружком).

2. Срабатывает удерживающий электромагнит вертикали, в которую включен коммутируемый вход. Якорь этого электромагнита поворачивает вправо свою УР. Вышедший из исходного положения выбирающий палец зажимается между вертикальной планкой и гетинаксовым упором УП второго горизонтального

2.6. Соединители на герконовых реле и элементах электронной коммутации

Для образования соединений между входами и выходами в соединителях используются герконовые, феридовые, гезаконные реле или элементы бесконтактной коммутации. На базе отдельных одно- или двухобмоточных герконовых реле выполняются герконовые соединители МГС. Упрощенная схема МГС на 8 выходов с использованием 64 двухобмоточных герконовых реле приведена на рис. 2.17. Каждой точке коммутации разговорного тракта соответствует одно двухобмоточное герконовое реле ГР, которое своей первой обмоткой включается в вертикальную и горизонтальную цепи управления. Для коммутации l -проводного разговорного тракта каждое реле имеет l герконов на замыкание (на рис. 2.17 показан один геркон для коммутации провода a). При установлении соединения, например, входа l с выходом 8 на первую обмотку реле ГР₈₁ подается управляющий импульс тока (плюс — из схемы включения по вертикали, а минус — из схемы включения реле по горизонтали). После срабатывания реле блокируется и продолжает удерживать через собственный контакт гр₈₁ и вторую обмотку реле, получая плюс из схемы управляющего устройства. Благодаря замыканию герметизированного контакта гр₈₁ осуществляется подключение первого входа к восьмому выходу МГС. С целью развязки электрических цепей срабатывания первые обмотки реле ГР включаются через диоды. После окончания соединения цепь удержания реле ГР₈₁ нарушается и схема возвращается в исходное состояние.

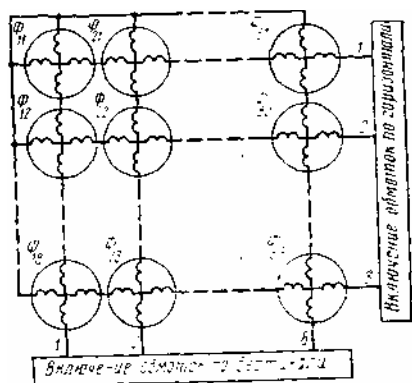


Рис. 2.18. Схема соединения обмоток в МФС емкостью 8×8

Для целей коммутации разговорного тракта разработаны МГС 8×8×2 и 8×8×4, обеспечивающие соответственно двух- и четырехпроводную коммутацию. Время установления одного соединения в таких МГС не превышает 2 мс.

Из отдельных феридов выполняется многократный феридовый соединитель МФС, в каждой точке коммутации которого устанавливается ферид с соответствующим числом контактов. Поскольку ферид имеет магнитную блокировку, для удержания его в рабочем состоянии не требуется дополнительного контакта. Ферид срабатывает только при условии одновременного поступления импульса тока в обе его обмотки. Если ферид был в рабочем состоянии, то поступление импульса тока в одну лишь обмотку приводит к его отпусканию (выключению).

Первые обмотки феридов МФС соединяются последовательно и образуют горизонталь. Аналогично соединяются последовательно между собой вторые обмотки феридов, затем вертикали и горизонтали запараллеливаются. Соединение обмоток МФС, имеющего 8 входов и 8 выходов, приведено на рис. 2.18. Для МФС с указанными структурными параметрами требуется 64 ферида, которые образуют восемь горизонтальных и восемь вертикальных рядов. Работой МФС управляет импульсный генератор, который с помощью управляющего устройства может быть подключен к любой горизонтали и любой вертикали. Если, например, требуется установить соединение между первым входом и первым выходом, то импульсный генератор с помощью управляющего устройства подключается к первой вертикали и первой горизонтали МФС. Импульс тока поступает в горизонтальную и вертикальную обмотки ферида Φ_{11} и он срабатывает. Вследствие этого замкнутся герконы ферида и первый вход подключается к первому выходу. После прекращения управляющего импульса ферид останется в рабочем состоянии за счет остаточного намагничивания без потребления тока. Другие фериды, находясь в цепи срабатывания Φ_{11} , не будут возбуждаться, так как импульс тока будет проходить лишь через одну их обмотку.

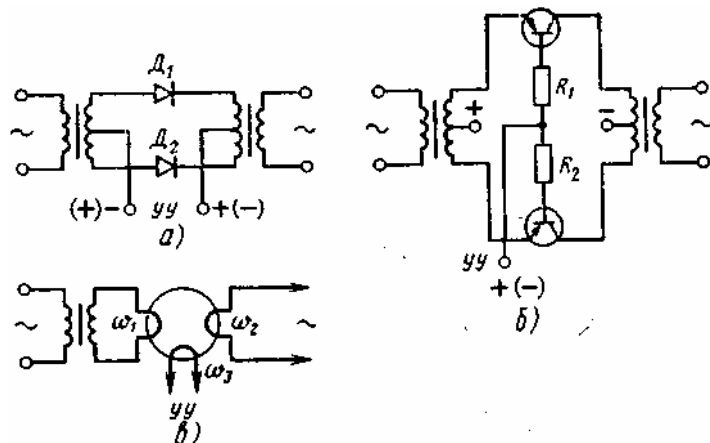


Рис. 2.19. Электронные контакты

Разновидностью многократного герконового соединителя с магнитным удержанием является соединитель, в котором в точке коммутации установлен гезакон. Схема включения его обмоток аналогична схеме включения феридов в МФС. Однако соединитель такого типа имеет ряд преимуществ по сравнению с МФС: меньшие размеры, меньшее число деталей, в несколько раз меньшие токи управления и импульсные помехи.

Простейшие схемы электронных контак-

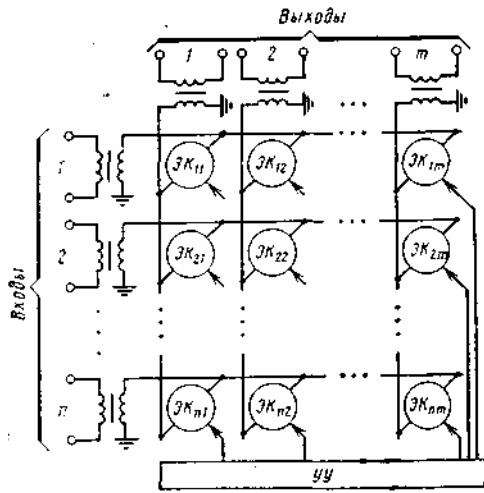


Рис. 2.20. Структурная схема электронного соединителя емкостью 8×8

тов приведены на рис. 2.19. Схема ЭК на диодах показана на рис. 2.19а. Разговорный тракт проходит через два трансформатора, связь между которыми осуществляется через два диода, включенных навстречу друг другу. В разомкнутом состоянии ЭК на диоды подается запирающее напряжение. В цепь связи между трансформаторами вносится большое затухание. При изменении полярности напряжения на управляющем входе УУ (на рисунке сигналы на УУ в рабочем состоянии указаны в скобках, а в исходном — без скобок) оба диода открываются и создается цепь для разговорных токов.

Таким образом, изменяя полярность на УУ, можно управлять электронным контактом. Схема ЭК на транзисторах показана на рис. 2.19б. Для замыкания такого ЭК достаточно подать отрицательное напряжение на базы транзисторов. Работа электронного контакта на магнитном элементе с прямоугольной петлей гистерезиса (рис. 2.19в) основана на свойстве ферромагнетиков изменять величину магнитной

проницаемости в зависимости от величины напряжения на УУ.

Соединители, в которых для образования точки коммутации используются ЭК, называются *электронными соединителями*. Принцип построения электронного соединителя на n входов и m выходов показан на рис. 2.20. Каждая из n горизонталей и m вертикалей электронного соединителя связана с определенным входом и выходом через трансформаторы. Выбор и переключение требуемого контакта производится электронным устройством управления УУ. В установлении соединения между входом и выходом принимает участие только один ЭК. Например, для установления соединения между n входом и m выходом достаточно подать управляющее напряжение на вход электронного контакта ЭК $_{nm}$. Время установления одного соединения в электронном соединителе невелико — порядка нескольких микросекунд.

Электронные элементы, используемые в схемах управления, должны обладать быстродействием, большим сроком службы, малыми габаритами, незначительным расходом электроэнергии и возможностью выполнения в схемах автоматики основных логических операций. Для этого применяются схемы совпадения, собирательные схемы, схемы инверторов.

Схема совпадений (схема И) представляет собой устройство с несколькими входами и одним выходом (рис. 2.21а), в котором сигнал на выходе появляется только в том случае, если одновременно имеются сигналы на всех входах. Схеме совпадений, очевидно, будет аналогично

последовательное включение контактов нескольких реле (рис. 2.21б). На электронных элементах схема реализуется, например, на диодах (рис. 2.21в) или на транзисторах (рис. 2.21г).

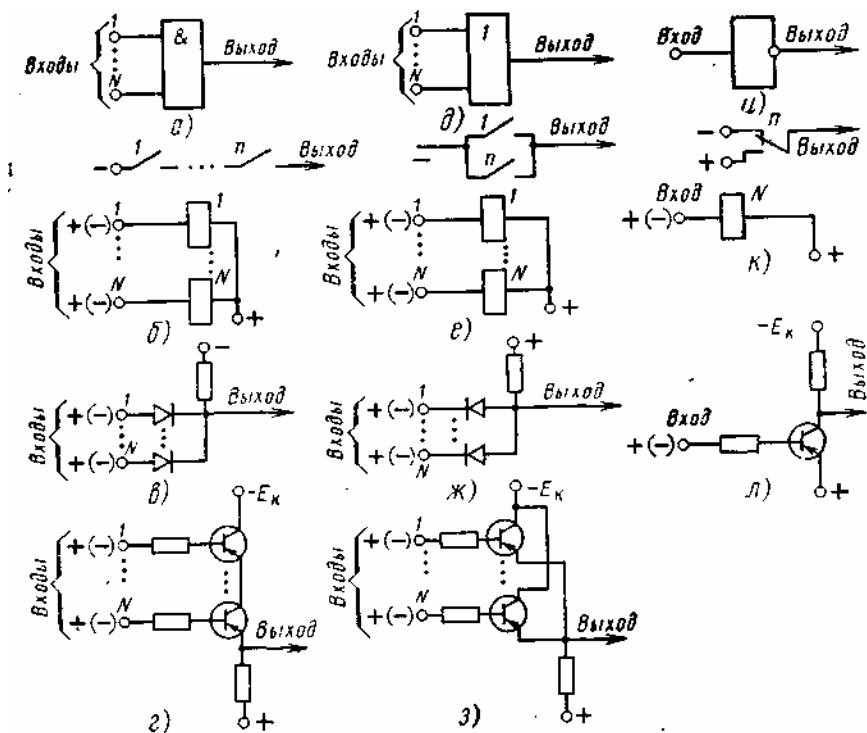


Рис. 2.21. Элементарные электронные схемы

Собирательная схема (схема ИЛИ) представляет собой устройство, в котором сигнал на выходе появляется при поступлении сигнала на любом из ее входов (рис. 2.21д). На рис. 2.21е, ж и з представлены релейный аналог, диодный и транзисторный варианты схемы ИЛИ соответственно.

Схема инвертора (схема НЕ) является схемой, в которой сигнал преобразуется в сигнал противоположной полярности (рис. 2.21и), т. е. если на вход схемы подается положительный потенциал, то на выходе потенциал будет отрицательным, и наоборот. На рис. 2.21л и к показаны схема инвертора на транзисторе и ее релейный аналог.

Из набора перечисленных логических схем можно получить схемы электронной автоматики для выполнения заданных логических функций по управлению установлением соединения. Компоненты таких схем (диоды, транзисторы, резисторы и т. д.)

имеют различную технологию изготовления, конструкцию, индивидуальные выводы. Это обуславливает большое число паек при монтаже схем и тем самым снижает их надежность. Этим недостатком лишены интегральные схемы, в которых каждый из их компонентов является частью конструктивно-технологического объединения, выполняемого на общем кристалле; компоненты электрически соединены между собой и заключены в единый корпус с общими выводами. Интегральные схемы выпускаются в виде серий (ряда) модулей, каждый из которых реализует одну или несколько логических функций. Параметры интегральной схемы выбираются исходя из ее конкретного назначения.

ПРИНЦИПЫ ТЕЛЕФОННОЙ КОММУТАЦИИ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА

3.1. Общие сведения

Под телефонной коммутацией понимается совокупность операций, проводимых для образования соединительного тракта. Коммутация осуществляется на коммутационных узлах, в состав оборудования которых входят коммутационная система КС и управляющее устройство УУ (рис. 3.1). Коммутационная система представляет собой совокупность коммутационных приборов, с помощью которых обеспечивается соединение между включенными в нее линиями (входами и выходами). Во входы и выходы коммутационной системы включаются линейные комплекты (ЛК) входящих и исходящих линий, которые выполняют ряд функций, связанных с процессом установления соединений. Кроме указанных комплектов в выходы КС включаются станционные комплекты (СК). Коммутационная система характеризуется емкостью, определяемой числом включаемых в нее входящих N и исходящих M линий. В состав управляющего устройства входит аппаратура для приема и передачи управляющей информации. На основании информации о номере вызываемого абонента или направлении связи, принятой от источника вызова, УУ включает соответствующие элементы коммутационной системы, в результате чего осуществляется соединение между соответствующими входом и выходом.

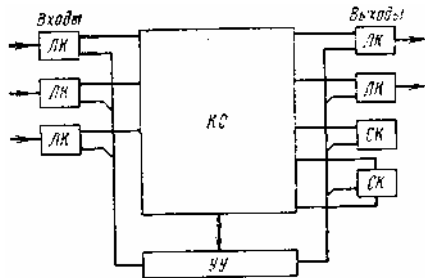


Рис. 3.1. Структурная схема коммутационного узла

Коммутационная система представляет собой совокупность коммутационных приборов, с помощью которых обеспечивается соединение между включенными в нее линиями (входами и выходами). Во входы и выходы коммутационной системы включаются линейные комплекты (ЛК) входящих и исходящих линий, которые выполняют ряд функций, связанных с процессом установления соединений. Кроме указанных комплектов в выходы КС включаются станционные комплекты (СК). Коммутационная система характеризуется емкостью, определяемой числом включаемых в нее входящих N и исходящих M линий. В состав управляющего устройства входит аппаратура для приема и передачи управляющей информации.

На основании информации о номере вызываемого абонента или направлении связи, принятой от источника вызова, УУ включает соответствующие элементы коммутационной системы, в результате чего осуществляется соединение между соответствующими входом и выходом.

В состав оборудования коммутационного узла входят также устройства ввода и вывода линий (кросс), источники электропитания и различные устройства контроля за действием узла и учета параметров телефонного сообщения. Обычно эти устройства на структурных схемах не указываются.

На коммутационных узлах могут устанавливаться соединения следующих видов:

внутристанционное, когда соединение осуществляется между абонентами данной телефонной станции;

исходящее, когда соединение устанавливается по инициативе абонента данной станции с абонентом другой станции через соединительную линию;

входящее, когда соединение устанавливается с абонентом данной станции по вызову, поступившему по соединительной линии от другой станции;

транзитное, когда на данной станции коммутируются две соединительные линии с целью соединения абонентов других станций.

Линии на коммутационных узлах могут соединяться на короткое время, достаточное для передачи одного сообщения, например одного телефонного разговора с последующим разъединением тракта передачи после окончания разговора, или на длительное время — по установленному расписанию. Коммутация первого вида называется *оперативной*, а второго — *кроссовой* (долговременной). Коммутация в обоих случаях может осуществляться как ручным способом (с помощью телефонистки), так и автоматически с помощью коммутационных приборов. При оперативной коммутации приборы КС занимают на время установления соединения, ведения разговора и возвращения их в исходное состояние. Кроссовая коммутация выполняется на промежуточных щитах (кроссах) в соответствии с заранее установленным расписанием на сеансы связи.

Коммутационные узлы и станции классифицируются по следующим основным признакам: по способу обслуживания вызовов (ручные, автоматические и полуавтоматические); по назначению (городские, междугородные, сельские, учрежденческие); по типу применяемого коммутационного оборудования (декадно-шаговые, координатные, квазиэлектронные, электронные); по емкости, т. е. по количеству входящих и исходящих линий или каналов (телефонные станции малой, средней и большой емкости); по способу разделения каналов (пространственное и временное).

3.2. Принципы ручной коммутации

Телефонные станции, на которых соединения между абонентами устанавливаются телефонистками, называются *ручными телефонными станциями (РТС)*. Основным оборудованием таких станций является телефонный коммутатор, содержащий три группы приборов: абонентских линий, шнуровых

пар и рабочего места телефонистки. На рис. 3.2 показана структурная схема ручного коммутатора. Каждая абонентская линия подключена на телефонной станции к индивидуальному абонентскому комплексу АК, в состав которого входят линейное реле (с целью упрощения на рисунке не показано) и вызывная лампа ВЛ, размещаемая вместе с соединительным гнездом СГ коммутационного поля. Число абонентских комплектов определяется емкостью станции. В один коммутатор можно включить до 100 абонентских линий.

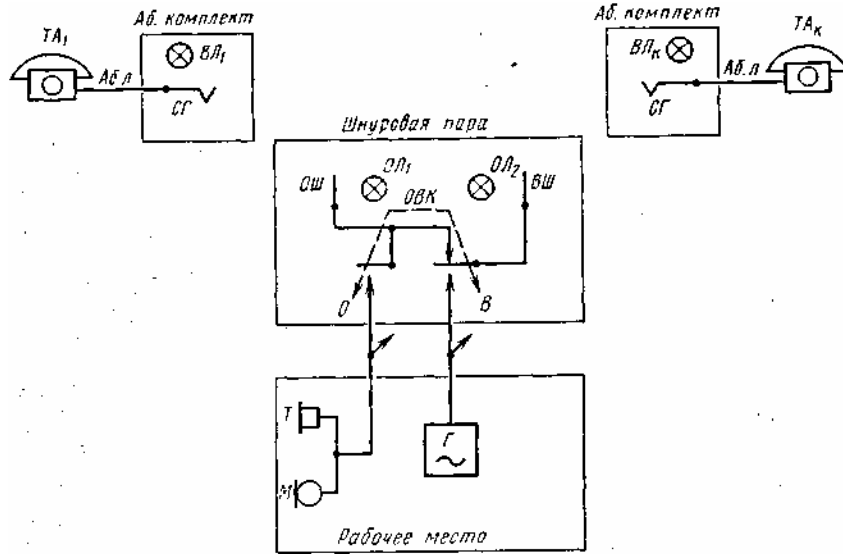


Рис. 3.2. Функциональная схема телефонного коммутатора (на рис. 3.2 с целью упрощения не показаны). Обычно на коммутаторе устанавливается 18 шнуровых пар.

Рабочее место телефонистки содержит разговорные и вызывные приборы, которыми пользуется телефонистка для взаимодействия с абонентами. Приборы рабочего места телефонистки подключаются к любой шнуровой паре соответствующим опросно-вызывным ключом. Функции управляющего устройства станции выполняет телефонистка, которая принимает от абонентов и передает им необходимую информацию, выбирает свободную шнуровую пару и осуществляет требуемое соединение.

Процесс установления соединения на коммутаторе осуществляется следующим образом. Вызов абонентом станции отмечается загоранием вызывной лампы ВЛ. Телефонистка вставляет опросный штепсель ОШ в соединительное гнездо СГ вызывающего абонента и переводит ОВК в положение «ОПРОС» (О). При этом гаснет вызывная лампа и подключаются к абоненту разговорные приборы рабочего места (микрофон М и телефон Т). Создается разговорная цепь между телефонисткой и вызывающим абонентом. Узнав номер вызываемого абонента и убедившись в свободности его линии, телефонистка вставляет вызывной штепсель ВШ той же шнуровой пары в соединительное гнездо требуемого абонента и переводит опросно-вызывной ключ ОВК временно в положение «ВЫЗОВ» (В). Вследствие этого к линии вызываемого абонента подключается генератор вызывного сигнала (Г) и ему посылаются вызывной сигнал. После ответа абонента и перевода ОВК в исходное положение создается разговорная цепь между абонентами. По окончании разговора абоненты дают отбой, положив свои микрофоны. При этом загораются отбойные лампы той шнуровой пары, через которую было установлено соединение. Получив сигнал отбоя, телефонистка нарушает соединение, вынув штепселя шнуровой пары из гнезд. Все участвовавшие в соединении устройства возвращаются в исходное состояние.

На станции большой емкости устанавливается несколько коммутаторов, каждый из которых обслуживает 100 абонентских линий, т. е. содержит вызывные устройства и соединительные гнезда 100

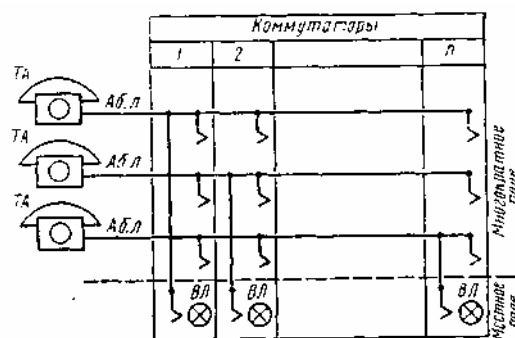


Рис. 3.3. Принцип включения абонентских линий в местное и многократное поле коммутаторов

Приборы шнуровой пары предназначаются для установления соединения между абонентами и получения сигнала об окончании разговора. Каждая шнуровая пара снабжена опросным ОШ и вызывным ВШ штепселями, опросно-вызывным ключом ОВК на три положения (опрос, вызов, разговор), а также двумя отбойными лампами, одна из которых связана с опросным (ОЛ₁), а другая — с вызывным концом шнуровой пары (ОЛ₂). Кроме того, каждая шнуровая пара содержит два шнуровых реле, обеспечивающих питание микрофонов

абонентов. Обслуживание этих абонентов производится телефонисткой рабочего места данного коммутатора.

Совокупность соединительных гнезд и вызывных сигнальных устройств, фиксирующих поступление вызовов от абонентов, называется местным полем.

Для связи с абонентами других коммутаторов на станциях большим

емкости применяют многократное включение абонентских линий, т. е. каждая абонентская линия включается не только в тот коммутатор, к которому она подсоединена для обслуживания, но и во все другие коммутаторы. Поэтому ручные телефонные станции большой емкости оборудуются коммутаторами, которые имеют не только местное поле, но и многократное поле. Схема включения абонентских линий в местное и многократное поля коммутаторов приведена на рис. 3.3. Из рисунка видно, что любая абонентская линия включается в местное поле одного определенного коммутатора и, кроме того, ока имеет соединительное гнездо в каждом коммутаторе данной станции без каких-либо дополнительных устройств. Совокупность этих соединительных гнезд на всех коммутаторах называется многократным полем.

Таким образом, при поступлении вызова от абонента на определенный коммутатор к линии вызываемого абонента можно подключиться с любого коммутатора через соединительное гнездо многократного поля.

3.3. Принципы автоматической коммутации

На автоматических телефонных станциях (АТС) соединение между абонентами осуществляется автоматически при помощи коммутационных приборов (искателей и соединителей), действие которых контролируется управляющим устройством. В качестве примера на рис. 3.4 показан принцип управления простейшим искателем шаговой системы.

При снятии абонентом микрофонной трубки переключаются контакты рычажного переключателя РП и на АТС через абонентскую линию и разговорные приборы телефонного аппарата срабатывает реле А, питающее микрофон телефонного аппарата. Вслед за этим через рабочий контакт *a* включается удерживающее реле У. В процессе набора номера импульсный контакт ИК номеронабирателя при обратном ходе диска размыкает и снова замыкает цепь абонентской линии. Число размыканий цепи соответствует набираемой цифре. При каждом обрыве цепи абонентской линии на АТС отпускает реле А. Удерживающее реле У, будучи замедленным на отпускание, не реагирует на кратковременные обрывы цепи и во время импульсного процесса находится в работе. В результате этого при каждом отпускании реле А через его контакт покоя и через рабочий контакт реле У будет поступать импульс тока в обмотку электромагнита ЭМ шагового искателя. При каждом импульсе тока ЭМ притягивает якорь и щетки искателя передвигаются на один шаг. После окончания передачи серии импульсов щетки искателя оказываются установленными на выходе, соответствующем набранной цифре.

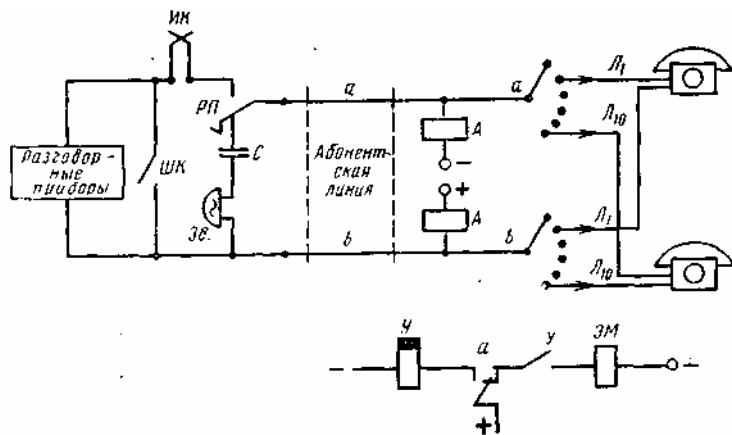


Рис. 3.4. Принцип управления шаговым искателем

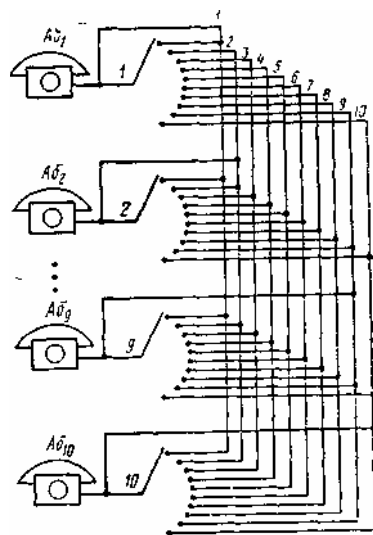


Рис. 3.5. Функциональная схема простейшей шаговой АТС на 10 номеров

номеру вызываемого абонента. В этом случае щетки искателя вызывающего абонента соединяются с контактом, в который включена линия вызываемого абонента. После окончания разговора щетки искателя автоматически возвращаются в исходное состояние. С целью упрощения на рис. 3.5 не показаны абонентские комплекты, служащие для приема сигналов вызова от абонентского аппарата, и устройство, управляющее действием искателя при установлении соединения и последующем возвращении щеток искателя в исходное положение.

Движение щеток искателя, управляемое импульсами тока, поступающими в обмотку электромагнита в результате набора номера вызываемого абонента, называется *вынужденным движением*.

Искатели, в контактное поле которых включаются линии вызываемых абонентов, называются *линейными искателями ЛИ*, а совокупность этих искателей, выполняющих одинаковые функции в процессе установления соединения на станции, называется *ступенью линейного искания*.

Если в качестве ЛИ использовать столбчатый искатель ДШИ и схему станции построить по принципу, показанному на рис. 3.5, то емкость станции увеличится до 100 номеров. В этом случае (аналогично рис. 3.5) каждая абонентская линия должна подключаться к щеткам своего искателя ДШИ и, кроме того, иметь многократное соединение с одноименными контактами поля всех ста искателей, установленных на АТС. Для установления соединения абоненту необходимо набрать двузначный номер (00—99). Нумерация абонентских линий определяется номером контакта поля линейного искателя и имеет определенную закономерность, объясняемую вынужденным движением щеток линейного искателя. Первая серия импульсов, соответствующая цифре десятков абонентского номера, управляет вынужденным подъемным движением щеток линейного искателя. Вторая серия импульсов, характеризующая цифру единиц абонентского номера, управляет вынужденным вращательным движением щеток линейного искателя.

3.4. Ступень предварительного искания

Построение АТС по принципу непосредственного включения абонентских линий в ЛИ типа ДШИ является неэкономичным, так как требует большого количества дорогостоящих искателей. Для АТС емкостью, например, сто номеров их требуется 100 штук. Поскольку каждый искатель является индивидуальным прибором каждого отдельного абонента, то коэффициент использования их будет чрезвычайно низким. Для повышения их использования целесообразно линейные искатели сделать приборами коллективного использования и предоставлять их абонентам только на время соединения.

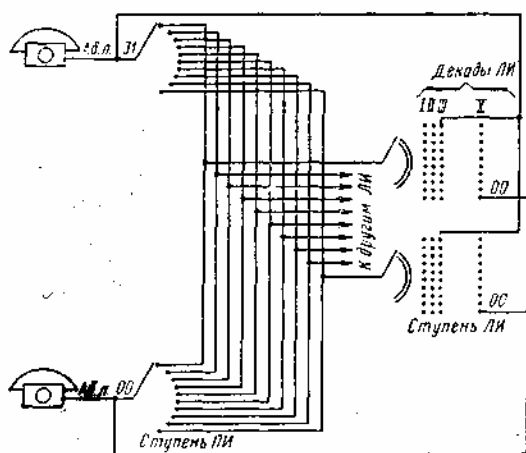


Рис. 3.6. Функциональная схема декадно-шаговой АТС на 100 номеров со ступенью ПИ

Чтобы обеспечить возможность подключения любой абонентской линии к любому из свободных ЛИ, в состав оборудования АТС вводят ступень *предварительного искания*. В этом случае каждая абонентская линия соединяется на станции со щетками шагового искателя малой емкости, выполняющего функции предварительного искателя (рис. 3.6). Этот искатель называется *предыскателем (ПИ)*. Число

ПИ равно числу абонентских линий. Выходы контактного поля, имеющие одинаковые номера у всех ПИ, запараллеливаются и к ним подключаются щетки линейных искателей, являющихся приборами, предоставляемыми абонентам только на время установления соединения и разговора. В качестве линейных искателей используются ДШИ, в поле которых включаются линии всех абонентов.

При вызове абонентом станции щетки закрепленного за данным абонентом ПИ, отыскивая свободный ЛИ, совершают свободное движение, т. е. движение, не управляемое непосредственно абонентом. Процесс отыскания линии в этом случае называется *свободным исканием*. Поскольку свободное искание осуществляется до набора номера, т. е. перед началом поиска линии вызываемого абонента, то поэтому его называют предварительным исканием или *предысканием*. Щетки ПИ останутся на выходе к свободному ЛИ, и в аппарат вызывающего абонента из линейного искателя через схему ПИ будет послан сигнал ответа станции, приглашающий абонента к набору номера. Подъемное и вращательное движения ЛИ будут происходить под управлением управляющего устройства в соответствии с поступающими импульсами набора. В первую декаду ЛИ включаются линии абонентов с десятичным номером «1», а в последнюю — с десятичным номером «0». Ступень ПИ не влияет на нумерацию абонентов, т. е. и в этом случае так же, как и без ступени ПИ, абоненты будут иметь двузначный номер. На рис. 3.6 показано включение линии абонента номер 31 (первый выход третьей декады) и линии абонента с номером 00 (десятый выход десятой декады).

Применение предыскания позволяет в значительной степени сократить объем коммутационного оборудования. Как известно, вызовы от абонентов поступают в различное время, и поэтому, как показывают исследования, может потребоваться 10—15% одновременных соединений от общего числа абонентов АТС. В нашем примере для обслуживания 100 абонентов достаточно иметь 10—15 линейных ДШИ, каждый из которых может быть предоставлен во временное пользование любому абоненту, производящему вызов. Число предыскателей равно числу абонентских линий, но по стоимости шаговые искатели ПИ в 7—8 раз дешевле декадно-шаговых искателей.

3.5. Степень группового искания

Номерная емкость рассмотренных АТС не превышает емкости контактного поля ЛИ. Максимально емкость контактного поля существующих искателей достигает 500 линий, а наиболее распространенных—100 линий. Увеличение емкости станции путем увеличения емкости контактного поля коммутационных приборов вызывает значительное усложнение этих приборов, а следовательно, и увеличение их стоимости. Поэтому этот путь является технически нецелесообразным и экономически невыгодным, тем более если учесть, что емкость современных АТС превышает десятки тысяч номеров.

Наиболее рациональным путем создания АТС любой необходимой емкости при заданной емкости искателя или соединителя является применение *группообразования*. Сущность группообразования состоит в том, что общая емкость АТС делится на группы, емкость которых равна емкости контактного поля ЛИ, а между ступенями ПИ и ЛИ вводится дополнительная ступень — *ступень группового искания ГИ* (рис. 3.7). Назначением этой ступени является выбор группы, в которой находится линия вызываемого

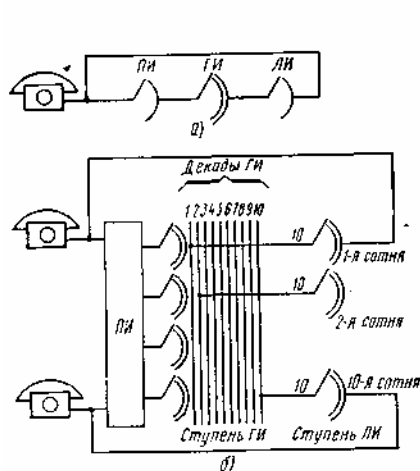


Рис. 3.7. Функциональная схема декадно-шаговой АТС на 1000 номеров с одной ступенью ГИ:
а — упрощенная; б — с развернутой ступенью ГИ

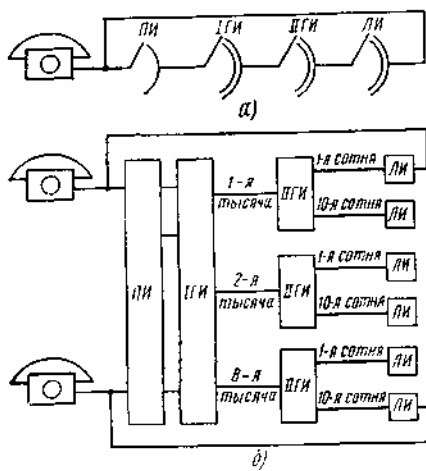


Рис. 3.8. Схема АТС с двумя ступенями ГИ:
а — упрощенная функциональная;
б — структурная

абонента. В качестве групповых искателей используются такие же коммутационные приборы, что и для ступени линейного искания. На рис. 3.7 показан принцип построения схемы группообразования АТС емкостью $N=1000$ номеров с применением на ступенях ГИ и ЛИ искателей ДШИ. Число групп на ступени линейного искания будет равно $g=10$, так как $g=N/M$, где N — емкость станции; M — емкость контактного поля ЛИ. В пределах каждой группы ЛИ одноименные выходы контактного поля запараллеливаются, в результате чего образуется 100 выходов, в которые включаются 100 абонентских линий. Каждая группа ЛИ служит для установления входящих соединений к определенной сотенной группе абонентов. Как и в ранее рассмотренных схемах, линии абонентов включаются как в поле ЛИ, так и в щетки ПИ. Степень предыскания на рис. 3.7 с целью упрощения не раскрывается, так как имеет построение, аналогичное приведенному на рис. 3.6. При поступлении вызова от абонента на ступени ПИ совершается свободное искание, в результате которого линия вызываемого абонента подключается к свободному групповому искателю. Одноименные контакты одноименных декад всех ГИ запараллеливаются и выводятся отдельно от каждой декады ГИ для связи с группой ЛИ, обслуживающих соответствующую сотенную группу абонентов. Таким образом, от первой декады ГИ образуются 10 выходов, которые включаются в щетки десяти ЛИ, обслуживающих первую сотню абонентов, от второй декады 10 выходов — к десяти ЛИ, обслуживающих вторую сотню абонентов, и т. д.

После снятия абонентом микрофонной трубки и подключения к свободному ГИ из схемы последнего абоненту подается сигнал «Ответ станции» и он приступает к набору номера. Нумерация абонентских линий — трехзначная. При поступлении первой серии импульсов (цифры сотен) ГИ совершает подъемное (вынужденное) движение, поднимая щетки на соответствующую набранной цифре декаду. Таким образом производится групповое искание, т. е. выбор направления к группе ЛИ (сотенной группе абонентов). После подъемного движения (в межсерийном интервале) осуществляется свободное вращательное движение до тех пор, пока щетка ГИ не установится на выходе к свободному ЛИ (одному из десяти). Далее абонент набирает цифру десятков и единиц, посылая две серии им-

пульсов, которые воспринимаются соответственно подъемным и вращающим электромагнитом ЛИ. Таким образом устанавливается соединение с требуемым абонентом на АТС емкостью 1000 номеров.

Если требуется построить АТС емкостью больше 1000 номеров, то в схему группообразования вводится дополнительная ступень ГИ. В качестве примера на рис. 3.8 приводится схема АТС на 8000 номеров с двумя ступенями ГИ. В этом случае в функции I ГИ входит выбор свободного II ГИ, обслуживающего определенную тысячную группу абонентов. Это осуществляется на основании информации, получаемой от вызывающего абонента при наборе первой цифры номера (цифры тысяч). Назначением II ГИ является выбор направления к требуемой сотенной группе абонентов (ЛИ), входящей в состав данной тысячной группы. Это осуществляется на основании поступившей информации о второй цифре (цифре сотен) номера вызываемого абонента. Последним этапом в процессе установления соединения является работа ЛИ, который, получив информацию о последних двух цифрах номера вызываемого абонента, осуществляет поиск требуемой линии в данной сотенной группе и производит соединение с ней.

3.6. Пространственное и временное разделение каналов

Пространственное разделение каналов характеризуется тем, что элементы коммутационной системы, образующие соединительный тракт между абонентами, отделены в пространстве, не имеют общих точек и в каждый момент времени могут быть использованы для установления лишь одного данного соединения. В АТС с пространственным разделением каналов в качестве приборов коммутационной системы применяются электромеханические искатели, а также электронные и электромеханические соединители.

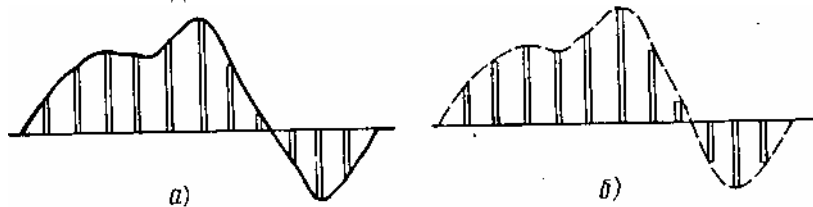


Рис. 3.9. Дискретная передача речевого сигнала

В отличие от АТС с пространственным разделением каналов, где речевая информация передается в форме непрерывных сигналов, при *временном разделении каналов* сигнал разговорного спектра передается его дискретными значениями (рис. 3.9а), по которым на

приемном конце восстанавливается первоначальная форма сигнала (рис. 3.9б, пунктирная линия).

Чтобы обеспечить передачу непрерывного разговорного (аналогового) сигнала в виде дискретных импульсов и при этом не допустить значительных искажений, необходимо обеспечить определенную частоту следования этих импульсов. Согласно теореме Котельникова для удовлетворительного качества передачи частота следования импульсов должна не менее чем в 2 раза превышать максимальную частоту передаваемого сигнала. Для передачи сигналов разговорного спектра, если считать наивысшей разговорной частотой $f = 3400$ Гц, то частота следования импульсов должна быть не менее $f = 6800$ Гц. Обычно используют частоту следования импульсов 8 кГц. Период следования импульсов при этом составит

$$T = 1/f = 10^6 / 8 \times 10^3 = 125 \text{ мкс.}$$

Амплитуда каждого импульса будет определяться мгновенным значением аналогового сигнала (разговорного тока). Поскольку каждый импульс занимает только небольшую часть периода следования T , то в промежутках между импульсами, несущими информацию об одном сигнале, можно передавать импульсы, несущие информацию о других сигналах (рис. 3.10). Такой принцип передачи сигналов позволяет получить многоканальную систему связи, которая обеспечивает многократное использование коммутационных элементов.

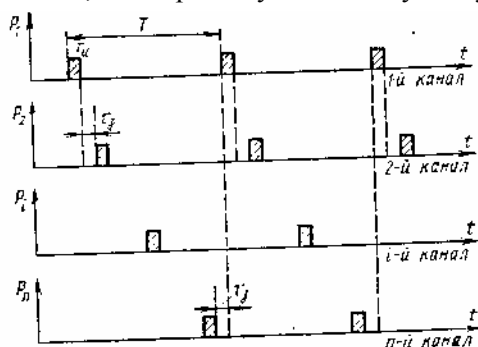


Рис. 3.10. Принцип образования временных каналов

Каждому каналу при таком способе построения коммутационной системы присваивается сдвинутая во времени определенная импульсная последовательность P с одинаковыми параметрами: T —период следования импульсов; τ_n — ширина импульса; τ_3 — защитный промежуток между импульсами. Назначением защитного промежутка между двумя импульсами последовательности является создание необходимой величины переходного затухания между каналами. Очевидно, что общее число временных каналов составит

$$K=T/(\tau_{и} + \tau_{з}).$$

Принцип схемы связи (коммутации) между n входами и m выходами, основанный на применении временного деления (ВД) каналов, показан на рис. 3.11. Все входы и выходы подключены к общей цепи ОЦ через свои электронные контакты ЭК, которые открываются кратковременно в определенной временной позиции, соответствующей данному каналу (данной последовательности импульсов P). Чтобы подключить какой-либо вход к какому-либо выходу, необходимо периодически (синхронно) открывать их контакты во временной позиции заранее выбранного свободного канала. Например, если требуется соединить вход 1 с выходом 2, то нужно, подав управляющую последовательность импульсов P_1 перевести ЭК₁ (вход) и ЭК₂ (выход) в проводящее состояние и обеспечить кратковременное соединение входа 1 и выхода

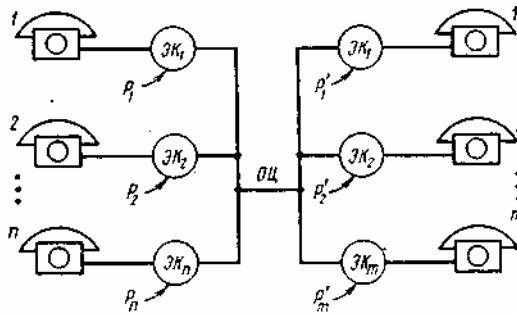


Рис. 3.11. Принцип временной коммутации каналов

2. Если в следующий момент разомкнуть эти ЭК, а замкнуть другую пару, то через общую цепь ОЦ соединятся другие вход и выход. Таким образом можно осуществлять коммутацию каналов в коммутационной системе с временным делением каналов. Разговорные токи в общей цепи ОЦ протекают в виде модулированной серии импульсов. На приемном конце в результате демодуляции восстанавливается начальный характер разговорного сигнала по дискретным значениям модулированных импульсов.

3.7. Понятие о потоках и времени обслуживания телефонных вызовов

Общие сведения. При исследовании процессов, связанных со случайными явлениями, широко применяется математическое моделирование. В ходе построения модели рассматриваемое явление (процесс) каким-то образом упрощается, схематизируется; из бесчисленного множества факторов, влияющих на явление, выделяется сравнительно небольшое количество важнейших, и полученная схема описывается с помощью того или другого математического аппарата. Такая модель должна быть достаточно полной, т. е. в ней должны быть учтены все важнейшие факторы, от которых существенно зависит результат исследуемого явления. С другой стороны, модель должна быть достаточно простой для того, чтобы можно было установить аналитические зависимости между входящими в нее параметрами.

Время обслуживания. Телефонные вызовы, поступающие по абонентским линиям на телефонные станции и по соединительным линиям на узлы коммутации, занимают коммутационные приборы и линии на время ведения разговора и установления требуемого соединения. Продолжительность одного такого занятия, показывающего сколько времени затрачивается на его обслуживание, называется *временем обслуживания*. Для контролируемого промежутка времени (t_1, t_2) определяют *среднее время обслуживания* h как математическое ожидание длительности занятий в этом промежутке времени (t_1, t_2) . Различают математические модели, соответствующие фиксированному и случайному времени обслуживания. *Фиксированное время* может быть задано последовательностью величин h_i , характеризующих длительность обслуживания i -го вызова. Например, последовательностью из четырех междугородных телефонных переговоров заранее определенной длительности: $h_1 = 5, h_2 = 3, h_3 = 10, h_4 = 4$ мин — в промежутке времени $(t_1 = 10 \text{ ч } 50 \text{ мин}, t_2 = 11 \text{ ч } 20 \text{ мин})$. В этом примере, очевидно, среднее время обслуживания составляет $h = 5,5$ мин. Фиксированное время обслуживания называют *постоянным*, если $h_i = h$. Например, постоянна длительность некоторых устройств управления при установлении ими соединения.

В общем случае время обслуживания является случайной величиной. Случайное время обслуживания как случайную величину можно описать вероятностным законом распределения. Если длительность случайного времени обслуживания обозначить через ζ , то вероятность $P(\zeta < t)$ определяет, что длительность обслуживания ζ будет меньше некоторого наперед заданного значения времени t . В качестве такого распределения можно использовать отрицательное экспоненциальное распределение

$$P(\zeta < t) = 1 - e^{-\frac{t}{h}}, \quad (3.1)$$

как являющееся достаточной аппроксимацией реальных условий случайной длительности обслуживания. Величина h , входящая в это уравнение, является средним временем обслуживания. Используя

(3.1), можно определить, какова будет вероятность того, что длительность случайного времени обслуживания не превысит, например, 10 мин, если среднее время занятия в наблюдаемом промежутке времени $h = 5$ мин. Искомая вероятность равна

$$P(\zeta < t = 10 \text{ мин}) = 1 - e^{-\frac{10}{5}} = 0,8647.$$

Характеристики потоков вызовов. Последовательность телефонных вызовов при непрерывном отсчете времени их поступления называется *потоком телефонных вызовов*. Различают детерминированный и случайный потоки вызовов. *Детерминированным* потоком называется поток телефонных вызовов с фиксированными моментами их поступления. Например, поступление телефонных вызовов строго по расписанию. Такой поток сравнительно редко встречается на практике. Если моменты поступления телефонных вызовов зависят от случайных факторов, то такой поток называют *случайным* потоком телефонных вызовов. Основными характеристиками случайного потока являются его параметр и интенсивность.

Параметр случайного потока вызовов $\lambda(t)$ в момент времени t есть предел отношения вероятности $P_{i \geq 1}(t, t + \Delta t)$ поступления не менее одного вызова ($i \geq 1$) в промежутке времени $[t, t + \Delta t)$ к величине этого промежутка времени, когда последний стремится к нулю

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{i \geq 1}(t, t + \Delta t)}{\Delta t}. \quad (3.2)$$

Интенсивность случайного потока вызовов $\mu(t)$ в момент времени t есть предел отношения приращения математического ожидания числа вызовов в промежутке времени $[t, t + \Delta t)$ к величине этого промежутка, когда последний стремится к нулю

$$\mu(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\mu(0, t) - \mu(0, t + \Delta t)}{\Delta t}, \quad (3.3)$$

где $\mu(0, t)$ и $\mu(0, t + \Delta t)$ — математические ожидания за промежутки времени $[0, t)$ и $[0, t + \Delta t)$ соответственно. Интенсивность $\mu(t)$ характеризует случайный поток вызовов в момент времени t числом поступающих вызовов, а его параметр $\lambda(t)$ характеризует этот же поток за ту же единицу времени числом вызывающих моментов, т. е. моментов времени поступления одного или одновременно группы вызовов. Поэтому для любого случайного потока вызовов всегда имеет место соотношение $\mu(t) \geq \lambda(t)$.

Пример. Пусть случайный поток вызовов в моменты времени t_1 и $t_1 + \Delta t$ имеет интенсивность $\mu(t_1) = 300$ выз/ч и $\mu(t_1 + \Delta t) = 280$ выз/ч и соответственно в те же моменты времени — параметры $\lambda(t_1) = 300$ выз. моментов/ч и $\lambda(t_1 + \Delta t) = 250$ выз. моментов/ч. В этом примере $\mu(t_1) = \lambda(t_1)$ и $\mu(t_1 + \Delta t) > \lambda(t_1 + \Delta t)$, ибо в момент времени t_1 поток имел одну характеристику, когда за единицу времени в каждый вызывающий момент мог поступать только один вызов, а в момент времени $(t_1 + \Delta t)$ — другую характеристику, когда за аналогичную единицу времени в каждый вызывающий момент может поступить не один, а группа вызовов, т. е. число вызовов больше числа вызывающих моментов.

Основные свойства случайных потоков вызовов. Рассмотрим случайные потоки вызовов, обладающие некоторыми особо простыми свойствами: одинарности, стационарности и отсутствия последствия.

Одинарным потоком телефонных вызовов называется поток вызовов, в котором вероятность появления более чем одного телефонного вызова ($i \geq 2$) за малый промежуток времени Δt пренебрежительно мала по сравнению с вероятностью появления одного телефонного вызова, т. е.

$$P_{\geq 2}(\Delta t) = o(\Delta t) \quad (3.4)$$

где $o(\Delta t)$ — бесконечно малая более высокого порядка, чем малый промежуток времени Δt , определяемая выражением

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{o(\Delta t)}{\Delta t} = 0.$$

Одинарность случайного потока вызовов означает практическую невозможность группового поступления вызовов в любом из вызывающих моментов времени. Поэтому для одинарных потоков справедливо тождество $\mu(t) \equiv \lambda(t)$ для любого момента времени t .

Поток телефонных вызовов называется *стационарным*, если вероятность поступления ровно k вызовов $P_k(t_j; t_j + t)$ за любой промежуток времени $(t_j; t_j + t)$ определяется лишь длительностью этого промежутка t и не зависит от момента его начала t_j , т. е.

$$P_k(t_j, t_j + t) = P_k(t_l, t_l + t) = P_k(t),$$

где $j \neq l$. Другими словами, стационарность потока предполагает неизменность вероятностного режима поступления вызовов во времени и, следовательно, при определении параметра или интенсивности потока отпадает необходимость указывать момент начала их наблюдения t_i . Поэтому для стационарных потоков справедливо неравенство $\lambda \leq \mu$.

Поток телефонных вызовов называется *потоком без последействия*, если для любых непересекающихся промежутков времени число вызовов, попадающих на один из них, не зависит от того, сколько вызовов попало на другой (или другие, если рассматривается более двух промежутков времени). Таким образом, отсутствие последействия потока вызовов означает независимость вероятности поступления вызова в момент t от предыдущих событий до этого момента времени.

Простейший поток телефонных вызовов и его свойства. Случайный поток телефонных вызовов, обладающий одновременно свойствами стационарности, одинарности и отсутствия последействия, называется *простейшим потоком телефонных вызовов* или просто простейшим потоком.

Для полного определения случайного потока вызовов достаточно знать, какова будет вероятность того, что за промежуток времени $[0; t_1)$ поступит k_1 вызовов, за промежуток времени $[0; t_2)$ поступит k_2 вызовов и т. д., т. е. если будут известны для любой группы k_1, k_2, \dots, k_n вызовов и положительных моментов времени t_1, t_2, \dots, t_n вероятности их поступления $P_1(0; t_1); P_2(0; t_2); \dots; P_n(0; t_n)$ или для любого произвольного промежутка времени $[t_0, t_0 + t)$ будет известна вероятность поступления ровно k вызовов — функция распределения $P_k(t_0; t_0 + t)$, где $t_0 \geq 0$ и $0 \leq k < \infty$.

Определим функцию распределения для простейшего потока. Учитывая свойство его стационарности, очевидно, достаточно определить распределение вида $P_k(t)$. С этой целью рассмотрим поступление ровно k вызовов за два соседних промежутка времени $t + \Delta t$. Это возможно несколькими способами. Например, если за промежуток времени t поступит k вызовов, а за промежуток Δt — 0 вызовов, или если за промежуток t поступит $(k-1)$ вызовов, а за оставшееся время Δt — один вызов, или если за время t — $(k-2)$ вызовов, а за отрезок Δt — два вызова и т. д. вплоть до 0 вызовов за первый промежуток времени t и k вызовов за оставшееся время, т. е. поступление вызовов может произойти $k+1$ несовместимыми способами. Вероятность поступления вызовов за промежуток времени Δt из-за отсутствия последействия у потока не зависит от вероятности их поступления за предшествующий промежуток времени t . Поэтому, воспользовавшись формулой полной вероятности, имеем

$$P_k(t + \Delta t) = P_k(t)P_0(\Delta t) + P_{k-1}(t)P_1(\Delta t) + P_{k-2}(t)P_2(\Delta t) + \dots + P_0(t)P_k(\Delta t).$$

В этом уравнении все вероятности $P_i(\Delta t)$ поступления i вызовов за малый промежуток времени Δt в силу свойств одинарности простейшего потока вызовов, начиная с $i = 2, 3, \dots$, есть бесконечно малые более высокого порядка, чем Δt , и равны $P_{i \geq 2}(\Delta t) = o(\Delta t)$ [см. формулу (3.4)]. Поэтому вышеприведенное уравнение можно упростить и привести к виду

$$P_k(t + \Delta t) = P_k(t)P_0(\Delta t) + P_{k-1}(t)P_1(\Delta t) + o(\Delta t). \quad (3.5)$$

Из формулы (3.2), а также из стационарности и одинарности рассматриваемого потока следует

$$P_{\geq 1}(t; t + \Delta t) = \lambda(t)\Delta t + o(\Delta t); P_1(\Delta t) = \lambda\Delta t + o(\Delta t). \quad (3.6)$$

В промежутке времени Δt для одинарного потока справедливы тождества:

$$P_0(\Delta t) + P_1(\Delta t) + P_{\geq 2}(\Delta t) = 1 \quad \text{или} \quad P_0(\Delta t) + P_1(\Delta t) + o(\Delta t) = 1.$$

Подставляя значения из (3.6), имеем

$$P_0(\Delta t) = 1 - P_1(\Delta t) + o(\Delta t) = 1 - \lambda\Delta t + o(\Delta t).$$

Представим (3.5) в следующем виде:

$$P_k(t + \Delta t) = (1 - \lambda\Delta t)P_k(t) + \lambda\Delta t P_{k-1}(t) + o(\Delta t);$$

$$\frac{P_k(t + \Delta t) - P_k(t)}{\Delta t} = -\lambda P_k(t) + \lambda P_{k-1}(t) + \frac{o(\Delta t)}{\Delta t}.$$

После предельного перехода, устремив $\Delta t \rightarrow 0$ с учетом (3.4), получим систему из $(k+1)$ дифференциальных уравнений

$$P'_k = -\lambda P_k(t) + \lambda P_{k-1}(t) \quad \text{для} \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

В результате ее решения получим функцию распределения числа вызовов k за время t

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}. \quad (3.7)$$

Простейший поток полностью определяется системой функции распределения (3.7). Следовательно, для полной характеристики простейшего потока достаточно знать только одну величину — параметр или его интенсивность. Полученное выражение (3.7) называется *уравнением Пуассона*. Кроме распределения Пуассона для задания простейшего потока можно пользоваться еще двумя эквивалентными способами — простыми распределениями, которые приводятся здесь без вывода.

Так, простейший поток можно задать системой функций распределения вероятностей поступления вызовов:

$$P(\zeta_k < t_k) = 1 - e^{-\lambda t_k}, \quad (3.8)$$

где ζ_k и t_k — соответственно случайный и фиксированный моменты времени поступления k -го вызова. Простейший поток можно также полностью определить системой функций распределения промежутков между моментами поступления вызовов:

$$P(Z_k < t_k) = 1 - e^{-\lambda t_k}, \quad (3.9)$$

где Z_k и t_k — случайная и фиксированная величины промежутка времени, предшествующего k -му вызову.

Важное свойство, присущее простейшему потоку, состоит в том, что при объединении n простейших потоков соответственно с параметрами $\lambda_1; \lambda_2, \dots, \lambda_n$ получаем вновь простейший поток, параметр которого равен сумме параметров объединяемых потоков

$$\lambda = \sum_{x=1}^n \lambda_x.$$

Численные характеристики простейшего потока — математическое ожидание M_i и дисперсия D_i числа вызовов i за промежуток времени t — равны друг другу и определяются выражениями:

$$M_i = \sum_{i=1}^{\infty} i P_i(t) = \sum_{i=1}^{\infty} i \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t} = \lambda t; \quad (3.10)$$

$$D_i = \sum_{i=1}^{\infty} [i^2 P_i(t) - (M_i)^2] = \lambda t. \quad (3.11)$$

Этим свойством часто пользуются на практике при решении вопроса о справедливости гипотезы о том, что случайный поток имеет распределение, подобное простейшему потоку.

Поток телефонных вызовов от ограниченного числа источников. Исследование модели такого потока позволяет вскрыть и учесть при расчетах реакцию коммутационной системы обслуживания на процесс возникновения вызовов. *Потоком телефонных вызовов от ограниченного числа источников (потоком ВОЧИ)* будем называть случайный одинарный поток, параметр которого λ_i , зависящий от состояния коммутационной системы обслуживания, в любой момент времени пропорционален числу свободных источников телефонной нагрузки $(N-i)$ и определяется выражением

$$\lambda_i = \alpha(N-i), \quad (3.12)$$

где α — параметр либо интенсивность источника в момент, когда он свободен (во время занятости источники вызовов не создают); N — общее число источников, создающих поток; i — число занятых источников. Из определения потока и выражения (3.12) следует, что поток ВОЧИ не удовлетворяет свойству стационарности, так как $\lambda_i \neq \text{const}$, и является потоком с последствием, поскольку новые вызовы могут поступить только от свободных источников и, следовательно, вероятность возникновения нового вызова в момент t зависит от количества поступивших вызовов до этого момента.

Покажем, что при увеличении числа источников и соответствующем уменьшении а последствие потока уменьшается. Учитывая, что число занятых источников i не может быть больше конечного числа обслуживающих устройств V ($0 \leq i \leq V$), в предельном случае при $N \rightarrow \infty$ и $\alpha \rightarrow 0$, но так, что $N\alpha = \text{const}$, поток ВОЧИ переходит в простейший с параметром $\lambda = \alpha N$. Практически уже при $N > 100$ можно пользоваться более простой моделью простейшего потока. Вносимая в этом случае

погрешность крайне мала.

3.8. Телефонная нагрузка

Для рационального построения и расчета коммутационных систем недостаточно знать только характеристики потока вызовов. Действительно, если на коммутационную систему поступает простейший поток вызовов с интенсивностью, например $\mu = \lambda = 600$ выз/ч, то это лишь означает, что в среднем за час поступают 600 вызовов. Длительность же обслуживания коммутационной системой поступающих вызовов не зависит от интенсивности потока. Так, если среднее время обслуживания одного вызова $h = 1/60$ ч, то для обслуживания 600 вызовов потребуется $600 \times (1/60) = 10$ ч суммарного времени при последовательном обслуживании одного вызова за другим, или при $h = 1/30$ ч для обслуживания этого же потока потребуется $600 \times (1/30) = 20$ ч суммарного времени.

Вызовы можно обслуживать не только последовательно один за другим, а и параллельно — одновременно несколькими, например, десятью соединительными линиями. При этом для обслуживания потока $\mu = 600$ выз/ч при $h = 1/60$ ч потребуется 1 ч полного занятия десяти соединительных линий в течение этого часа. Однако из-за случайного скопления того или иного числа вызовов, случайного характера продолжительности занятия линий для качественного обслуживания рассматриваемого потока их потребуется значительно больше. Из рассмотренного примера следует, что суммарное время обслуживания является немаловажной характеристикой. Суммарное время занятия соединительных путей коммутационной системы за определенный промежуток времени называют *телефонной нагрузкой*. Различают: поступающую, обслуженную и потерянную телефонные нагрузки.

Обслуженной телефонной нагрузкой $Y_0(t_1; t_2)$ за промежуток времени $[t_1; t_2]$ называется суммарное время занятия всех V соединительных путей коммутационной системы за этот промежуток времени. Таким образом,

$$Y_0(t_1; t_2) = \sum_{i=1}^V y_{0i}(t_1; t_2), \quad (3.13)$$

где $y_{0i}(t_1; t_2)$ — суммарное время занятия i -го ($1 \leq i \leq V$) соединительного пути коммутационной системы.

Поступающей телефонной нагрузкой $Y(t_1; t_2)$ за промежуток времени $[t_1; t_2]$ называется нагрузка, которая была бы обслужена, если бы каждому поступившему вызову был тотчас предоставлен один из соединительных путей коммутационной системы и соединение доведено до конца, т. е.

$$Y(t_1; t_2) = \sum_{i=1}^{V^*} y_i^*(t_1; t_2), \quad (3.14)$$

где $y_i^*(t_1; t_2)$ — суммарное время занятия i -го соединительного пути коммутационной системы без отказов. Здесь $V^* = \infty$, поскольку каждый поступивший вызов должен быть немедленно обслужен.

Потерянной телефонной нагрузкой $Y_n(t_1; t_2)$ за промежуток времени $[t_1; t_2]$ называется часть поступающей телефонной нагрузки, не обслуженная из-за отсутствия свободных соединительных путей в коммутационной системе, т. е.

$$Y_n(t_1; t_2) = Y(t_1; t_2) - Y_0(t_1; t_2). \quad (3.15)$$

Размерность телефонной нагрузки — время. Чтобы подчеркнуть, что величина нагрузки складывается из промежутков времени, соответствующих отдельным занятиям, за единицу измерения телефонной нагрузки принято *часо-занятие* (ч-зан.). Одно часо-занятие — это такая нагрузка, которая может быть обслужена одним соединительным устройством при его непрерывном занятии в течение одного часа. Телефонная нагрузка не является по времени величиной постоянной. Она изменяется по месяцам года, дням недели и часам суток. Чтобы коммутационное оборудование оказалось в состоянии обслужить нагрузку, расчет ее объема следует производить исходя из нагрузки в тот час, когда она является наибольшей. Непрерывный 60-минутный промежуток суток, в течение которого нагрузка максимальна, называется *часом наибольшей телефонной нагрузки (ЧНН)*.

Математическое ожидание нагрузки в единицу времени (обычно за час) называется *интенсивностью нагрузки*. Для стационарных потоков интенсивность нагрузки можно определить соответственно из выражений:

$$Y = h \sum_{i=1}^{\infty} iP_i^* \quad \text{и} \quad Y_0 = h \sum_{i=1}^{\infty} iP_i, \quad (3.16)$$

где h — среднее время одного занятия, а P_i, P_i^* — вероятности занятия i соединительных путей в коммутационной системе из их общего числа соответственно V и V^* ($V^* = \infty$).

За единицу измерения интенсивности телефонной нагрузки принят эрланг. Один Эрланг (Эрл) — это такая интенсивность нагрузки, при которой в течение одного часа будет обслужена нагрузка в одно часозанятие (1 Эрл=1 ч-зан./ч). Для упрощения расчетных формул среднее время одного занятия принимают за единицу времени, так называемую *условную единицу времени (усл. ед. вр.)*. В общем случае, как следует из выражений (3.16), интенсивность нагрузки, выраженная в эрлангах, равна среднему числу одновременных занятий в течение определенного промежутка времени (один час, усл. ед. вр.).

В заключение отметим, что поступающая и потерянная телефонные нагрузки являются абстрактными величинами, которые введены для удобства анализа и упрощения расчетных формул. Реальный физический смысл имеет лишь обслуженная телефонная нагрузка, поскольку лишь такой вид нагрузки можно учесть путем измерения на действующем оборудовании коммутационных систем.

3.9. Характеристики качества обслуживания

В системах телефонной коммутации находят применение две основные дисциплины обслуживания телефонных вызовов: *без потерь* и *с потерями телефонного сообщения*. При обслуживании без потерь всем поступившим вызовам немедленно предоставляется требуемое соединение. Реальные коммутационные системы в большинстве случаев по экономическим соображениям проектируются в режиме с потерями сообщения. Различают явные и условные потери телефонного сообщения.

Обслуживание с явными потерями телефонного сообщения предполагает, что вызов и связанное с ним сообщение при получении отказа в немедленном установлении соединения полностью теряются и больше на обслуживание не поступают. Обслуживание с условными потерями телефонного сообщения предполагает, что сообщение, поступающее в момент занятости соединительных путей коммутационной системы не пропадает, но задерживается обслуживание несущего это сообщение вызова. По способу обслуживания задержанных вызовов возможно подразделение на обслуживание с *ожиданием* и с *повторными вызовами*. При обслуживании с ожиданием задержанные вызовы ставятся в очередь и обслуживаются по мере освобождения соединительных путей («пассивное» ожидание). При обслуживании с повторными вызовами вызовы, поступившие в момент занятости соединительных путей, повторяются через случайные или фиксированные промежутки времени до получения требуемого соединения («активная» очередь).

Кроме перечисленных трех основных моделей обслуживания возможен ряд комбинированных способов обслуживания телефонных вызовов. Например, при обслуживании с ожиданием накладывают ограничение на количество ожидающих вызовов (длину очереди) или на время ожидания. При таком обслуживании, очевидно, часть вызовов будет обслуживаться с ожиданием, а остальные — с явными потерями или с повторными вызовами.

Для оценки качества обслуживания телефонных вызовов с явными потерями сообщения используют один из трех видов потерь сообщения: потери по вызовам p_v , потери по времени p_t и потери по нагрузке p_n . Потери сообщения являются случайной величиной. При расчетах обычно оперируют с их первыми моментами — вероятностью потерь.

Вероятность потерь по вызовам p_v есть отношение математических ожиданий числа потерянных и общего числа поступивших телефонных вызовов за рассматриваемый промежуток времени или для стационарных потоков — отношение их интенсивностей; иначе говоря, это доля вызовов, обслуживание которых заканчивается отказом в установлении соединения из-за отсутствия в этот момент на том или ином участке соединительного тракта свободного соединительного пути.

Вероятность потерь по времени p_t есть отношение промежутка времени, в течение которого телефонный вызов не может быть обслужен, к величине всего контролируемого промежутка времени. Другими словами, это вероятность занятия всех доступных данному источнику соединительных путей.

Вероятность потерь по нагрузке p_n есть отношение потерянной нагрузки к поступившей за рассматриваемый промежуток времени или отношение их интенсивностей для стационарных потоков.

Для оценки качества обслуживания телефонных вызовов с ожиданием чаще всего пользуются (обычно в совокупности) следующими характеристиками:

вероятностью ожидания поступившего вызова $P(>0)$, определяемой как отношение математи-

ческих ожиданий числа задержанных к общему числу поступивших вызовов за рассматриваемый промежуток времени или отношение их интенсивностей для стационарных потоков; очевидно, что $P(>0)=1-P(=0)$, где $P(=0)$ — вероятность обслуживания вызова без ожидания;

вероятностью условных потерь, под которой понимают вероятность ожидания $P(>t)$ свыше допустимого времени ожидания t для поступившего вызова, определяемую как отношение математических ожиданий числа задержанных вызовов свыше времени t к общему числу (поступивших вызовов за рассматриваемый промежуток времени или за единицу времени для стационарных потоков; другими словами, под условными потерями понимают долю вызовов, обслуженных с ожиданием свыше некоторого наперед заданного времени t ;

средним временем ожидания по отношению ко всем поступившим вызовам $\bar{\gamma}$ или по отношению только к задержанным вызовам $\bar{\gamma}_3$. Между $\bar{\gamma}$ и $\bar{\gamma}_3$ в случае стационарности потока справедливо соотношение $\bar{\gamma} = \bar{\gamma}_3 P(>0)$.

Для оценки качества обслуживания телефонных вызовов с повторными вызовами ограничимся следующими характеристиками: вероятностью потерь первичного вызова p , т. е. долей вызовов, не сразу получивших соединение; вероятностью повторного вызова n , т. е. долей повторных вызовов среди всех вызовов; средним числом повторных попыток Q , необходимых для того, чтобы получить одно установленное соединение.

Характеристики качества обслуживания в каждой конкретной задаче выбираются в соответствии с ее спецификой и в соответствии с оценкой степени важности или нежелательности тех или иных явлений. Например, модель обслуживания с учетом повторных вызовов математически более сложна и ее следует применять при расчете коммутационных систем со сравнительно высокими потерями сообщений, когда поток повторных вызовов велик. При малых потерях сообщений ($p_B \leq 0,03$) поток повторных вызовов незначителен и вполне удовлетворительные результаты можно получить, пренебрегая этим потоком.

Качество обслуживания телефонных вызовов может определяться как на отдельных участках соединительного тракта, так и для всей коммутационной системы в целом. Характеристики качества обслуживания P , допускаемые для соединительного тракта в целом, складываются из соответствующих характеристик потерь на каждом из S коммутационных участков P_i . При небольших значениях P_i ($P_i < 0,01$) считают, что

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_S. \quad (3.17)$$

В остальных случаях удовлетворительные результаты можно получить по формуле

$$P = 1 - \prod_{i=1}^S (1 - P_i). \quad (3.18)$$

Характеристики качества обслуживания влияют на пропускную способность коммутационной системы. Под пропускной способностью коммутационной системы понимают интенсивность обслуженной этой системой нагрузки при заданном качестве обслуживания.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КОММУТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

4.1. Однозвенные полноступные включения

Однозвенным включением называется такое включение, при котором вход и выход коммутационной системы соединяются через одну точку коммутации (коммутационный элемент). Коммутационная система может иметь различное число входов и выходов и различное число точек коммутации. Представленная на рис. 4.1а система на электромеханических искателях обеспечивает соединение

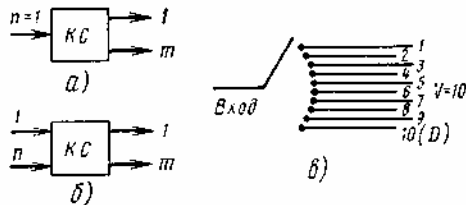


Рис. 4.1. Коммутационные системы на различное число входов и выходов

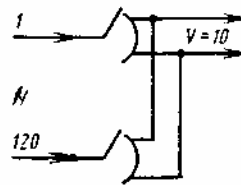


Рис. 4.2. Общий вид полноступного включения

одного входа ($n=1$) с любым из m выходов. Число выходов определяется емкостью контактного поля искателя. В технике автоматической коммутации нашли широкое применение коммутационные системы, состоящие из нескольких искателей или соединителей.

Такая схема имеет n входов и m выходов (рис. 4.1 б).

Ко входам коммутационной системы подключаются линии, от которых поступает телефонная нагрузка, и поэтому они называются *источниками нагрузки*. К выходам коммутационного устройства подключаются линии, которым передается нагрузка. Совокупность линий, доступных определенной группе источников нагрузки, называется *пучком линий*.

Полноступное включение характеризуется тем, что любая линия пучка, включенная в выходы коммутационной системы, доступна любому источнику нагрузки, включенному во входы коммутационной системы. При использовании электромеханических искателей, как правило, источники нагрузки подключаются к щеткам искателей, а линии пучка — к контактам поля искателей. При таком включении каждый источник нагрузки имеет возможность подключиться к любой линии пучка. На рис. 4.1в показана схема полноступного включения, в которой в качестве коммутационного прибора используется искатель ШИ-11. В этой схеме число входов равно единице ($n=1$), а число выходов — десяти ($m=10$), т. е. *доступность* ее (D) равна доступности одного коммутационного прибора. Если применяется искатель с двумя движениями, например ДШИ, то для случая, когда все 100 выходов тьюля ДШИ образуют один пучок линий, доступность будет $D=100$. Очень часто ДШИ используется для установления соединений в режиме группового искания, когда в контакты поля каждой декады включаются линии пучка определенного направления. В этом случае доступность будет равна числу контактов поля, в которые включены линии определенного направления. С помощью ДШИ можно образовать 10 направлений $H=10$ с доступностью в каждом направлении $D=10$.

Полноступное включение, при котором каждый из 120 источников нагрузки ($N=120$) может

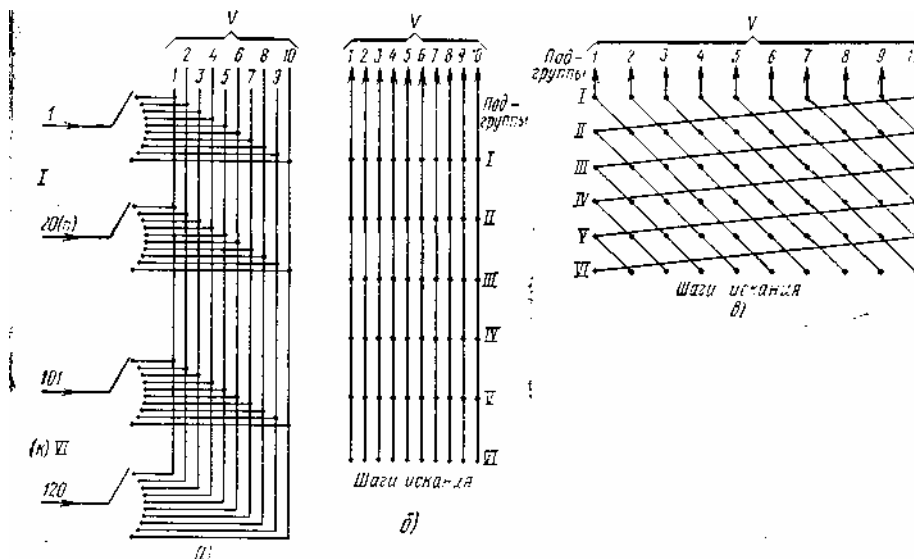


Рис. 4.3. Полноступное включение пучка линий на 120 входов и 10 выходов: а и б — прямое; в — сдвинутое

подключиться к любой линии пучка ($V=10$), показано на рис. 4.2. Для построения такой коммутационной системы используются 120 искателей ШИ-11. Источники нагрузки подключаются к щеткам этих искателей. Одноименные контакты поля искателей соединяются между собой (запараллеливаются) и к ним подключаются 10 выходов. Обычно, прежде чем произвести общее запараллеливание выходов искателя, вся группа источников нагрузки разбивается на несколько подгрупп. Искате-

ли, конструктивно связанные между собой (расположенные на одной плате, стative), входят в одну подгруппу. На рис. 4.3 а и б показаны примеры разбивки 120 входов на шесть подгрупп ($K = 6$), в каждую из которых включены 20 источников нагрузки ($n = 20$). В пределах каждой подгруппы заранее запараллеливаются одноимённые контакты поля искателей. Если нужно образовать полнодоступное включение, общее для всех источников нагрузки ($N=120$), то соединяются между собой одноименные контакты поля искателей всех подгрупп. Включение, показанное на рис. 4.3а и б, называется *прямым полнодоступным включением*.

При использовании искателей с исходным положением щеток занятие линий пучка всегда начинается с первого контакта. В этом случае вызовы во всех подгруппах в первую очередь поступают на первую линию пучка; вызовы, которые не могут быть обслужены первой линией, поступают на вторую и т. д. При таком включении нагрузка от источников распределится между линиями пучка неравномерно, что в свою очередь приводит к неравномерному использованию линий пучка. Для более равномерного распределения нагрузки применяют сдвинутое полнодоступное включение (рис. 4.3в), при котором линии пучка включаются в разные по счету контакты поля искателей разных подгрупп. Например, первая линия пучка включается в первый контакт поля искателей первой подгруппы, во второй контакт поля искателей второй подгруппы и т. д. Таким образом, в случае возникновения вызова в первой подгруппе в первую очередь займется первая линия пучка, во второй подгруппе — десятая линия пучка, в третьей подгруппе — девятая линия пучка и т. д. Сдвинутое полнодоступное включение исключает недостатки прямого полнодоступного включения.

Однозвенная полнодоступная коммутационная схема может быть также построена с использованием МКС. Запараллеливая одноименные выходы поля вертикальных блоков одного или нескольких МКС, можно получить полнодоступную схему с n входами и m выходами. В качестве примера на рис. 4.4а показана схема полнодоступного включения с $n = 20$ и $m=10$, построенная на МКС 20×10 . Как видно из рисунка, 10 выходов образуются вследствие запараллеливания одноименных контактов вертикальных блоков. Схемы, содержащие n входов и m выходов и способные в любом состоянии соединить любой вход с любым свободным выходом с помощью одной точки коммутации, называются *коммутаторами*.

Последние могут быть образованы запараллеливанием одноименных контактов поля любого числа вертикальных блоков как в пределах одного МКС, так и разных МКС. На рис. 4.4 приведена схема образования 10 коммутаторов на основе МКС 20×10 . Каждый коммутатор содержит два вертикальных блока с общим полем и обеспечивает возможность подключения каждого из двух входов к любому из десяти выходов. Указанная схема приведена в упрощенном изображении (рис. 4.4б), координатном (рис. 4.4в) и символическом (рис. 4.4г).

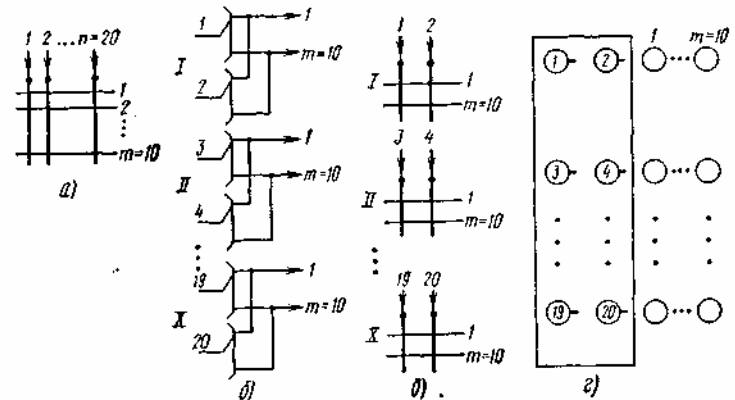


Рис. 4.4. Принцип образования коммутаторов с помощью МКС 20×10

4.2. Расчет однозвенных полно доступных включений

Общие замечания. Расчет коммутационной системы начинается с построения математической модели, которая в достаточной степени отражает процессы функционирования исследуемой системы. Далее проводится анализ теоретической модели. В результате появляется возможность определения характеристик качества обслуживания коммутационной системы или емкости пучка ее линий или других параметров коммутационной системы. В случае однозвенного полнодоступного включения для построения теоретической модели необходимы сведения: о емкости пучка линий, характере поступающего потока вызовов, дисциплине (режиме), длительности и очередности обслуживания поступающих телефонных вызовов.

Обслуживание потока вызовов от ограниченного числа источников в режиме с явными потерями. Рассмотрим математическую модель, представленную на рис. 4.5. При работе в режиме с явными потерями полнодоступный пучок емкостью V линий ($1 \leq V \leq \infty$) обслуживает поток телефонных вызовов от ограниченного числа N источников ВОЧИ ($V \leq N \leq \infty$) с параметром $\lambda_i = \alpha(N-i)$. Время обслуживания одного занятия — случайная величина, определяемая отрицательным экспоненциальным распределением (3.1). За единицу измерения времени примем условную единицу — среднее время обслуживания h

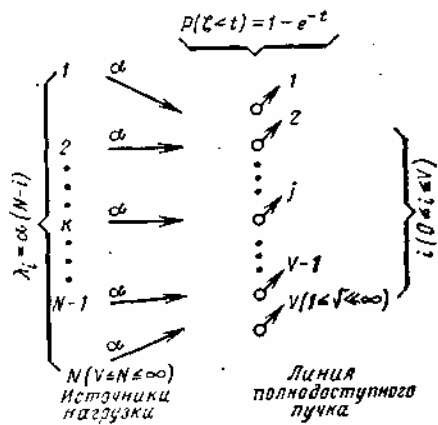


Рис. 4.5. Модель обслуживания с явными потерями сообщения потока от ограниченного числа источников (потока ВОЧИ) полностью доступным включением (ПДВ)

(усл. ед. вр.).

Процесс обслуживания вызовов (т. е. поступление вызовов, занятие линий неполностью доступного пучка на время обслуживания вызовов, освобождение этих линий после окончания обслуживания) можно описать, указав состояния, в которых может находиться рассматриваемая модель в различные моменты времени t . При полностью доступном включении ПДВ каждое из таких состояний модели полностью определяется числом занятых i линий ($0 \leq i \leq V$). Обозначим через $P_i(t)$ вероятность пребывания модели в момент времени t в состоянии с i занятыми линиями ПДВ. Тогда в предшествующий момент времени $(t - \Delta t)$ она могла находиться в одном из следующих состояний, определяемых вероятностями:

- 1) $P_{i-1}(t - \Delta t)$, если за время Δt поступил один новый вызов и ни одна из $(i-1)$ занятых линий не освободилась;
- 2) $P_{i+1}(t - \Delta t)$, если за время Δt освободилась одна линия и не поступило ни одного нового вызова;
- 3) $P_i(t - \Delta t)$, если за время Δt не произошло никаких изменений.

Кроме того, состояние пучка с i занятыми линиями в момент t может быть получено из любого другого состояния пучка в момент $(t - \Delta t)$ за счет того, что в промежутке Δt будут происходить многократные изменения (возникновение и окончание занятий). Вероятность таких переходов в силу одинарности потока ВОЧИ и потока освобождений² имеет порядок $\alpha(\Delta t)$. Поскольку вероятности возникновения и окончания занятий в промежутке времени Δt не зависят от состояния модели, обозначим через $P_{i-1,i}(\Delta t)$, $P_{i+1,i}(\Delta t)$ и $P_{i,i}(\Delta t)$ вероятности перехода за промежуток времени Δt из состояний с $(i-1)$, $(i+1)$ и (i) занятыми линиями ПДВ. в состояние с i занятыми линиями. Пользуясь формулой полной вероятности, можно записать

$$P_i(t) = P_{i-1}(t - \Delta t)P_{i-1,i}(\Delta t) + P_{i+1}(t - \Delta t)P_{i+1,i}(\Delta t) + P_i(t - \Delta t)P_{i,i}(\Delta t) + o(\Delta t).$$

В результате решения этой системы при $t \rightarrow \infty$, когда вероятности состояний $P_i(t)$ стремятся к пределу P_i , не зависящему от начального распределения $P_i(0)$ (состояние установившегося статистического равновесия), получим рекуррентное уравнение

$$(i+1)P_i = \lambda_i P_{i-1}. \quad (4.1)$$

Из этого уравнения, задаваясь последовательными значениями $i=0, 1, \dots, V-1$, получаем

$$P_i = \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{i-1}}{i!} P_0. \quad (4.2)$$

Для вычисления вероятности P_0 выполним последовательную подстановку значений P_i в уравнение нормировки $\sum_{i=0}^V P_i = 1$. В итоге

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{x=0}^V \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{x-1}}{x!}}.$$

Подставляя найденное значение в (4.2), имеем

$$P_i = \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{i-1}}{i!} \frac{1}{\sum_{x=0}^V \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{x-1}}{x!}}. \quad (4.3)$$

² Поток освобождений называется последовательность моментов окончания обслуживания телефонных вызовов. Если случайное время обслуживания определяется распределением (3.1), то поток освобождений является одинарным потоком.

Так как параметр поступающего потока вызовов $\lambda_i = \alpha(N - i)$, то в (4.3) можно подставить значения $\lambda_0 = \alpha N$, $\lambda_1 = \alpha(N - 1)$ и т.д.

Тогда

$$P_i = \frac{\alpha^i C_N^i}{\sum_{x=0}^V \alpha^x C_N^x}, \quad (4.4)$$

где C_N^i – число сочетаний из N по i . Выражение (4.4), известное в литературе как *формула Энгеста*, позволяет определить вероятность занятости ровно i ($0 \leq i \leq V$) линий ПДВ при обслуживании с явными потерями потока вызовов от N источников телефонной нагрузки ($V \leq N \leq \infty$) – потока ВОЧИ.

Расчет вероятности явных потерь при обслуживании простейшего потока вызовов. Переходя к пределу при $N \rightarrow \infty$ в (4.3) и учитывая предельное свойство потока ВОЧИ $\lim_{N \rightarrow \infty} \lambda_i = \lambda$, имеем

$$P_i = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{\frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{V-1}}{i!}}{\sum_{x=0}^V \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{x-1}}{x!}} = \frac{\frac{\lambda^i}{i!}}{\sum_{x=0}^V \frac{\lambda^x}{x!}}. \quad (4.5)$$

Это выражение представляет собой *распределение Эрланга*. Перейдем к определению характеристик качества обслуживания простейшего потока вызовов.

Вероятность потерь по времени определяется выражением, которое получают непосредственно из (4.5) подстановкой $i = V$:

$$p_i = P_V = \frac{\frac{\lambda^V}{V!}}{\sum_{x=0}^V \frac{\lambda^x}{x!}}. \quad (4.6)$$

Эта формула называется *первой формулой Эрланга*.

Вероятность потерь по вызовам согласно определению p_B (см. § 3.6) для стационарного потока получаем из выражения

$$p_B = \frac{\mu_{\Pi}}{\mu} = \frac{\lambda_{\Pi}}{\lambda} = \frac{\lambda P_V}{\lambda} = P_V, \quad (4.7)$$

где μ и μ_{Π} — интенсивность поступающего и потерянного потоков вызовов.

Вероятность потерь по нагрузке можно определить из соотношения между поступающей и обслуженной нагрузками, а для стационарного потока — из соотношения их интенсивностей Y и Y_0 . Интенсивность поступающей нагрузки найдем по (3.16) при значении h , принятом за единицу времени:

$$Y = \sum_{i=1}^{\infty} i P_i^* = \sum_{i=1}^{\infty} i \frac{\lambda^i}{i!} e^{-\lambda} = \lambda e^{-\lambda} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\lambda^{i-1}}{(i-1)!} = \lambda e^{-\lambda} e^{\lambda} = \lambda, \quad (4.8)$$

где P_i^* — вероятность занятия i линий ПДВ в модели без потерь сообщения. Из этого уравнения, в частности, следует, что число вызовов простейшего потока, поступающих за среднее время одного занятия (усл. ед. вр.), численно равно интенсивности поступающей нагрузки, выраженной в эрлангах, т. е. для простейшего потока справедливо численное тождество

$$\lambda = Y. \quad (4.9)$$

Аналогично определим интенсивность обслуженной нагрузки

$$Y_0 = \sum_{i=1}^V iP_i = \sum_{i=1}^V i \frac{\lambda^i}{i!} = \lambda \frac{\left[\sum_{i=1}^V \frac{\lambda^{i-1}}{(i-1)!} + \frac{\lambda^V}{V!} \right] - \frac{\lambda^V}{V!}}{\sum_{x=0}^V \frac{\lambda^x}{x!}} = \lambda(1 - P_V). \quad (4.10)$$

Теперь определим потери сообщения по нагрузке:

$$p_n = \frac{Y_n}{Y} = \frac{Y - Y_0}{Y} = \frac{\lambda - \lambda(1 - P_V)}{\lambda} = P_V. \quad (4.11)$$

Из сравнения трех характеристик потерь сообщения (4.6), (4.7) и (4.11) следует, что: $p_t = p_b = p_n = P_V = p$, т. е. вероятности потерь вычисляются по первой формуле Эрланга (4.6), обычно представляемой в символической форме

$$p = E_V(\lambda) \text{ или } p = E_V(Y). \quad (4.12)$$

Первая формула Эрланга (4.6) табулирована для ПДВ емкостью от 0,01 до 200 Эрл [6]. Вероятности $p = E_V(Y)$ для V от 1 до 20 линий (приборов) приведены в табл. 4.1.

Расчет вероятности явных потерь при обслуживании телефонного потока ВОЧИ. Для оценки качества обслуживания, потока ВОЧИ полнодоступным пучком линий необходимо определить вероятности потерь по времени, вызовам и нагрузке.

Вероятность потерь по времени при $i = V$ определяется из уравнения Энгсета (4.4)

$$p_t = P_V = \frac{\alpha C_N^V}{\sum_{x=0}^V \alpha^x C_N^x}. \quad (4.13)$$

Нагрузка, Эрл	Количество приборов (линий)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,0	500000	200000	062500	015385	003067	000511	000073	000009	000001	000000
2,0	666667	400000	210526	095238	036697	012085	003441	000859	000191	000038
3,0	750000	529142	346154	206107	110054	052157	021864	008132	002703	000810
4,0	800000	615385	450704	310680	199067	117162	062749	030420	013340	005308
5,0	833333	675676	529661	398343	284868	191847	120519	070048	037458	018385
6,0	857143	720000	590164	469565	364400	264922	185055	121876	075145	043142
7,0	875000	753846	637546	527345	424719	331330	284871	178822	122101	078741
8,0	888889	780488	675462	574635	479003	389752	308165	235570	173141	121661
9,0	900000	801980	706395	613809	524908	440516	361584	289158	224300	167963
10,0	909091	819672	732064	646663	563952	485515	409041	338318	273208	214582
11,0	916667	834483	753681	674545	597423	522736	450984	382756	318714	259580
12,0	923077	847059	772118	698464	626352	556089	488045	422655	360426	301925
Продолжение										
Нагрузка, Эрл	Количество приборов (линий)									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	000007	000001	000000	000000	—	—	—	—	—	—
3,0	000221	000055	000013	000003	000001	000000	—	—	—	—
4,0	001926	000642	000197	000056	000015	000004	000001	000000	—	—
5,0	008287	003441	001322	000472	000157	000049	000014	000004	000001	—
6,0	022991	011365	005218	002231	000892	000334	000118	000039	000012	000004
7,0	047717	027081	014373	007135	003319	001450	000597	000232	000085	000030
8,0	081288	051406	030665	017221	009101	004350	002127	000945	000398	000159

9,0	120821	083087	054393	033785	019868	011052	005817	002900	001372	000617
10,0	163232	119739	084339	056819	036497	022302	012949	007142	003745	001869
11,0	206085	158894	118515	085186	058797	038882	024523	014765	008476	004640
12,0	247766	198567	154901	117210	085729	060413	040909	026543	016488	009697

Вероятность потерь по вызовам с учетом свойства одинарности потока ВОЧИ p_B определяется как отношение математических ожиданий соответствующих потоков: $\lambda_{II} = \lambda_V P_V$ и $\lambda = \sum_{i=0}^V \lambda_i P_i$.

Опуская промежуточные преобразования, получим

$$p_B = \frac{\lambda_V P_V}{\sum_{i=0}^V \lambda_i P_i} = \frac{\alpha(N-V) \frac{\alpha^V C_N^V}{\sum_{x=0}^V \alpha^x C_N^x}}{\sum_{i=0}^V \alpha(N-i) \frac{\alpha^i C_N^i}{\sum_{x=0}^V \alpha^x C_N^x}}; \quad p_B = \frac{\alpha^V C_{N-1}^V}{\sum_{x=0}^V \alpha^x C_{N-1}^x}. \quad (4.14)$$

Вероятность потерь по нагрузке рассчитывается после определения распределения P_i^* , соответствующего модели обслуживания без потерь потока ВОЧИ. Как очевидно, потерь не будет при $V^* = N$. Учитывая это условие, после несложных преобразований приведем (4.4) к виду

$$P_i^* = C_N^i \left(\frac{\alpha}{1+\alpha} \right)^i \left(1 - \frac{\alpha}{1+\alpha} \right)^{N-i}. \quad (4.15)$$

Опуская промежуточные преобразования, определим интенсивность поступающей нагрузки за условную единицу времени

$$Y = \sum_{i=1}^{V^*=N} iP_i^* = \sum_{i=1}^N i C_N^i \left(\frac{\alpha}{1+\alpha} \right)^i \left(1 - \frac{\alpha}{1+\alpha} \right)^{N-i}; \quad Y = N \frac{\alpha}{1+\alpha}. \quad (4.16)$$

Аналогично найдем интенсивность обслуженной нагрузки

$$Y_0 = \sum_{i=1}^V iP_i = \sum_{i=1}^V i \frac{\alpha^i C_N^i}{\sum_{x=0}^V \alpha^x C_N^x} \quad \text{и} \quad Y_0 = N \frac{\alpha(1-p_B)}{1+\alpha(1-p_B)}. \quad (4.17)$$

С учетом уравнений (4.14) и (4.15) определим вероятность потерь по нагрузке

$$p_n = \frac{Y_{II}}{Y} = 1 - \frac{Y_0}{Y} = 1 - \frac{N \cdot \frac{\alpha(1-p_B)}{1+\alpha(1-p_B)}}{N \frac{\alpha}{1+\alpha}} \quad \text{и} \quad p_n = \frac{\alpha^V C_{N-1}^V}{\sum_{x=0}^V \alpha^x C_N^x}. \quad (4.18)$$

Сопоставляя значения вероятностей потерь (4.13), (4.14) и (4.18), получим:

$$p_n = \frac{N-V}{N} p_i; \quad p_n = \frac{N-Y}{N} p_B; \quad p_B = \frac{N-V}{N-Y} p_i. \quad (4.19)$$

Отсюда следует, что при обслуживании потока телефонных вызовов от ограниченного числа источников вероятности потерь сообщения не равны между собой и тем больше отличаются друг от друга, чем меньше количество источников вызовов N , причем $p_n < p_B < p_i$.

Вероятности потерь по вызовам $p_B = f(N, V, \alpha)$ при фиксированном числе источников $N=10, 20, 30$ и 50 и значениях параметра $\alpha = 0,05; 0,010; 0,15$ и $0,20$ Эрл приведены в табл. 4.2. Табулированные в широких пределах вероятности потерь p_B приведены в [19].

Расчет вероятности условных потерь и среднего времени ожидания при случайной длительности обслуживания. Предположим, что полнодоступный пучок емкостью V линий обслуживает простейший поток вызовов (рис. 4.6). Время обслуживания одного вызова – случайная показательная – распределительная величина (3.1) со средним значением h , принятым за единицу времени. Поэтому для

параметра простейшего потока λ , принята размерность: число вызовов за условную единицу времени. При занятости всех V линий поступающие вызовы ставят в очередь, где они ждут обслуживания [имеется m мест ожидания ($1 \leq m \leq \infty$)], которое выполняется по мере освобождения линий ПДВ. Чтобы все вызовы дождались обслуживания, на величину параметра накладывается ограничение $\lambda < V$, так как при $\lambda \geq V$ постоянно будут заняты все V линий и очередь необслуженных вызовов будет прогрессивно расти.

Таблица 4.2. Вероятность потерь по вызовам $p_b = f(N, V, \alpha)$

U	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,10$	$\alpha=0,15$	$\alpha=0,20$
N=10				
1	1,3104	0,4737	0,5745	0,6429
2	0,05844	0,1593	0,2563	0,3396
3	0,006772	0,03584	0,01823	0,1368
4	0,0005076	0,005347	0,004086	0,03945
N = 20				
1	0,4872	0,6552	0,7403	0,7917
2	0,1798	0,3709	0,4998	0,5876
3	0,04848	0,1737	0,2982	0,3997
4	0,009602	0,06496	0,1518	0,2423
5	0,001438	0,01912	0,06393	0,1269
6	0,0001677	0,004441	0,02189	0,05591
N = 30				
1	0,5918	0,7436	0,8131	0,8530
2	0,2929	0,5101	0,6307	0,7049
3	0,1165	0,3146	0,4599	0,5592
4	0,03647	0,1698	0,3096	0,4210
5	0,009036	0,07824	0,1884	0,2963
6	0,001804	0,03035	0,1016	0,1916
7	0,0002963	0,009874	0,04768	0,1118
8	0,00004073	0,002708	0,01929	0,05794
N = 50				
1	0,7102	0,8305	0,8802	0,9074
2	0,4601	0,6659	0,7601	0,8133
3	0,2649	0,5106	0,6411	0,7182
4	0,1322	0,3700	0,5251	0,6229
5	0,5615	0,2498	0,4148	0,5286
6	0,02017	0,1548	0,3133	0,4367
7	0,006158	0,08685	0,2240	0,3492
8	0,001614	0,04361	0,1500	0,2683
9	0,0003675	0,01948	0,09294	0,1964
10	0,00007349	0,007731	0,05282	0,1358

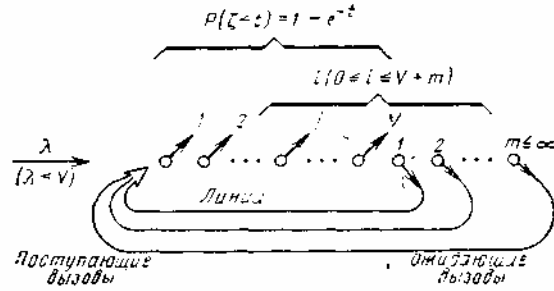
Обозначим вероятность состояния модели, при котором в момент t находятся на обслуживании и ожидают в очереди i вызовов ($0 \leq i \leq V+m$) через $P_i(t)$. При $t \rightarrow \infty$ устанавливается состояние статистического равновесия и вероятности $P_i(t)$ стремятся к постоянному пределу P_i и не зависят от начального распределения $P_i(0)$. Распределение этих вероятностей определяется вторым уравнением Эрланга (вывод уравнения см., например, [18])

$$P_i = \begin{cases} \frac{\lambda^i}{i!} P_0 & \text{при } i \leq V; \\ \left(\frac{\lambda}{V}\right)^{i-V} \frac{\lambda^V}{V!} P_0 & \text{при } i > V, \end{cases} \quad (4.20)$$

где $P_0 = \frac{1}{\sum_{x=0}^{V-1} \frac{\lambda^x}{x!} + \frac{\lambda^V}{V!} \frac{V}{V-\lambda}}$.

Определим для рассматриваемой модели основные характеристики качества обслуживания. Ожидание обслуживания может возникать только в случае занятости всех V линий ПДВ. Поэтому вероятность ожидания $P(>0)$ для поступившего вызова

Рис. 4.6. Модель обслуживания с ожиданием простейшего потока вызовов



$$P(> 0) = P_V + P_{V+1} + P_{V+2} + \dots = \sum_{i=V}^{\infty} P_i.$$

С учетом значений P_i определяемых из (4.20), и свойств суммы членов бесконечной убывающей геометрической прогрессии $\sum_{x=0}^{\infty} (\lambda x/x!) = 1/(1 - \lambda/V) = V/(V - \lambda)$, поскольку $\lambda/V < 1$, имеем

$$P(> 0) = \sum_{i=V}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{V}\right)^{i-V} \frac{\lambda^V}{V!} P_0 = \frac{\lambda^V}{V!} P_0 \sum_{i=V}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{V}\right)^{i-V} \quad \text{и} \quad P(> 0) = \frac{\frac{\lambda^V}{V!} \frac{V}{V-\lambda}}{\sum_{x=0}^{V-1} \frac{\lambda^x}{x!} + \frac{\lambda^x}{V!} \cdot \frac{V}{V-\lambda}}. \quad (4.21)$$

Это выражение называется *второй формулой Эрланга*. Если числитель и знаменатель формулы (4.21) разделить на $\sum_{x=0}^V \frac{\lambda^x}{x!}$, то после несложных преобразований можно получить более удобную для практических расчетов формулу

$$P(> 0) = \frac{V}{\frac{V-\lambda}{E_V(\lambda)} + \lambda}. \quad (4.22)$$

Вероятность условных потерь $P(> t)$ определяется дисциплиной очереди. Различают *упорядоченную и неупорядоченную очереди*. При упорядоченной очереди вызовы обслуживаются в порядке их поступления. При неупорядоченной очереди действует случайный выбор на обслуживание (все вызовы имеют одинаковую вероятность быть выбранными на обслуживание). Вероятность условных потерь (т. е. вероятность ожидания обслуживания более допустимого времени) при упорядоченной очереди определяется из уравнения (см. вывод, например, [18])

$$P(> t) = P(> 0)e^{-(V-\lambda)t}, \quad (4.23)$$

где $P(> 0)$ — вероятность, определяемая из уравнения (4.22), а t — допустимое время ожидания, представленное в условных единицах времени.

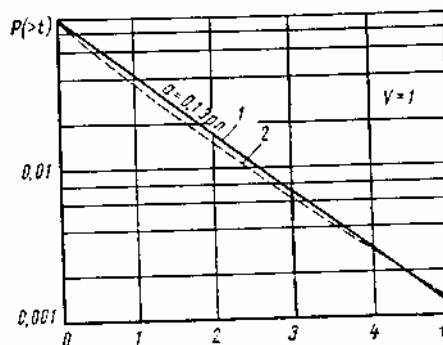


Рис. 4.7. Распределение времени ожидания $P(> t)$ в упорядоченной (кривая 1) и неупорядоченной (кривая 2) очередях при экспоненциальном распределении длительности обслуживания

При неупорядоченной очереди вероятность $P(> t)$ зависит не только от числа ожидающих вызовов в момент поступления рассматриваемого вызова, но и от количества вызовов, поступающих потом в течение времени ожидания, что приводит к громоздким аналитическим

4.7 приведены для сравнения кривые распределения времени ожидания вызовов при упорядоченной и неупорядоченной очередях.

Среднее время ожидания обслуживания не зависит от дисциплины очереди и в условных единицах времени определяется из выражений:

$$\bar{\gamma} = \frac{P(>0)}{V-\lambda} \quad \text{и} \quad \bar{\gamma}_3 = \frac{1}{V-\lambda}. \quad (4.24)$$

Расчет вероятности условных потерь и среднего времени ожидания при постоянной длительности обслуживания. Рассматриваемая модель отличается от предыдущей временем обслуживания, которое в этом случае предполагается постоянной величиной. Постоянное время обслуживания, в отличие от экспоненциального распределения длительности занятия (3.1), не обладает свойством отсутствия последствия. Поэтому при определении распределения вероятностей $P(>t)$ необходимо учитывать не только количество вызовов, находящихся на обслуживании, но и моменты окончания каждого из них; это приводит к громоздким и неудобным для вычисления аналитическим выражениям, которые поэтому заменяют семейством соответствующих кривых.

При неупорядоченной очереди (случайном выборе на обслуживание) и однолинейной модели ($V=1$) обычно пользуются кривыми Бёрке (рис. 4.8а), а при упорядоченной очереди — кривыми Кроммелина (рис. 4.8б). При постоянной длительности обслуживания средняя длительность ожидания обслуживания по отношению к задержанным вызовам меньше времени ожидания при случайной длительности обслуживания и определяется по формуле

$$\bar{\gamma}_3 = \frac{1}{2(V-\lambda)}. \quad (4.25)$$

Пример 4.1. При обслуживании с явными потерями с вероятностью потерь по вызовам $p_B \leq 10\%$ определить количество линий (приборов) однозвенного ПДВ, если поток телефонных вызовов от $N=100$ абонентских линий имеет в ЧНН интенсивность 180 выз/ч, среднее время обслуживания одного занятия составляет $h=100$ с. Вычислить нагрузку, обслуженную этим ПДВ.

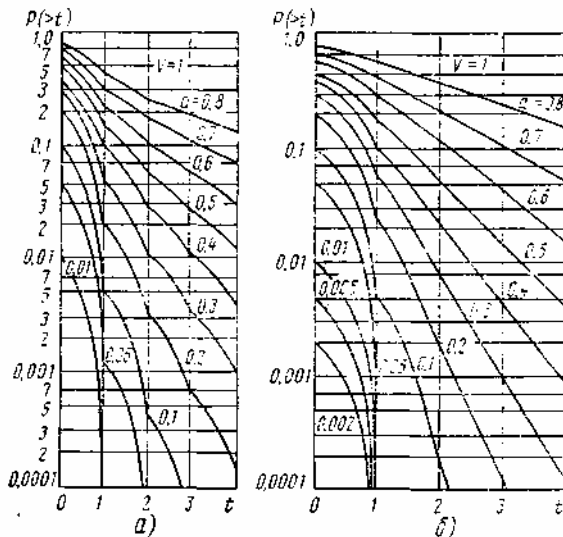


Рис. 4.8. Распределение времени ожидания $P(>t)$ при постоянной длительности обслуживания однолинейным коммутационным устройством ($V=1$): а — в неупорядоченной очереди; б — в упорядоченной очереди

Решение. Поскольку телефонные вызовы поступают случайно и число создающих их источников $N=100$, можно предположить, что характеристики потока вызовов близки к характеристикам простейшего потока вызовов. Поэтому при решении задачи можно использовать модель простейшего потока с параметром $\lambda=\mu=180$ выз/ч. Принимая среднее время одного заня-

тия $h=100$ с за условную единицу времени, имеем $\lambda=(180/3600) \times 100=5$ выз/усл.ед. вр.

Обслуживанию простейшего потока ПДВ в режиме с явными потерями соответствует модель, рассчитываемая по первой формуле Эрланга. Учитывая, что вероятность потерь по вызовам $p_B=p_r=p_n=p$, и подставляя значения $p=0,010$ и $\lambda=5$ выз/усл. ед. вр. в (4.3), получим

$$0,010 \geq \frac{5^V}{V!} \left(1 + 5 + \frac{5^2}{2!} + \frac{5^3}{3!} + \dots + \frac{5^V}{V!} \right)^{-1}$$

или в символической записи $0,010 \geq E_V(5)$.

Для решения уравнения используем табл. 4.1. Поскольку при $V'=10$ потери составляют $p'=E_{10}(5)=0,018385$, а при $V''=11$ они равны $p''=E_{11}(5)=0,008287$, то в соответствии с условием потребуется $V=11$ приборов. Воспользовавшись (4.11) и учитывая, что $Y=\lambda=5$, определим обслуженную нагрузку

$$Y_0 = Y(1 - P_V) = Y[1 - E_V(Y)] = 5[1 - E_{11}(5)] = 4,96 \text{ Эрл.}$$

Пример 4.2. Определить емкость полностью доступного пучка линий при обслуживании с явными потерями с вероятностью потерь по вызовам $p_B \leq 0,010$, если обслуженная им телефонная нагрузка, создаваемая $N=50$ источниками, составляет $Y_0=2,36$ Эрл.

Решение. Поскольку число источников телефонной нагрузки $N < 100$, а вызовы поступают случайно, то в качестве модели потока вызовов можно принять поток вызовов ВОЧИ. Определим интенсивность одного источника в единицу свободного времени. Для этого воспользуемся формулой (4.17), предварительно решив ее относительно α и подставляя значения Y_0 , N и p_B :

$$\alpha = \frac{Y_0}{(N - Y_0)(1 - p_B)} = \frac{2,36}{(50 - 2,36)(1 - 0,010)} = 0,050 \text{ выз./ усл. ед. вр.}$$

Моделью обслуживания ПДВ потока ВОЧИ в режиме с явными потерями является формула Энгста (4.14). Подставляя в нее значения $N=50$, $\alpha=0,05$ и $p_B=0,10$, имеем

$$0,010 \geq \frac{0,05^V C_{49}^V}{\sum_{x=0}^V 0,05^x C_{49}^x}$$

Для решения уравнения воспользуемся табл. 4.2. Так, имеем

$$p'_B = f(N = 50; V' = 6; \alpha = 0,05) = 0,02017;$$

$$p''_B = f(N = 50; V'' = 7; \alpha = 0,05) = 0,006158.$$

Отсюда следует, что емкость ПДВ составляет семь линий.

Пример 4.3. Определить условные потери, долю вызовов, обслуживаемых с ожиданием, и среднее время ожидания обслуживания, если создаваемая 1200 источниками вызовов телефонная нагрузка $Y=0,6$ Эрл обслуживается однолинейным устройством при случайном выборе вызова из очереди и постоянной длительности обслуживания $h=25$ мс. Допустимое время ожидания составляет $t_{\text{доп}}=100$ мс.

Решение. Условия задачи соответствует математическая модель Бёрке. По кривой (рис. 4.8) при $a=Y/V=0,6/1=0,6$ Эрл для значений $t=0$ и $t=t_{\text{доп}}/h=100/25=4$ усл. ед. вр. определяем: $P(>0)=0,600$, или 60% всех вызовов обслуживаются с ожиданием, $P(>t=4 \text{ усл. ед. вр.})=0,030$, или 3% всех вызовов обслуживаются с временем ожидания больше 100 мс, и $P(>0) - P(>4)=0,60 - 0,03=57\%$ всех вызовов обслуживаются с временем ожидания меньше 100 мс. Среднее время ожидания обслуживания задержанных вызовов (4.25) составляет

$$\bar{\gamma}_3 = \frac{h}{2(V - \lambda)} = \frac{25}{2(1 - 0,6)} = 31,2 \text{ мс.}$$

4.3. Однозвенные неполнодоступные включения

При использовании искателей с исходным положением щеток поиск свободной линии пучка всегда начинается с линий, включенных в первые контакты поля искателей. Это ведет к неравномерному использованию линий, включенных в поле искателей, так как линии, включенные в первые контакты поля, занимают чаще и обслуживают вызовов больше, чем линии, включаемые в последние контакты искателей. Таким образом, линии, включенные в последние контакты искателей, используются мало. Для увеличения использования этих линий можно применить такую схему их включения, чтобы к ним могли поступать вызовы от большей группы источников, чем к линиям, включенным в первые контакты искателей.

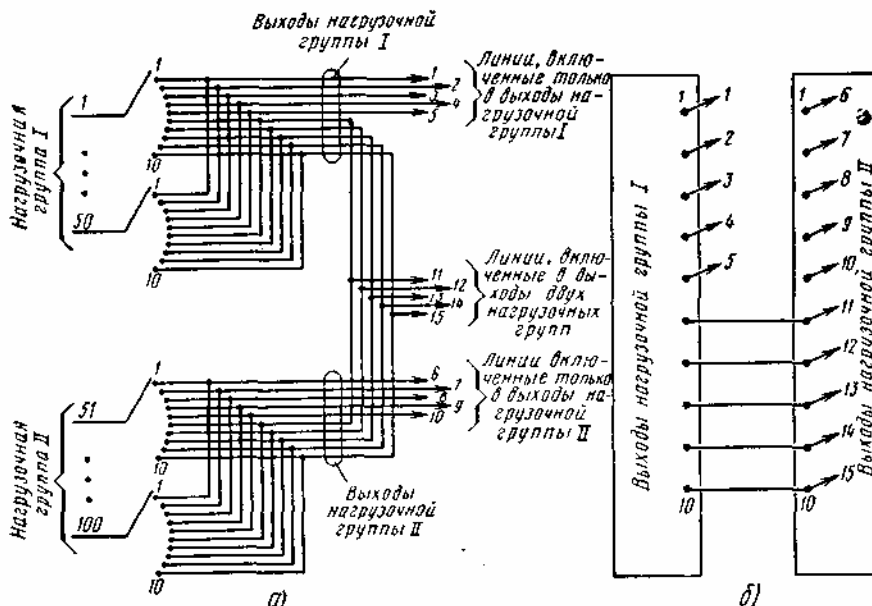


Рис. 4.9. Принцип построения неполнодоступного включения

В качестве примера на рис. 4.9а приведена схема включения пучка из $V=15$ линий в выходы ста искателей. Вся сотенная группа источников разбивается на две подгруппы, в каждой из которых запараллеливают одноименные контакты толя искателей. Первые пять выходов в каждой подгруппе образуют самостоятельные пучки из пяти линий, доступных только источникам своей подгруппы, а пять последних контактов поля всех ста искателей запараллеливаются и образуют один общий пучок из пяти линий, доступный всем ста источ-

никам нагрузки. В результате пятнадцать линий окажутся включенными таким образом, что каждый из искателей может подключиться только к 10 из них. Например, любой из первых пятидесяти искателей может подключиться к линиям с номерами от 1 до 5 и от 11 до 15, любой из искателей второй подгруппы к линиям с 6 по 15. При этом на линии с 1 по 10 поступают вызовы только от пятидесяти источников нагрузки, а на линии с 11 по 15 — от всех ста. В результате использование линий, включенных в последние контакты поля искателей (линий с 11 по 15), повышается.

В общем случае такое включение называется *неполнодоступным включением (НДВ)*, так как каждый из входов использованных коммутационных приборов не может подключиться ко всем линиям пучка (не имеет к ним полного доступа). Число линий, к которым каждый вход может подключаться, характеризует доступность схемы D . Схема, представленная на рис. 4.9а, имеет доступность $D=10$. При НДВ число линий пучка V превышает доступность D , а все источники нагрузки разбиваются на нагрузочные группы. *Нагрузочной группой* называется часть источников нагрузки, вызовы от которых могут обслуживаться одними и теми же линиями пучка. Число этих линий равно доступности D . На рис. 4.9а образованы две нагрузочные группы ($g=2$). Таким образом, неполнодоступные включения характеризуются тремя основными параметрами: числом нагрузочных групп g , доступностью D и емкостью пучка линий V .

Принцип включения линий неполнодоступного пучка в выходы нагрузочных групп удобно показывать на кроссировочных схемах, на которых точками изображают выходы нагрузочных групп, а стрелками — включение в эти выходы линий неполнодоступного пучка. Кроссировочная схема, соответствующая схеме, приведенной на рис. 4.9а, показана на рис. 4.9б. Такая схема содержит в общем случае Dg точек (выходов), в которые включаются V линий. В нашем примере (рис. 4.9б) $D \times g = 20$ и $V=15$. Дополнительной характеристикой НДВ является кроссировочный коэффициент

$$\gamma = Dg/V, \quad (4.26)$$

который определяет среднее число выходов нагрузочных групп, приходящееся на одну линию неполнодоступного включения. Для схемы рис. 4.9а $\gamma = 10 \times 2 / 15 = 1,67$. Иными словами можно сказать, что кроссировочный коэффициент указывает среднее число нагрузочных групп, с выходами которых соединяется каждая из V линий неполнодоступного включения.

Важной особенностью НДВ является то, что при заданных V , D и g , как правило, можно образовать много вариантов схем включения линий в выходы нагрузочных групп. Поэтому из множества вариантов НДВ стремятся выбрать *оптимальное*, т. е. такое НДВ, которое при заданном качестве обслуживания и параметрах V , D и g обеспечивает наибольшее *среднее использование линий*, определяемое по формуле

$$\eta = Y_0/V, \quad (4.27)$$

где Y_0 — нагрузка, обслуженная пучком из V линий.

В зависимости от вида занятия свободных линий применяют два основных способа образования НДВ. При *упорядоченном* занятии выходов в нагрузочной группе (т. е. когда выходы нагрузочных групп занимают всегда в одной и той же последовательности, причем выходы с большим номером занимают только тогда, когда среди линий, подключенных к предыдущим выходам, нет ни одной свободной) используются

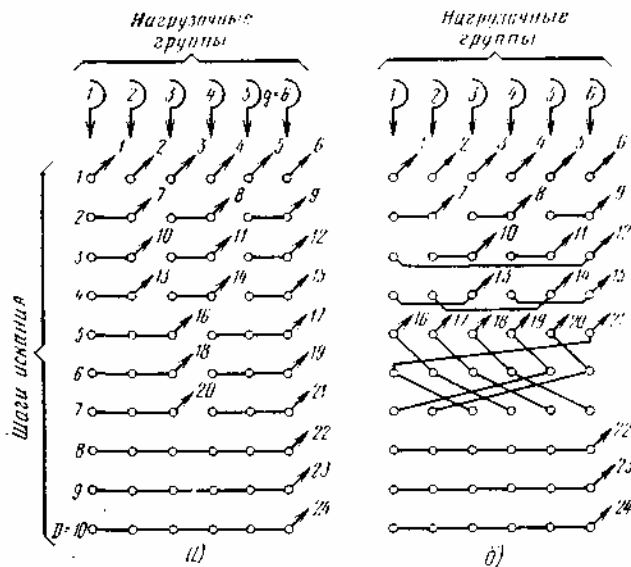


Рис. 4.10. Примеры ступенчатого неполнодоступного включения

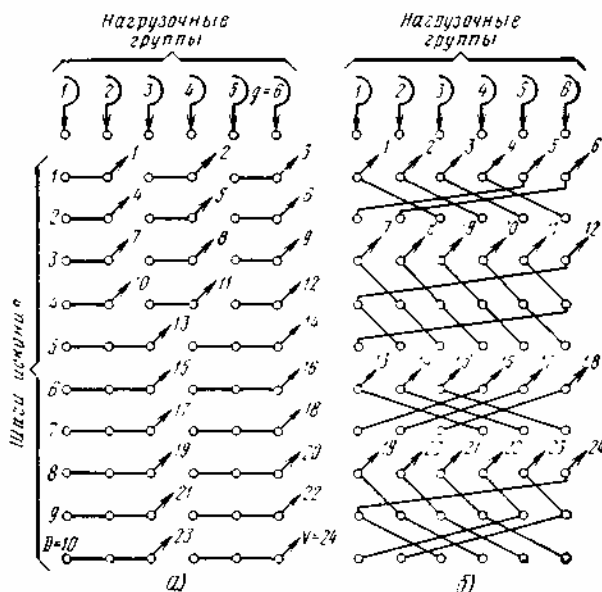


Рис. 4.11. Примеры равномерного неполнодоступного включения

ступенчатые схемы включения линий НДВ. При случайном порядке занятия выходов в нагрузочной группе применяются равномерные схемы включения линий НДВ.

Ступенчатое включение линий — это такое подключение линий НДВ, при котором число нагрузочных групп, обслуживаемых одной линией пучка, различно и ступенчато возрастает с увеличением номера выхода (шага искания) нагрузочной группы. Примеры схем ступенчатых НДВ при $V=24$, $D=10$ и $g = 6$ приведены на рис. 4.10.

Равномерное включение линий — это такое подключение линий НДВ, при котором число нагрузочных групп, обслуживаемых одной линией пучка, одинаково (при целом значении кроссировочного коэффициента γ) или отличается на единицу (при дробном значении γ). Примеры схем равномерных НДВ при $V=24$, $D=10$ и $g = 6$ приведены на рис. 4.11. При заданных V и D количество нагрузочных групп НДВ определяют из соотношения

$$g = \gamma V/D; \quad (4.28)$$

кроссировочный коэффициент обычно выбирают равным 2—4, реже 5—6, поскольку его дальнейшее увеличение практически не влияет на увеличение использования линий.

Имеется несколько разновидностей неполнодоступного включения линий, основными из которых являются: НДВ с прямым включением линий, НДВ с перехваченным и НДВ со сдвинутым включением линий. *Прямое* неполнодоступное включение линий — это такое включение, при котором выходы какой-либо нагрузочной группы объединяются только с выходами соседних нагрузочных групп. Примеры прямого ступенчатого и равномерного НДВ приведены соответственно на рис. 4.10а и 4.11а. Из теоретических исследований известно, что наиболее эффективным неполнодоступным включением, которое обеспечивает лучшую пропускную способность схемы, т. е. более высокое среднее использование линий, является перехваченное включение. Неполнодоступное *перехваченное* включение линий — это такое включение, при котором соединяются выходы несоседних нагрузочных групп.

Для облегчения монтажных соединений при построения перехваченных НДВ используется сдвинутое включение. Примеры ступенчатого и равномерного НДВ с перехватом и сдвигом приведены на рис. 4.10б и 4.11б соответственно.

4.4. Расчет однозвенных неполнодоступных включений

В реальных условиях телефонная нагрузка, обслуживаемая НДВ, обычно поступает от достаточно большого числа источников ($N > 100$). Поэтому при расчетах предполагают, что НДВ обслуживает телефонную нагрузку, создаваемую простейшим потоком вызовов. При обслуживании с явными потерями сообщения расчет НДВ отличается от расчета ПДВ тем, что необходимо учитывать как состояния, отличающиеся количеством занятых линий, так и состояния, отличающиеся расположением таких линий в схеме. Например, для ПДВ схемы на $V=4$ линий (рис. 4.12) при $i=2$ занятых линиях (на рисунке выходы, в которые включены занятые линии, показаны черными кружками) достаточно рассмотреть только одно из шести возможных состояний, поскольку любой новый вызов переводит схему в состояние с $i+1=3$ занятыми линиями. При неполнодоступном включении с $g = 4$ и $D = 2$ аналогичный переход возможен

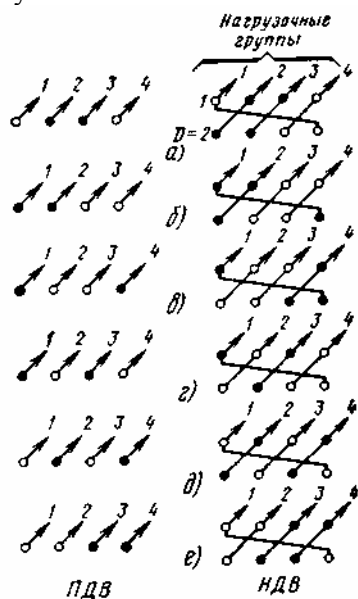


Рис. 4.12. Состояния при $i=2$ занятых линиях схем ПДВ и НДВ на $V=4$ линиях

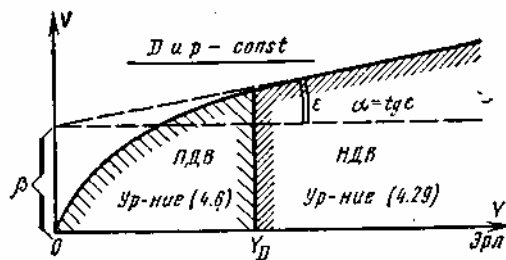


Рис. 4.13. Зависимость числа линий НДВ от интенсивности нагрузки, доступности и потерь сообщения

лишь в двух состояниях (рис. 4.12а, б), а в остальных — зависит от нагрузочной группы, в которой возник новый вызов. Так, переход в состояние с $i+1=3$ линиями из состояния (рис. 4.12а) возможен, если вызовы попадут на первую, третью или четвертую нагрузочные группы. Однако новый вызов будет необслужен, а состояние схемы останется без изменения ($i=2$), если вызов поступит на вторую нагрузочную группу НДВ. Поэтому при расчете НДВ

Таблица 4.3. Значения коэффициентов α и β [Ф-ла (4.29)]

D	p=0,001		p=0,003		p=0,005		p=0,010	
	α	β	α	β	α	β	α	β
5	3,98	1,9	3,19	1,7	2,88	1,6	2,51	1,5
6	3,16	2,3	2,63	2,1	2,41	2,0	2,15	1,9
7	2,68	2,7	2,29	2,5	2,13	2,4	1,93	2,2
8	2,37	3,1	2,07	2,9	1,93	2,7	1,77	2,5
9	2,15	3,5	1,90	3,2	1,80	3,0	1,66	2,7
10	1,99	3,8	1,79	3,5	1,70	3,3	1,58	2,9
11	1,87	4,2	1,70	3,80	1,62	3,6	1,52	3,1
12	1,78	4,5	1,62	4,1	1,55	3,9	1,46	3,3
13	1,71	4,8	1,56	4,4	1,50	4,2	1,42	3,5
14	1,64	5,1	1,51	4,7	1,46	4,4	1,39	3,7
15	1,58	5,4	1,47	4,9	1,42	4,6	1,36	3,9
16	1,54	5,7	1,44	5,1	1,39	4,8	1,33	4,1
17	1,50	6,0	1,41	5,3	1,36	5,0	1,31	4,3
18	1,47	6,3	1,38	5,5	1,34	5,2	1,29	4,5
19	1,44	6,6	1,36	5,7	1,32	5,4	1,27	4,7
20	1,41	6,9	1,34	5,9	1,30	5,6	1,25	4,9
21	1,39	7,1	1,32	6,1	1,28	5,8	1,24	5,1
22	1,37	7,3	1,30	6,3	1,27	6,0	1,23	5,3
23	1,35	7,5	1,28	6,5	1,26	6,2	1,22	5,5
24	1,33	7,7	1,27	6,7	1,25	6,4	1,21	5,6
25	1,31	7,9	1,26	6,9	1,24	6,6	1,20	5,7

заданных D и p определяются значениями этих параметров. Уравнение (4.29) удобно для проведения инженерных расчетов, так как с помощью небольшой таблицы коэффициентов α и β можно охватить широкую область изменения величин D и p , необходимых при практических расчетах. В табл. 4.3 приведены значения коэффициентов α и β в зависимости от доступности D и вероятности потерь p [16]. Для определения вероятности потерь НДВ по заданным параметрам V и D можно пользоваться формулой Бабицкого

$$p = E_V(Y)/E_{V-D}(Y), \quad (4.30)$$

где $E_V(Y)$ и $E_{V-D}(Y)$ определяются по таблице Башарина (табл. 4.1, [6]). Однако формулы (4.29) и (4.30) не учитывают такой весьма важный параметр НДВ, как число нагрузочных групп g . Для выполнения более точных расчетов были разработаны таблицы ЛОНИИС, полученные методом статистического моделирования на ЭВМ большого числа оптимальных НДВ [22]. В табл. 4.4 приведен фрагмент таблиц ЛОНИИС.

Различные схемы включения линий обычно сопоставляют между собой по среднему использованию одной линии (4.27). Характер зависимости среднего использования линий, полученной по результатам анализа НДВ, показан в виде кривых на рис. 4.14. Из рассмотрения семейства кривых (рис. 4.14) можно сделать вывод, что наибольшее использование линий имеют схемы полностью доступного включения. При неполнодоступном включении использование линий снижается и становится тем

Таблица 4.4. Интенсивность нагрузки Y , поступающей на пучок V линий и обслуживаемой при $p = 0,005, D=10, g=9$

V де- сятки	V единицы									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	—	0,11	0,35	0,70	1,13	1,62	2,16	2,73	3,33
1	3,96	4,57	5,18	5,79	6,41	7,02	7,63	8,24	8,86	9,47
2	10,08	10,66	11,24	11,82	12,41	12,99	13,57	14,15	14,74	15,32
3	15,90	16,44	16,98	17,52	18,07	18,61	19,15	19,69	20,24	20,78
4	21,32	21,79	22,26	22,74	23,22	23,70	24,18	24,66	25,14	25,62
5	26,10	26,60	27,10	27,61	28,12	28,63	29,14	29,65	30,16	30,67
6	31,18	31,39	31,60	31,82	32,03	32,25	32,46	32,68	32,89	33,11
7	33,32	33,46	33,60	33,75	33,90	34,05	34,20	34,35	34,50	34,65
8	34,80	34,88	34,96	35,05	35,13	35,22	35,30	35,39	35,47	35,56

нужно составить и решить систему из $\sum_{i=0}^V C_V^i = 2^V$ уравнений, определяющих вероятность пребывания НДВ в каждом из состояний, различающихся н числом, и расположением занятых линий. Такую задачу можно решить для НДВ с небольшим числом линий и идеально-симметричных НДВ, не имеющих существенного практического значения. Поэтому для расчета НДВ был разработан ряд приближенных инженерных методов, основанных на различных упрощающих предположениях.

Для НДВ зависимость $V=f(Y)$ числа линий V от интенсивности поступающей нагрузки Y при фиксированных значениях доступности схемы D и вероятности явных потерь сообщения p в области $V > D$ ($Y \geq Y_D$) приобретает вид, близкий к линейной зависимости (рис. 4.13), и может быть аппроксимирована выражением

$$V = \alpha Y + \beta, \quad (4.29)$$

где α и β — коэффициенты, которые при

меньше, чем меньше величина доступности D . На среднее использование η влияет емкость пучка V ; оно тем меньше, чем меньше емкость пучка линий. Величина η зависит также от качества обслуживания — среднее использование линий уменьшается при уменьшении величины потерь сообщения p .

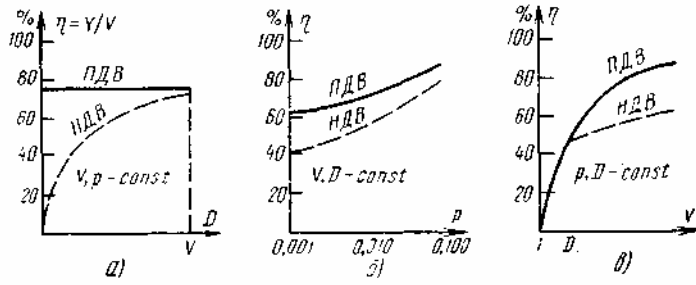


Рис. 4.14. Зависимость среднего использования линий НДВ от доступности (а), вероятности потерь сообщения (б) и емкости пучка линий (в)

4.5. Принципы построения и структурные параметры звеньевых включений

Рассмотренные выше однозвенные коммутационные схемы с N входами и M выходами, образованные по способу полностью доступного и неполностью доступного включения, характеризуются низким использованием точек коммутации. В тех системах коммутации, в которых к качеству разговорного тракта предъявляются более высокие требования (координатные и квазиэлектронные АТС), стоимость образующих коммутационную систему элементов значительно повышается, что существенно увеличивает стоимость коммутационного оборудования. Поэтому необходимо найти такие способы построения коммутационной системы, которые позволяют уменьшить число точек коммутации, а следовательно, и стоимость коммутационной системы. Эта задача решается применением, так называемых *звеньевых включений*, характеризующихся тем, что соединение входа с выходом коммутационной системы, производится через два и более звеньев, т. е. осуществляется через две и более точек коммутации. Если соединение устанавливается через два звена, то схема называется *двухзвенной*. Каждое звено состоит из нескольких отдельных коммутаторов.

В качестве примера на рис. 4.15а приведена двухзвенная схема с $N=16$ входами и $M=16$ выходами. Звенья A и B строятся на основе коммутаторов 4×4 . Звено A образуется из четырех коммутаторов, в каждый из которых включаются четыре входа. Аналогично строится звено B , в четыре коммутатора которого включаются 16 выходов. Соединения между звеньями осуществляются с помощью линий, включаемых в выходы коммутаторов звена A и во входы коммутаторов звена B . Эти линии называются *промежуточными линиями (ПЛ)*. В нашем примере число промежуточных линий равно $V_{пл}=16$. Как видно из рис. 4.15а, каждый из 16 включенных в четыре коммутатора звена A входов может быть подключен к любому из 16 выходов через промежуточную линию и один из четырех коммутаторов звена B . Эту же задачу можно решить применением однозвенной полностью доступной схемы с числом входов $N=16$ и числом выходов $M=16$ (рис. 4.15б). В этом случае число точек коммутации будет равно $T=N \times M=16 \times 16=256$. В двухзвенной схеме (рис. 4.15а) общее число точек коммутации равно сумме точек коммутации на звеньях A и B : $T=T_A + T_B=64+64=128$.

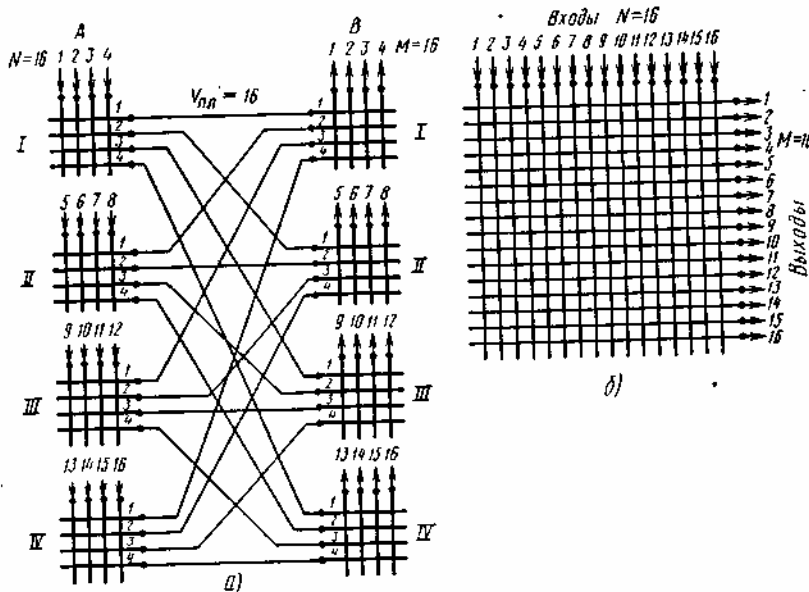


Рис. 4.15. Построение коммутационной схемы $N=16, M=16$ путем применения двухзвенного и однозвенного включений

Из приведенного примера видно, что двухзвенная схема, представленная на рис. 4.15а, решает ту же коммутационную задачу, что и однозвенная схема, приведенная «а рис. 4.15б, однако содержит в 2 раза меньше точек коммутации. В некоторых звеньевых включениях сокращение числа точек коммутации оказывается еще более значительным. Столь существенное сокращение числа точек коммутации

оказывается еще более значительным. Столь существенное сокращение числа точек коммутации

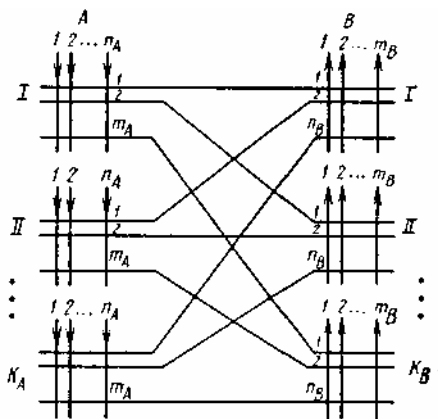


Рис. 4.16. Двухзвенная схема и ее структурные параметры

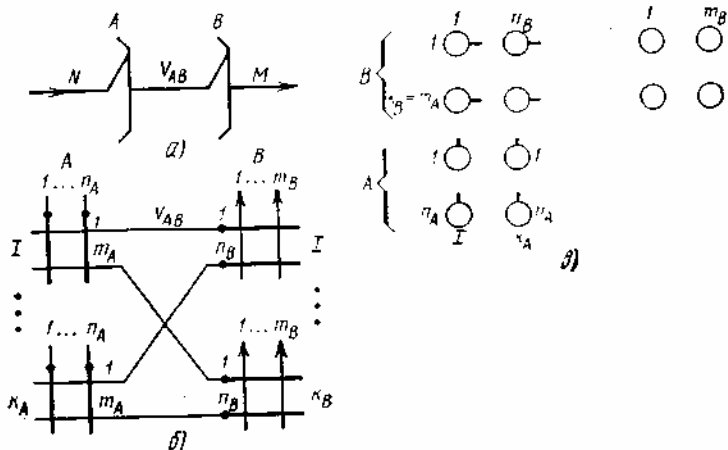


Рис. 4.17. Двухзвенная схема, построенная по принципу ВП-ВП

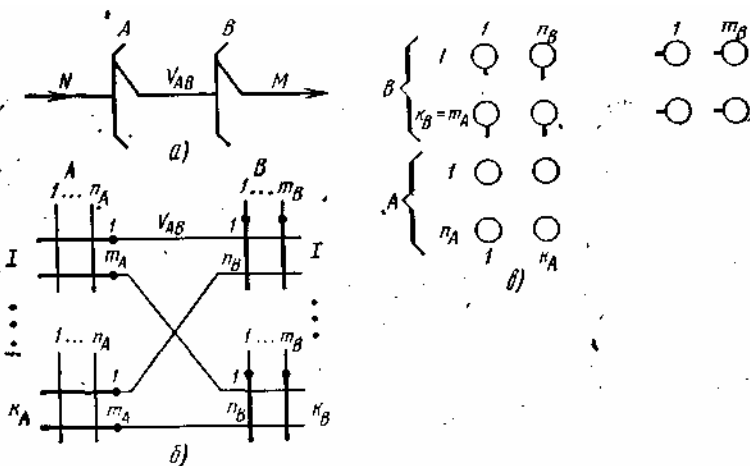


Рис. 4.18. Двухзвенная схема, построенная по принципу ПВ-ПВ

звеньевых включениях объясняется повышением использования точек коммутации, поскольку одна и та же точка коммутации позволяет соединять вход с различными выходами (см. рис. 4.15а). В однозвенных включениях каждая точка коммутации обеспечивает соединение лишь одного входа с одним выходом (см. рис. 4.15б).

Однако сокращение объема коммутационного оборудования, достигаемое применением звеньевой схемы, ведет к увеличению потерь сообщения из-за возникновения так называемой *внутренней блокировки*. Под внутренней блокировкой понимается такое состояние коммутационной системы, при котором некоторые свободные выходы в процессе установления соединения становятся недоступными и не могут быть подключены ко входам определенного коммутатора звена *A* из-за занятости промежуточных линий, необходимых для данного соединения. При этом могут быть свободные промежуточные линии, доступные входам данного коммутатора звена *A*, но они не имеют доступа к требуемым исходящим линиям (выходам). Коммутационная схема, в которой имеют место внутренние блокировки, называется *блокирующей коммутационной схемой*.

В однозвенной полностью доступной схеме в процессе занятия отдельных выходов любой из оставшихся свободных выходов доступен и может быть соединен с любым входом. В двухзвенной схеме (см. рис. 4.15а) в исходном состоянии также все выходы доступны всем входам, но в процессе занятия выходов это условие нарушается. Например, если установлено соединение одного входа с выходом первого коммутатора звена *B*, то занимает единственная промежуточная линия, обеспечивающая соединения между первыми коммутаторами звена *A* и звена *B*, все остальные три выхода первого коммутатора звена *B* становятся недоступными для входов, включенных в первый коммутатор звена *A*. Из-за внутренних блокировок, возникающих в звеньевых схемах, поступившие

вызовы могут получить отказ в соединении, хотя и имеются свободные выходы в коммутационной схеме. Таким образом, внутренние блокировки, увеличивая число отказов в соединении, снижают пропускную способность коммутационной системы и увеличивают потери. Однако при рациональном построении звеньевой схемы эти потери можно свести к величинам, не выходящим за пределы установленных норм; при этом достигается существенная экономия коммутационного оборудования АТС.

Звеньевые включения характеризуются структурными параметрами. На рис. 4.16 представлена в общем виде двухзвенная схема с указанием всех структурных параметров: k_A — число коммутаторов звена *A*; n_A — число входов в один коммутатор звена *A*; m_A — число выходов из одного коммутатора звена *A*; k_B — число коммутаторов звена *B*; n_B — число входов в один коммутатор звена *B*; m_B — чис-

ло выходов из одного коммутатора звена B . При этом имеют место следующие простые соотношения: $N=n_A k_A$ — число входов коммутационной системы; $M=m_B k_B$ — число выходов коммутационной системы; $V_{AB}=k_A m_A=k_B n_B$ — общее число промежуточных линий.

Кроме того, двухзвенная КС характеризуется коэффициентами *связности* f_{AB} и *расширения* (сжатия) σ . Коэффициент связности (или просто связность) представляет собой количество промежуточных линий, связывающих каждый коммутатор звена A с каждым из коммутаторов звена B . Для односвязной КС ($f_{AB}=1$) справедливы соотношения $m_A=k_B$; $n_B=k_A$.

В технике автоматической коммутации наибольшее распространение получили звеньевые включения, построенные на МКС. При этом входы и выходы схемы могут включаться как в поле Π (подвижные пружины), так и в вертикали B (струны) МКС. Комбинируя различные варианты включения входов и выходов в звеньях A и B , можно получить двухзвенные схемы четырех типов. Схемы первого типа характеризуются тем, что в звене A входы всей схемы включаются во входы вертикалей, а выходы ($\Pi\Pi$) — в поле вертикалей, а в звене B входы ($\Pi\Pi$) включаются во входы вертикалей, а выходы всей схемы — в поле вертикалей. Схемы такого типа принято называть: вертикаль — поле, вертикаль — поле, они обозначаются — ВП-ВП. Аналогично схемы второго типа соответствуют построению: поле—вертикаль, поле—вертикаль (ПВ-ПВ), третьего типа — (ВП-ПВ) и четвертого — ПВ-ВП); схемы последних двух типов в реальных схемах координатных АТС встречаются редко. На рис. 4.17 показано построение схемы типа ВП-ВП, а на рис. 4.18 — схемы типа ПВ-ПВ в упрощенном координатном и символическом изображениях. Упрощенные изображения (рис. 4.17а, 4.18а) позволяют получить общее представление о типе двухзвенной схемы с указанием общего числа входов N , общего

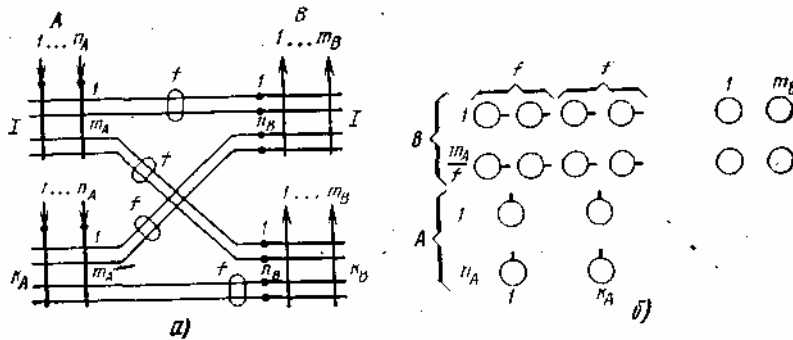


Рис. 4.19. Пример построения f -связной двухзвенной схемы

числа промежуточных линий $V_{\Pi\Pi}$ и общего числа выходов M . В координатном изображении входы и выходы обозначаются линиями, которые могут располагаться как вертикально, так и горизонтально. Различаются вертикали от поля тем, что линии, включенные в вертикали, т. е. в неподвижные струны вертикального блока МКС, отмечаются точкой. Линии, включенные в поле вертика-

кали, точками не отмечаются. Выбор оптимальной схемы двухзвенного включения зависит от назначения этой схемы, типа применяемых МКС и других условий.

В рассмотренных схемах звеньевых включений связность $f=1$. В реальных коммутационных системах звеньевые схемы со связностью $f>1$ применяются лишь в тех случаях, когда конструктивные параметры коммутационных приборов, например координатных и герконовых соединителей, не позволяют рационально построить односвязные звеньевые схемы. На рис. 4.19 показана двухзвенная схема ВП-ВП со связностью, в общем виде, f . В этой схеме каждый коммутатор звена A имеет n_A входов и m_A выходов, а каждый коммутатор звена B — n_B входов и m_B выходов; причем связность между звеньями A и B равна $f=m_A/k_A=n_B/k_A$. Связность f может иметь не только целые, но и дробные значения. Например, если коммутаторы звена A имеют связь с одной половиной коммутаторов звена B по одной, промежуточной линии, а с другой половиной — по двум промежуточным линиям, то связность в такой схеме $f=1,5$.

Общее число точек коммутации в двухзвенных схемах определяется из выражения $T=NMf(1/n_A+1/m_B)$. Из приведенного выражения видно, что в односвязной ($f=1$) двухзвенной схеме при реальных значениях n_A и m_B (например, $n_A=m_A=10$) общее число точек коммутации будет равно $T=NM/5$, т. е. в 5 раз меньше, чем в однозвенной полнодоступной схеме ($T=NM$).

Построение коммутационных систем в значительной степени определяется режимом искания (свободное, групповое и линейное). В координатных системах АТС каждая ступень искания состоит из одного или нескольких одинаковых коммутационных блоков, построенных на МКС. Коммутационный блок представляет собой звеньевую схему на определенное число входов и выходов, объединенную в независимую конструктивную единицу. Структурные параметры коммутационных блоков выбираются такими, чтобы можно было наиболее экономично комплектовать станционное оборудование АТС. Чаще всего используются двухзвенные блоки.

4.6. Двухзвенное включение, используемое в режиме свободного искания

Двухзвенное включение в режиме свободного искания применяется в тех случаях, когда в процессе установления соединения к входу, по которому поступил вызов, может быть подключен любой свободный выход. Следовательно, число направлений равно $H=1$, а доступность — общему числу выходов $D=M$. В таком режиме работают, например, ступени предварительного искания.

В двухзвенных коммутационных блоках, работающих в режиме свободного искания, как правило, происходит сжатие, т. е. на каждом звене число исходящих линий меньше числа входящих линий. Во входы двухзвенных схем координатных АТС, работающих в режиме предыскания, включаются абонентские линии, а в выходы — шнуровые комплекты, число которых значительно меньше числа абонентских линий. Это объясняется тем, что шнуровые комплекты являются устройствами коллективного пользования, т. е. являются общими для большой группы абонентов.

Задача построения двухзвенной схемы сводится к определению числа и типов коммутаторов на звеньях A и B в соответствии с заданным числом входов и выходов, а также с учетом заданного типа МКС. При определении структурных параметров схемы необходимо предусматривать полное использование контактного поля вертикальных блоков (вертикалей) МКС.

Рассмотрим вариант построения двухзвенной схемы ПВ-ПВ, предназначенной для работы в режиме свободного искания и имеющей $N=100$ входов и $M=20$ выходов. Предположим, что для построения данной схемы будет использован МКС $20 \times 10 \times 6$. Примем $f_{AB}=1$.

Из опыта построения подобных схем известно, что расчет структурных параметров удобно начинать с определения того параметра звена A , который равен емкости вертикали МКС. В нашем примере $n_A=10$. Задав $f_{AB}=1$ и $n_A=10$, можно определить $k_A=N/n_A=100/10=10$. В дальнейшем необходимо, зная величину телефонной нагрузки, поступающей от группы (n_A) входящих линий в один коммутатор звена A , найти (при заданном качестве обслуживания) требуемое число выходов из одного коммутатора звена A , т. е. найти значение m_A . Реальной величиной, встречающейся на практике, является $m_A=4$ или $m_A=6$. Примем $m_A=4$. Зная k_A и m_A , можно найти $V_{AB}=k_A m_A=10 \times 4=40$ промежуточных линий между звеньями A и B (рис. 4.20).

В однозвенной схеме число коммутаторов звена B равно числу выходов из коммутатора звена A , т. е. $k_B=m_A=4$, а число промежуточных линий, входящих в один коммутатор звена B , равно количеству коммутаторов звена A , т. е. $n_B=k_A=10$. При известном значении p_B число коммутаторов в звене B можно определить и другим путем, а именно из выражения $k_B=V_{AB}/n_B$. Таким образом, остается лишь найти число выходов из каждого коммутатора звена B . Это определяется из выражения $m_B=M/k_B=20/4=5$. В рассматриваемой схеме двухзвенного включения на каждом звене предусматри-

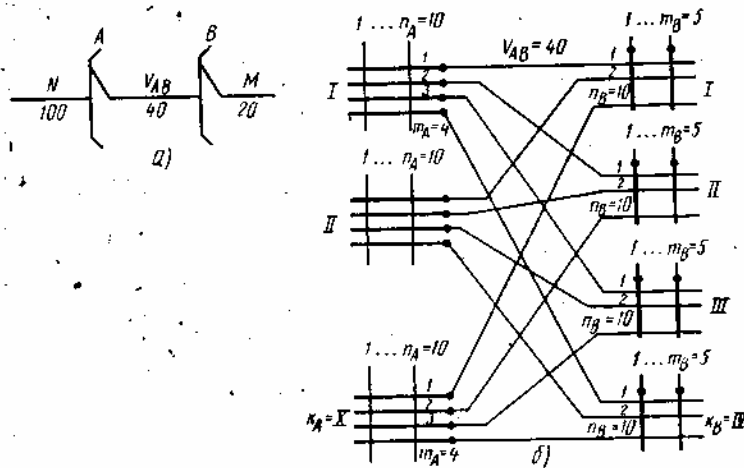


Рис. 4.20. Двухзвенная схема ПВ-ПВ, используемая в режиме свободного искания

вается сжатие с коэффициентом, равным $\sigma_A=m_A/n_A=0,4$ и $\sigma_B=m_B/n_B=0,5$. Общее значение коэффициента сжатия двухзвенной схемы равно $\sigma_{AB}=M/N=20/100=0,2$. Количество МКС легко определить исходя из числа требуемых вертикалей. Так, в звене A используется всего 40 вертикалей (по числу промежуточных линий), и, следовательно, необходимо два МКС $20 \times 10 \times 6$. В звене B — 20 вертикалей (по числу выходов), и поэтому достаточно одного МКС такого типа. Всего для построения данной двухзвенной схемы требуется три МКС $20 \times 10 \times 6$. Представленная схема (см. рис. 4.20) в режиме свободного искания обеспечивает возможность подключения каждого из 100 входов (абонентских линий) к любому из 20 выходов (шнуровых комплектов ШК). Если, например, вызов поступил на второй вход первого коммутатора звена A , то в исходном состоянии схемы соединение можно осуществить через любую промежуточную линию и через любой коммутатор звена B с любым выходом. В этом случае схема обладает максимальной доступностью $D_{\max}=M=20$, т. е. схема является

как бы полностью доступной.

Предположим, что при поступившем вызове соединение будет осуществляться через первую ПЛ и первый выход звена *B*. Вследствие занятия первой ПЛ все оставшиеся ($m_B - 1$) выходы первого коммутатора звена *B* оказываются недоступными входам первого коммутатора звена *A*. Доступность схемы в данном случае (при одном вызове) уменьшится и будет равна $D_1 = (k_B - 1)m_B = 15$. При поступлении второго вызова от группы источников нагрузки, включенных также в первый коммутатор звена *A*, займется вторая ПЛ и один выход во втором коммутаторе звена *B*. Доступность в этом случае станет $D_2 = (k_B - 2)m_B = 10$. По мере занятия промежуточных линий доступность уменьшается из-за внутренних блокировок; поэтому звеньевые включения характеризуются переменной доступностью. В рассмотренном примере (см. рис. 4.20) $D_{\max} = 20$, $D_1 = 15$, $D_2 = 10$, $D_3 = 5$ и $D_4 = 0$. Последнее означает, что при наличии четырех соединений в одном коммутаторе звена *A* вновь поступивший (пятый) вызов не может быть обслужен из-за занятости всех промежуточных линий данного коммутатора, хотя при этом имеются свободные выходы в звене *B*. Это приводит к увеличению потерь сообщения.

4.7. Двухзвенное включение, используемое в режиме группового искания

В АТС координатной системы на ступени ГИ осуществляется вынужденное искание направления связи и свободное искание линии в пределах пучка линий, выделенного для связи в данном направлении. Требуемое направление выбирается управляющим устройством УУ на основе полученной информации (цифр набора номера), определяющей это направление. Промежуточная линия и свободный выход в данном направлении (звено *B*) также выбираются УУ. Для построения коммутационного блока, работающего в режиме группового искания, чаще пользуются двухзвенной схемой ВП—ВП с

расширением, так как подобные схемы являются наиболее экономичными и имеют лучшую пропускную способность.

На рис. 4.21 приведена схема группообразования блока ступени ГИ с числом входов $N=20$, числом выходов $M=100$, числом промежуточных линий $V_{AB}=20$ и $f_{AB}=1$. При построении звеньевой схемы координатной АТС прежде всего устанавливаются структурные параметры звена *A*, определяемые емкостью вертикального блока МКС. Если в качестве соединителя используется МКС 20×10 , то при известных значениях N , M и V_{AB} остальные структурные параметры схемы будут следующими: $m_A = 10$; $k_A = V_{AB}/m_A = 20/10 = 2$; $n_A = N/k_A = 10$; $n_B = k_A = 2$; $k_B = V_{AB}/n_B = 10$; $m_B = M/k_B = 10$.

Таким образом, звено *A* содержит два коммутатора на 10 входов каждый. Звено *B* реализуется в виде 10 коммутаторов, каждый из которых имеет два входа и 10 выходов. Одноименные контакты поля двух вертикалей одного коммутатора

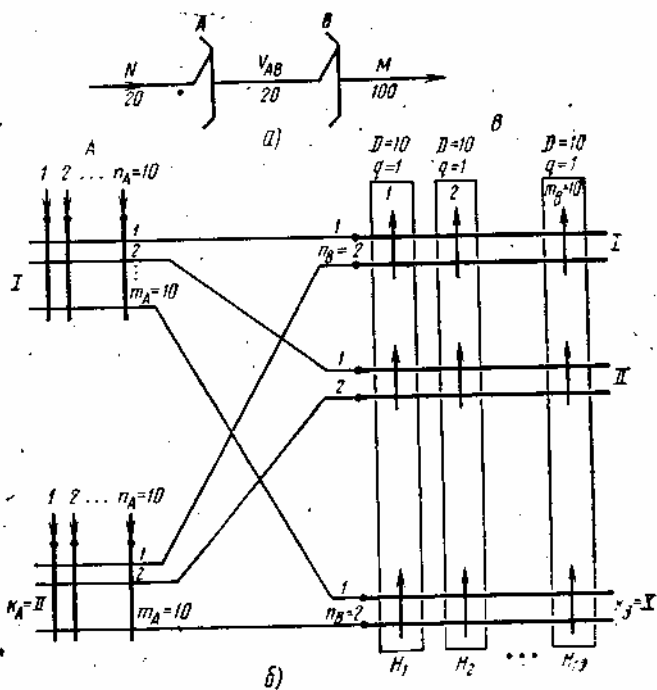


Рис. 4.21. Двухзвенная схема без расширения на звене *A*, используемая в режиме ГИ

запараллеливаются и образуют 10 выходов.

К основным коммутационным параметрам блока ГИ относятся число направлений H и доступность в направлении D . Направления образуются из выходов разных коммутаторов звена *B*. Число выходов, отводимых для одного направления в каждом коммутаторе звена *B*, обозначается через q . Если во всех направлениях группового искания в каждом коммутаторе звена *B* выделить по одному выходу ($q=1$), то можно образовать 10 направлений с доступностью в каждом направлении $D = m_A q = 10$. На рис. 4.21 выходы одного направления расположены столбиком и обведены сплошной линией. В рассматриваемом примере звено *A* построено без расширения ($\sigma = V_{AB}/N = 1$), а звено *B* с расширением ($\sigma = M/V_{AB} = 5$). Для реализации этой двухзвенной схемы в общей сложности достаточно иметь два МКС 20×10 — один на звене *A*, другой — на звене *B*.

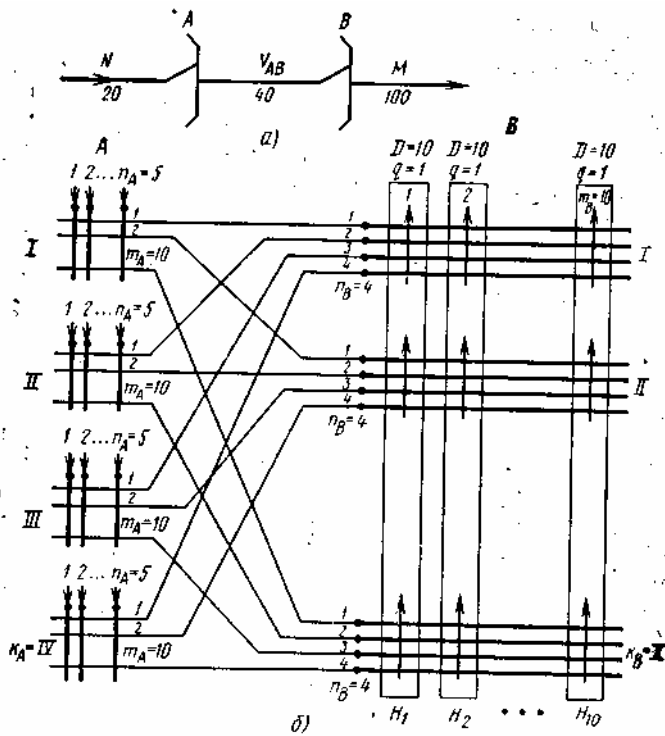


Рис. 4.22. Двухзвенная схема с расширением на обоих звеньях, используемая в режиме ГИ

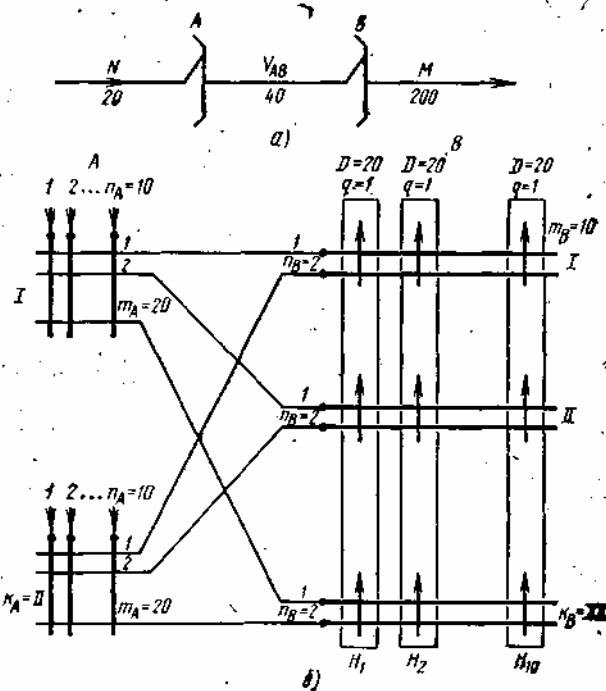


Рис. 4.23. Построение двухзвенной схемы (режим ГИ) с доступностью $D=20$

B запараллеливаются и образуют 10 выходов.

Значение коэффициента расширения определяется технико-экономической целесообразностью с учетом стоимости коммутационного оборудования и стоимости линий, включаемых в выходы двухзвенной схемы, а также качества обслуживания абонентов. Обычно коэффициент расширения звена A городских координатных АТС находится в пределах $\sigma_A = 1,2 \div 2$.

В однозвенных схемах, построенных на искателях, число направлений и доступность в направлениях являются постоянными величинами, определяемыми конструкцией искателей, имеющих механическое деление коммутационного поля. Так, в АТС декадно-шаговой системы число направлений равно $H=10$, доступность $D=10$. Двухзвенные схемы, построенные на МКС, обеспечивают возможность электрического деления поля, которое позволяет образовать различное число направлений с различной доступностью, т. е., пользуясь различными значениями q , можно получить различную

Двухзвенная схема, работающая в режиме группового искания, также подвержена действию внутренних блокировок, что приводит к уменьшению доступности D . Уменьшить влияние внутренних блокировок и повысить пропускную способность схемы можно увеличением коэффициента расширения σ на звене A при постоянных значениях f и D , а также увеличением числа выходов (q) из одного коммутатора звена B в данном направлении.

На рис. 4.22 приводится схема группообразования блока ГИ, отличающаяся от ранее приведенной тем, что имеет на звене A расширение $\sigma_A = V_{AB}/N = 2$. Вследствие этого она обладает следующими структурными параметрами: $m_A=10$; $k_A=4$; $n_A=5$; $n_B=4$; $k_B=10$; $m_B=10$; $\sigma_B=2,5$.

Увеличение коэффициента расширения на звене A приводит к увеличению числа промежуточных линий, а следовательно, доступности и пропускной способности схемы. Благодаря этому возникает возможность сократить число линий в пучке определенного направления, включаемых в вы-

ходы двухзвенной схемы. Однако эта мера приводит к увеличению оборудования звена B (см. рис. 4.22). Например, схема, образованная с расширением и на звене A и на звене B , в отличие от двухзвенной схемы, приведенной на рис. 4.21, требует вместо одного МКС звена B два МКС. В этом случае звено A состоит из четырех коммутаторов по 5 входов и 10 выходов в каждом. Звено B содержит 10 коммутаторов, каждый из которых имеет четыре входа. Одноименные контакты поля четырех вертикалей одного коммутатора звена

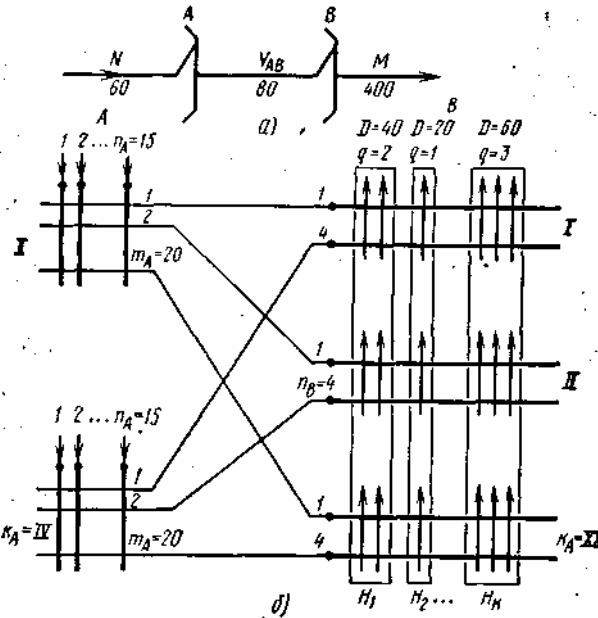


Рис. 4.24. Построение двухзвенной схемы (режим ГИ) с различной доступностью ($D=20$, $D=40$, $D=60$)

$m_B=10$; $k_B=20$; $n_B=2$.

Чтобы получить возможность включить 20 промежуточных линий в поле вертикальных блоков МКС коммутатора звена A , нужно либо установить на звене A два МКС 20×10 и объединить попарно их вертикали, либо установить два МКС 10×20 .

Часто в реальных схемах применяются коммутационные блоки на большее число входов и выходов. Примером этого может служить односвязный коммутационный блок ВП-ВП $60 \times 80 \times 400$, т. е. двухзвенная схема с $N=60$, $V_{AB}=80$ и $M=400$ (рис. 4.24). Звено A состоит из четырех коммутаторов, каждый из которых имеет 15 входов и 20 выходов. Звено B реализовано в виде 20 коммутаторов, каждый из которых имеет четыре входа и 20 выходов. На обоих звеньях применяются трехпозиционные МКС $10 \times 20 \times 6$. Звено A содержит шесть МКС, а звено B — восемь МКС. Все основные структурные параметры приведены на рисунке. Здесь лишь следует указать $\sigma_A=80/60=1,33$ и $\sigma_{AB}=400/80=5$.

Если в схеме группообразования этого блока принять во всех направлениях $q=1$, то можно образовать 20 направлений ($H=20$) с доступностью в каждом направлении $D=20$. Если же для всех направлений выделить по две линии в каждом коммутаторе звена B ($q=2$), то доступность будет $D=40$, но число направлений сократится до 10.

Электрическое деление поля коммутационной системы позволяет иметь различную доступность на отдельных направлениях, но общее число выходов всех направлений не может превышать емкость коммутационной системы блока ГИ: $M \geq H_1 \times 20 + H_2 \times 40 + H_3 \times 60$, где H_1 , H_2 и H_3 — числа направлений соответственно с доступностью 20, 40, 60. Более чем $q=3$ в современных АТС координатной системы не применяются.

Доступность в требуемых направлениях. При этом сумма доступности во всех направлениях не должна превышать числа выходов коммутационного блока M , т. е.

$$\sum_{j=1}^H D_j \leq M.$$

В качестве примера на рис. 4.23 показана двухзвенная схема, которая позволяет образовать $H=10$ направлений с доступностью $D=20$. Основные структурные параметры этой схемы следующие: $N=20$; $V_{AB}=40$; $M=200$; $H=10$; $f_{AB}=1$; $m_A=20$; $k_A=2$; $n_A=10$;

4.8. Звеньевое включение, используемое в режиме линейного искания

Режим линейного искания характеризуется тем, что вход, по которому поступил вызов, подключается к одному определенному выходу коммутационной системы. Выбор свободного пути и управление процессом подключения данного входа к требуемому выходу КС осуществляется управляющим устройством на основании информации о номере требуемой исходящей линии. Обычно режим линейного искания имеет место при входящем сообщении, в процессе установления соединения через коммутационную систему с линией вызываемого абонента.

В режиме линейного искания двухзвенные схемы, как правило, не применяются, так как в этом случае качество обслуживания абонентов будет значительно ниже допустимых норм. Чтобы убедиться в этом, рассмотрим схему двухзвенного включения, приведенную на рис. 4.25. Рассматриваемая двухзвенная схема ВП-ВП имеет

следующие структурные параметры: $N=10$; $M=100$; $V_{AB}=40$; $f_{AB}=1$; $m_A=10$; $k_A=4$; $n_A=2,5$; $m_B=10$; $n_B=4$. Звено A содержит четыре коммутатора, в которые 10 входов включаются следующим образом: в первый и второй коммутаторы — по три линии, а в третий и четвертый коммутаторы — по две линии. Поскольку каждый коммутатор звена A имеет неодинаковое число входов, величина n_A получается не целым числом ($n_A=2,5$). Несмотря на то что для подключения к исходящим линиям (выходам схемы) в каждом коммутаторе звена B предусматриваются четыре промежуточные линии (рис. 4.25), соединение входящей линии, по которой поступил вызов, с определенной исходящей линией можно осуществить лишь через одну промежуточную линию. При занятости этой единственной промежуточной линии, имеющей доступ к требуемой исходящей линии, поступивший вызов получит отказ, так как соединение установить невозможно. Доступность становится равной $D=0$.

Для уменьшения числа отказов, а следовательно, и величины потерь необходимо в режиме линейного искания использовать не двухзвенные, а трехзвенные или четырехзвенные схемы, имеющие более высокую пропускную способность. В качестве примера на рис. 4.26 приведена трехзвенная схема, построенная по типу ВП-ВП-ВП. Входы ($N_A=10$) включены в вертикали МКС звена A , а выходы ($M=100$) — в поле вертикалей МКС звена C . Число промежуточных линий между звеньями A и B равно $V_{AB}=10$. Число ПЛ между звеньями B и C равно $V_{BC}=40$. Основные структурные параметры схемы указаны на рисунке. В этой схеме любая включенная в коммутатор звена A входящая линия, заняв одну из 10 промежуточных линий AB , может подключиться к любой промежуточной линии BC , через которую имеется возможность осуществить соединение с любой исходящей линией (из общего числа M).

Однако в некоторых случаях и трехзвенные схемы не могут обеспечить безотказное соединение любого входа с любым выходом коммутационной системы. Это объясняется тем, что в отдельные моменты времени могут возникнуть такие ситуации в состоянии коммутационной системы, когда вход, по которому поступил вызов, не может получить соединение с требуемым свободным выходом из-за наличия внутренней блокировки. Как уже отмечалось, внутренние блокировки приводят к уменьшению доступности звеньевых включений, а следовательно, и уменьшению ее пропускной способности.

Однако в некоторых случаях и трехзвенные схемы не могут обеспечить безотказное соединение любого входа с любым выходом коммутационной системы. Это объясняется тем, что в отдельные моменты времени могут возникнуть такие ситуации в состоянии коммутационной системы, когда вход, по которому поступил вызов, не может получить соединение с требуемым свободным выходом из-за наличия внутренней блокировки. Как уже отмечалось, внутренние блокировки приводят к уменьшению доступности звеньевых включений, а следовательно, и уменьшению ее пропускной способности.

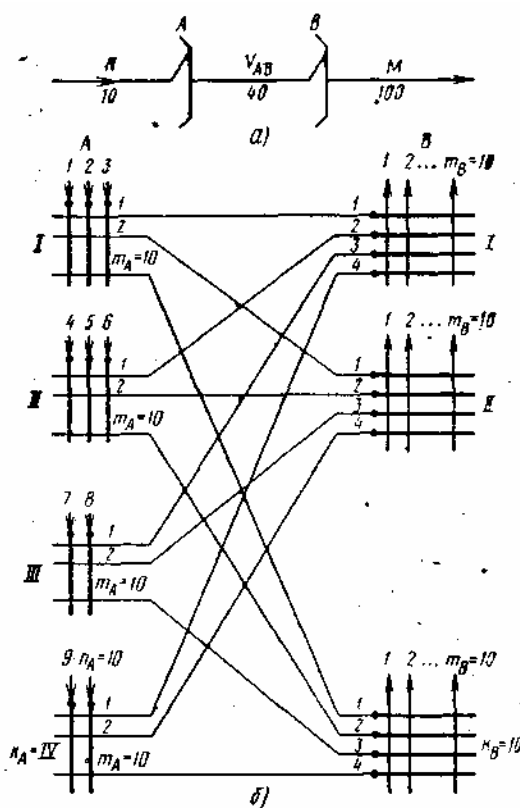


Рис. 4.25. Возможность использования двухзвенной схемы в режиме линейного искания

Для повышения доступности к исходящим линиям в режиме линейного искания применяются многозвенные включения. Увеличение числа звеньев позволяет снизить влияние внутренней блокировки и добиться необходимой доступности D . В городских и междугородных координатных АТС в

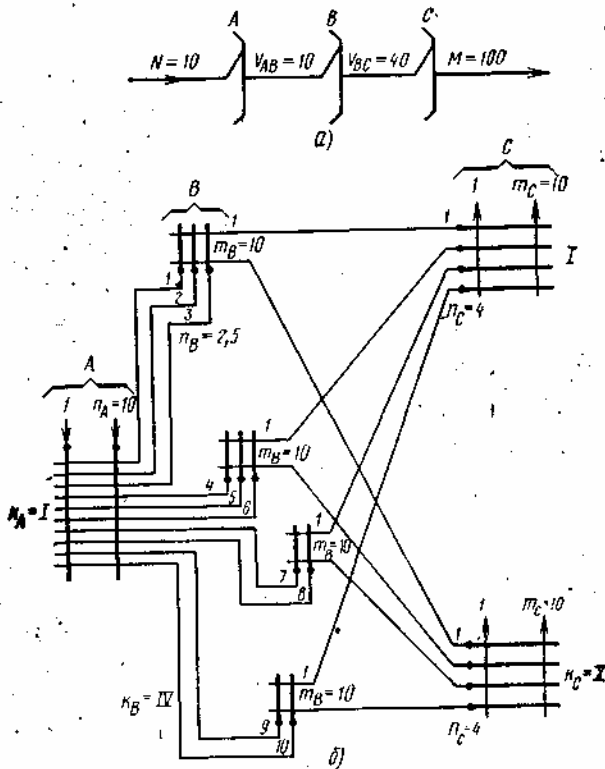


Рис. 4.26. Трехзвенная схема ПВ-ПВ-ПВ, используемая в режиме линейного искания

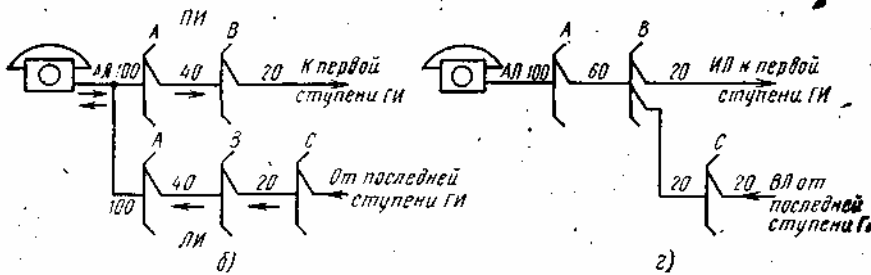


Рис. 4.27. Принципы построения ступени абонентского искания АИ

АТС, то любого из 100 абонентов к свободному выходу. Так как эта ступень действует в режиме свободного искания, то достаточно иметь двухзвенную схему. Входящее сообщение осуществляется через трехзвенную схему, так как эта ступень работает в режиме линейного искания. При входящем сообщении трехзвенная схема должна обеспечить возможность подключения входа, по которому поступил вызов, к одной определенной (требуемой в данный момент) абонентской линии в соответствии с номером этой линии. При таком построении каждый блок ПИ и ЛИ имеет свои отдельные управляющие устройства.

Объединение блоков ПИ и ЛИ можно осуществить как на звене A (рис. 4.27в), так и одновременно на звеньях A и B (рис. 4.27г). Более экономичным будет объединение на звеньях A и B ; в этом случае промежуточные линии между звеньями A и B становятся общими и используются как для установления исходящей связи (выходы $ИЛ$), так и для входящей связи (входы $ВЛ$). Благодаря этому, использование ПЛ повысится, и это позволит сократить их число, а следовательно, и число МКС. На рис. 4.27г число промежуточных линий между звеньями A и B равно 60, в то время как при объединении, выполненном согласно рис. 4.27в (объединение на звене A), требуется большее число ПЛ, а именно 80 ПЛ при том же качестве обслуживания. Является важным и то обстоятельство, что в объединенном коммутационном блоке одно управляющее устройство управляет процессами установления исходящих и входящих соединений, т. е. при работе блока как при режиме свободного искания, так и в режиме линейного искания.

режиме линейного искания, как правило, используются четырехзвенные схемы. Дальнейшее увеличение числа звеньев целесообразно лишь в тех случаях, когда требуется иметь коммутационную систему с большим числом выходов или когда для построения звеньевой схемы используются соединители (коммутаторы) с малым числом входов и выходов.

В отличие от декадно-шаговых АТС (рис. 4.27а), в координатных АТС коммутационное оборудование ступени предварительного искания и ступени линейного искания объединяются в единую схемно и конструктивно связанную коммутационную систему, образующую ступень абонентского искания (АИ). Такое построение является экономически целесообразным, так как повышает использование промежуточных линий, а следовательно, и координатных соединителей. Если бы ступени ПИ и ЛИ в координатных АТС строились так же, как в декадно-шаговых

В отечественных координатных АТС, как правило, ступень абонентского искания АИ строится по типу ПВ—ПВ.

4.9. Расчет звеньевых включений

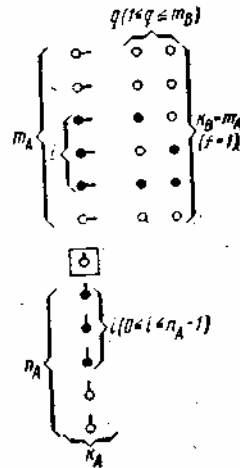
Расчет моделей, соответствующих блокирующим звеньевым схемам коммутации, аналитически строгими методами, например методом составления системы уравнений состояния, в большинстве случаев практически невозможен. Это объясняется очень большим числом состояний, в которых может находиться звеньевая схема, так как необходимо учитывать не только число занятых ее выходов и их расположение, но и число занятых промежуточных линий и их возможное расположение. Кроме того, нужно принимать во внимание взаимную зависимость между состояниями выходов и промежуточных линий звеньевой схемы. Поэтому для расчета блокирующих схем коммутации пользуются приближенными методами, к числу которых относится метод эффективной доступности, предложенный А. Д. Харкевичем.

Этим методом наиболее рационально пользоваться при расчете двухзвенных блокирующих коммутационных схем.

В односвязной двухзвенной блокирующей схеме, работающей в режиме группового искания ($q < m_B$), при отсутствии занятий любому из n_A входов каждого из k_A коммутаторов доступны все ее qk_B выходов (рис. 4.28), т. е. схема имеет доступность qk_B .

Эту доступность будем называть

Рис. 4.28. Односвязная ($f=1$) двухзвенная блокирующая схема коммутации в состоянии i занятых входов и новом занятии входа (показан в рамке) коммутатора звена А



максимальной D_{max} . При возникновении i занятий в любом из k_A коммутаторов звена А доступность для остальных $n_A - i$ входов этого коммутатора уменьшается и становится равной $D_i = q(k_B - i)$. По мере поступления вызовов на входы этого коммутатора ($i=1; 2; \dots; m_A=k_B$) доступность будет уменьшаться, пока не достигнет своего минимального значения D_{min} . Значение такой минимальной доступности зависит от структурных параметров и в общем случае для f -связного двухзвенного включения может быть определено из уравнения

$$D_{min} = \begin{cases} 0 & \text{при } m_A < n_A \text{ и } f \geq 1; \\ \frac{q}{f}(m_A - n_A + f) & \text{при } m_A \geq n_A \text{ и } f \geq 1. \end{cases} \quad (4.31)$$

Таким образом, в процессе поступления вызовов доступность D_i будет колебаться между предельными значениями $D_{min} \leq D_i \leq D_{max}$ около своего среднего значения \bar{D} , которое может быть определено по формуле математического ожидания:

$$\bar{D} = \sum_{i=0}^{m_A} D_i P_i, \quad (4.32)$$

где P_i — вероятность занятия i из m_A линий, принадлежащих одному из коммутаторов звена А. Вероятность P_i можно трактовать как долю времени, в течение которого существует доступность D_i . Тогда работу коммутационной схемы в интервале времени, соответствующем P_i , можно уподобить работе однозвенного НДВ с доступностью D_i , а потери сообщения p_i , которые возникнут, будут определяться значением доступности в это время. Другими словами, для рассматриваемой двухзвенной схемы существует эквивалентное с точки зрения потерь однозвенное НДВ на V линий. Доступность такого НДВ назовем *эффективной доступностью* и обозначим $D_{\text{э}}$. Для определения ее значения А. Д. Харкевич предложил уравнение

$$D_{\text{э}} = D_{min} + (\bar{D} - D_{min})Q, \quad (4.33)$$

где Q — множитель, значение которого, в общем случае, зависит от структурных параметров двухзвенного включения, интенсивности нагрузки, величины потерь сообщения и др. Для большинства

практических расчетов блокирующих двухзвенных включений можно принять $Q=0,7$, если $n_A \leq m_A$ ($\sigma_A > 1$), и $Q=0,9$, если $n_A > m_A$ ($\sigma_A < 1$).

Математическое ожидание доступности \bar{D} , входящее в уравнение (4.33), для односвязного ($f=1$) двухзвенного блокирующего включения найдем по формуле (4.32)

$$\bar{D} = \sum_{i=0}^{m_A} q(k_B - i)P_i = qk_B \sum_{i=0}^{m_A} P_i - q \sum_{i=0}^{m_A} iP_i = q(k_B - Y_{m_A}), \quad (4.34)$$

где $Y_{m_A} = \sum_{i=0}^{m_A} iP_i$ – интенсивность обслуженной нагрузки m_A выходами коммутатора звена A , а P_i – доля времени существования i занятий.

Для оценки значения \bar{D} в случае многосвязных двухзвенных блокирующих включений ($f \geq 1$) можно пользоваться выражением

$$\bar{D} = q \left[k_B - Y_{m_A}^f \frac{(m_A - f)!}{f(m_A - 1)!} \right]. \quad (4.35)$$

Поскольку значения q могут находиться в пределах $(1/k_B) \leq q \leq m_B$, полученные выражения для определения эффективной доступности D_{Σ} двухзвенных блокирующих схем включения можно использовать для расчета D_{Σ} при других режимах искания.

После определения значения D_{Σ} количество линий двухзвенного блокирующего включения при заданном значении потерь сообщения можно вычислить по (4.29).

Пример 4.4. Определить для координатной АТС число линий в направлении группового искания, необходимых для обслуживания нагрузки $Y=28$ Эрл при потерях сообщения $p=5\%$, если степень искания содержит $g=6$ шесть блоков ГИ с параметрами $n_A=15$; $k_A=4$; $m_A=20$; $f=1$ и $q=1$ при среднем значении нагрузки на вход блока $a=0,4$ Эрл.

Решение. Так как $m_A=20$, а $n_A=15$, то согласно (4.31) при $m_A > n_A$ минимальная доступность равна

$$D_{\min} = \frac{q}{f} (m_A - n_A + f) = \frac{1}{1} (20 - 15 + 1) = 6.$$

При заданной величине потерь интенсивность нагрузки, обслуженной выходами одного коммутатора звена A , можно считать равной интенсивности нагрузки, поступающей на этот коммутатор:

$$Y_{m_A} = a \cdot n_A = 0,4 \cdot 15 = 6 \text{ Эрл.}$$

Число коммутаторов на звене B при связности $f=1$ равно числу входов одного коммутатора звена A , т. е. $k_B=20$. Средняя пропускная способность D при связности $f=1$ определяется по формуле (4.34)

$$\bar{D} = q(k_B - Y_{m_A}) = 1(20 - 6) = 14.$$

Расчет эффективной доступности ведется по формуле (4.33). При этом можно положить $Q=0,7$, поскольку для заданного блока $m_A > n_A$:

$$D_{\Sigma} = D_{\min} + (\bar{D} - D_{\min})Q = 6 + (14 - 6) \cdot 0,7 = 11,6.$$

Для расчета требуемого числа линий пользуются формулой (4.29). Предварительно по табл. 4.5 путем линейной интерполяции при заданном значении $p=0,005$ и доступности D , равной найденному значению $D_{\Sigma}=11,6$, определяются коэффициенты α и β . Подставив найденные значения $\alpha=1,58$, $\beta=3,8$ в формулу (4.29), получим

$$V = \alpha Y + \beta = 1,58 \cdot 28 + 3,8 = 48.$$

Кроме описанного метода эффективной доступности для выполнения расчетов при проектировании АТС широко используется метод ЦНИИС ЛФ, основанный на применении заранее составленных таблиц, номограмм, графиков. Для их получения на ЭВМ было проведено моделирование процессов обслуживания вызовов конкретными звеньевыми системами, используемыми на n ступенях искания определенных станций. Результаты такого моделирования в сочетании с необходимыми аналитическими методами обеспечивают для звеньевых систем, применяемых в реальных АТС, определение зависимостей $V=f(Y)$. Для коммутационных блоков отечественных координатных АТС на основе такого подхода составлены таблицы, обеспечивающие расчет объема оборудования на этих станциях. В качестве примера на рис. 4.29 приведены зависимости $V=f(Y)$ для коммутационного блока $60 \times 80 \times 400$. Расчеты, выполняемые по методу ЦНИИС ЛФ, обеспечивают наибольшую по сравнению с другими методами точность, так как учитывают все факторы, оказывающие влияние на пропускную способность звеньевых систем конкретных ступеней искания.

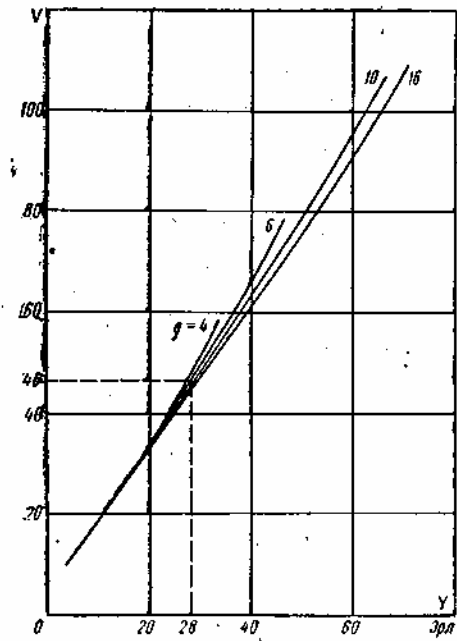


Рис. 4.29. Зависимость емкости пучка линий от интенсивности поступающей нагрузки при $P=0,005$; $a=0,4$ Эрл; $D=20$ для коммутационного блока $60 \times 80 \times 400$

Пр и м е р 4.5. Определить методом ЦНИИС ЛФ емкость пучка линий, включенного в выходы ступени ГИ координатной АТС при условиях, приведенных в примере 4.4.

Решение. При заданных значениях $p=5\%$, $a=0,4$ Эрл может быть использован график $V=f(Y)$ для $g=6$ (рис. 4.29). В этом случае при $Y=28$ Эрл требуется $V=46$ линий.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

5.1. Индивидуальные и общие управляющие устройства. Непосредственное и косвенное управление

Соединение через коммутационную систему (КС) АТС, т. е. соединение между входом и выходом КС, производится управляющими устройствами УУ автоматических телефонных станций. Управляющие устройства могут быть *индивидуальными* или *общими*. Индивидуальные управляющие устройства применяются в АТС декадно-шаговой системы, на которых работой каждого коммутационного устройства КУ (искателя) в процессе установления соединения управляет свое индивидуальное УУ (рис. 5.1а). Если станции имеют несколько ступеней искания, то вход каждой ступени искания оборудуется коммутационным прибором и его управляющим устройством (рис. 5.1б).

Процесс установления соединения через коммутационную систему АТС с индивидуальным управлением происходит одновременно с поступлением от абонента номерной информации. При таком способе установления соединения, называемом *непосредственным*, импульсы набора номера поступают в управляющие устройства соответствующих искателей и транслируются затем в электромагниты искателей. Таким образом, коммутация соединительного пути осуществляется одновременно с набором номера. Управление приборами на соответствующих ступенях искания производится последовательно по мере набора номера, т. е. по мере поступления серий импульсов при наборе вызывающим абонентом номера вызываемого абонента. Последней ступенью является ступень ЛИ; поэтому УУ этой ступени устанавливает линейный искатель на линию вызываемого абонента, производит пробу этой линии (т. е. определяет, свободна она или нет), и если она свободна,

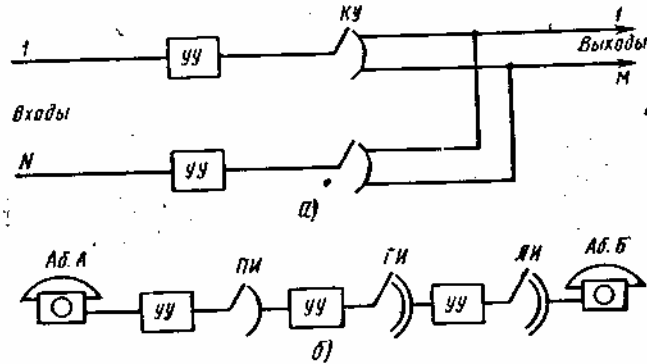


Рис. 5.1. Структурная схема связи коммутационных приборов с индивидуальными УУ: а — при N приборах на одной ступени искания; б — при нескольких ступенях искания

то создает сквозное соединение между вызвавшим и вызываемым абонентами.

Кроме того, управляющие устройства посылают вызывной сигнал вызываемому абоненту и сигнал контроля посылки вызова вызываемому абоненту. При снятии вызванным абонентом микрофонной трубки на станцию поступает сигнал «Ответ абонента», который воспринимается УУ и благодаря этому прекращается посылка вызывного сигнала и устанавливается разговорная цепь между абонентами. После окончания разговора и отбоя со стороны одного из абонентов в управляющее устройство поступает сигнал «Отбой», вследствие чего с помощью УУ создаются условия для возвращения искателей в исходное состояние.

Характерной особенностью систем с индивидуальным управлением является то, что УУ оказываются занятыми не только во время установления соединения, но и во время разговора, т. е. до момента поступления сигнала «Отбой», хотя никаких действий не производят. Такое состояние простоя является нерациональным и снижает эффективность использования индивидуальных УУ.

Общие управляющие устройства в зависимости от степени централизации управления делятся на групповые и общестанционные. В соответствии с этим по структуре управления процессами установления соединений различают АТС двух видов: с групповым (общим) управлением и с общестанционным централизованным управлением. Групповое управление в основном используется в АТС, с управлением по ступеням искания. Каждая ступень искания таких АТС комплектуется коммутационными блоками (КБ) со своими управляющими устройствами (рис. 5.2). Управление по ступеням искания с общими УУ характеризуется тем, что все процессы по установлению соединений в пределах одного блока определенной ступени искания производятся одним управляющим устройством. После установления соединения УУ данной ступени искания освобождается, а установлением соединения на следующей ступени искания будет управлять другое УУ. Соединения на каждой ступени искания устанавливаются независимо от возможностей следующей ступени. Такие УУ занимают только на

время установления соединения через коммутационные блоки, которые они обслуживают. После этого они освобождаются и могут принять новый вызов.

Групповое управление используется, например, в АТС координатной системы. Так, в отечественных координатных АТС блок ступени абонентского искания, во входы которого включается 100 абонентских линий (100 входов), обслуживается одним групповым (общим) управляющим устройством, называемым *маркером*.

Количество входов в каждый блок, обслуживаемое одним УУ, определяется многими факторами, основным из которых является быстродействие как самого УУ, так и коммутационных приборов, входящих в сферу обслуживания данного УУ. Чем больше скорость УУ, тем больше количество линий (входов) оно может обслужить с заданным качеством, и следовательно, тем больше входов можно включить в один коммутационный блок. Этим сокращается количество коммутационных блоков и управляющих устройств. В пределе, при очень большой скорости действия УУ, оборудование ступени искания может быть сконцентрировано в одном блоке.

Из сказанного видно, что общие управляющие устройства могут иметь разную степень централизации и обслуживать один из коммутационных блоков ступени искания, обслуживать целую ступень коммутации или даже всю коммутационную систему узла связи.

В системах с общими управляющими устройствами применяется косвенное управление, которое отличается от непосредственного управления тем, что информация о номере вызываемого абонента поступает не непосредственно в УУ, а в специальные приборы — *регистры*. Поэтому такую систему управления называют также *регистровым управлением* (рис. 5.3).

Регистр осуществляет прием от вызывающего абонента цифр номера вызываемого абонента, накопление (фиксацию) его, обработку этой информации и выдачу ее в виде управляющих сигналов в общее управляющее устройство (маркер) для установления соединения в пределах коммутационного блока, обслуживаемого данным УУ. Процесс установления соединения в системах с регистровым управлением рассмотрим на примере координатной АТС (рис. 5.3). При снятии абонентом трубки его линия с помощью маркера коммутационного блока ступени абонентского искания (МАИ) подключается к линейному комплексу, который называется шнуровым комплектом (ШК). Маркер ступени АИ, установив соединение с ШК, освобождается и может приступать к обслуживанию новых вызовов. Число шнуровых комплектов равно числу соединительных разговорных трактов. К занявшемуся ШК через ступень, регистрового искания (РИ) подключается свободный регистр и подает в аппарат вызвавшего абонента тональный сигнал готовности станции («Ответ станции») к приему номера вызываемого абонента.

Номер, набранный абонентом последовательно, цифра за цифрой полностью принимается и запоминается (фиксируется) регистром. После этого по запросу маркера первой ступени группового искания МГИ регистр выдает информацию о первой цифре номера, на основании которой маркер выбирает дальнейшее направление связи и создает соединительный тракт через свой коммутационный блок. Оставшуюся часть информации регистр передает в маркер второй ступени ГИ и в маркер ступени АИ для установления соединения с вызываемым абонентом. Маркеры ступеней ГИ и АИ после установления соединения на обслуживаемой ими ступени немедленно освобождаются, так как они являются общими управляющими устройствами и нужны для обслуживания других вызовов. Освобождается регистр, являющийся также общим устройством. С целью сокращения времени занятия регистров и особенно маркеров на ступенях искания передача информации между ними осуществляется быстродействующим кодом.

Таким образом, регистры при обслуживании вызовов участвуют лишь в процессе установления соединения и не занимают во время разговора, поэтому количество регистров всегда намного меньше количества соединительных трактов. Время занятия регистра определяется в основном количеством набираемых знаков номера и зависит от быстроты действия абонента при наборе номера. При расчетах на набор одной цифры отводится 1,5 с. Время занятия маркера на установление соединения не зависит от абонента и определяется в основном скоростью действия его блоков при приеме

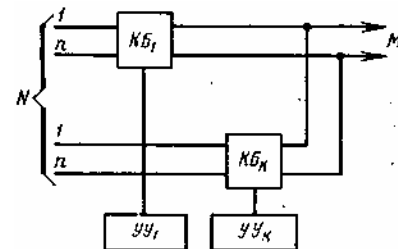


Рис. 5.2. Коммутационные блоки с общими (групповыми) УУ

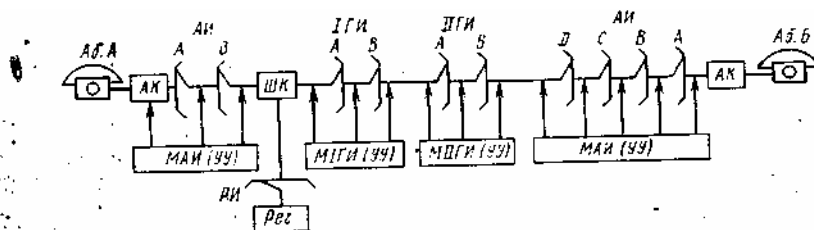


Рис. 5.3. Структурная схема АТС с регистровым управлением и групповыми (общими) УУ

и передаче различных сигналов управления и команд. В АТС электромеханических систем среднее время занятия маркера на обслуживание одного вызова составляет от 0,5 до 1,5 с. Поэтому число регистров всегда больше числа маркеров, но меньше числа шнуровых комплектов, которыми оборудуется каждый соединительный тракт. Подключение небольшого числа регистров к значительному числу соединительных трактов в основном осуществляется через, отдельную ступень искания — ступень РИ (см. рис. 5.3). Регистры объединяются в отдельную общую группу, из которой при поступлении вызова выбирается свободный регистр для обслуживания данного вызова (рис. 5.4).

В регистровой (косвенной) системе управления процесс приема информации о номере вызываемого абонента и процесс установления соединения разделены во времени, что дает по сравнению с непосредственным управлением определенные преимущества.

Прежде всего следует отметить, что при непосредственном управлении время занятия приборов, линий и каналов зависит от вызываемого абонента. При задержании в наборе цифр номера каналы и приборы будут непроизводительно заняты. Это

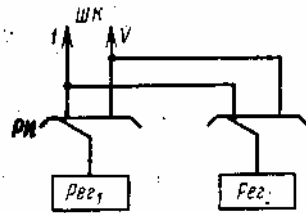


Рис. 5.4. Построение ступени регистрового искания РИ

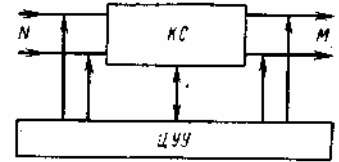


Рис. 5.5. Принцип построения общестанционной централизованной системы управления

особенно опасно при междугородной связи. При регистровом управлении время занятия линий и коммутационных приборов не зависит от абонента, так как занятие каналов и установление соединений может начинаться лишь после приема от абонента всех цифр номера. Еще более важным является то обстоятельство, что время действия маркера, как общего УУ, становится независимым от скорости манипуляций абонента при наборе номера.

Регистровое управление позволяет при необходимости (например, при занятости или повреждении основного направления) устанавливать соединение через обходные направления связи. При регистровом управлении, в отличие от непосредственного управления, нет жесткой связи между количеством знаков абонентского номера и количеством ступеней искания. Применение регистрового управления обеспечивает более экономичное построение городских и междугородных телефонных сетей.

В системах с общестанционным централизованным управлением станционное коммутационное оборудование не подразделяется на ступени искания, а представляет собой единую коммутационную систему (рис. 5.5). В соответствии с этим все процессы установления соединений в пределах станции осуществляются одним общим центральным управляющим устройством (ЦУУ). По сравнению с управлением по ступеням искания централизованная система управления имеет ряд существенных преимуществ. При управлении по ступеням искания свободный соединительный путь, т. е. выход к следующей ступени искания, выбирается без учета возможности дальнейшего соединения на следующей ступени искания. В этом случае проверяется лишь часть станционного пути, ограниченная доступностью данной ступени искания. Если на какой-либо ступени искания отсутствует возможность дальнейшего установления соединения, то повторная попытка установления соединения затруднительна, так как в установлении одного соединения участвуют несколько разных УУ.

Централизованное управление устраняет эти недостатки, так как при этой системе управления используются одна объединенная коммутационная система и одно управляющее устройство, которое, выбирая свободный соединительный путь, испытывает все доступные пути подключения вызвавшего входа к требуемому выходу. Поэтому на станциях с централизованным, общестанционным управлением объем как коммутационного, так и управляющего оборудования меньше, чем на станциях с управлением по ступеням искания. Однако общестанционное УУ должно иметь большую скорость с тем, чтобы темп его действия по обслуживанию вызовов или совпадал, или превосходил темп поступления вызовов. В противном случае могут возникнуть очереди вызовов, и это может привести к недопустимой задержке обслуживания вызовов сверх заданной нормы времени.

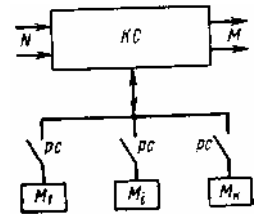


Рис. 5.6. Подключение маркеров при общестанционной системе управления

В электронных и квазиэлектронных узлах коммутации, где в качестве ЦУУ используются быстродействующие электронные управляющие машины (ЭУМ), централизация управления весьма эффективна и обеспечивает требуемое качество обслуживания вызовов.

В АТС электромеханических систем (например, в координатных АТС), в которых применяются электромагнитные механизмы, наличие лишь одного ЦУУ (маркера) не может обеспечить нормального функционирования АТС городского или междугородного типа из-за сравнительно небольшой

скорости действия управляющего устройства. Поэтому для общестанционного централизованного управления используется не один, а группа однотипных маркеров (рис. 5.6). При поступлении вызова любой из свободных маркеров может с помощью специальных релейных соединителей РС вступить в действие по обслуживанию данного вызова.

5.2. Формирование и кодирование сигналов

При установлении соединений в процессе автоматической коммутации происходит обмен информацией между отдельными взаимодействующими устройствами, образующими соединительный тракт между аппаратами вызывающего и вызываемого абонентов. Этот обмен осуществляется путем передачи электрических сигналов, которые принимаются и расшифровываются аппаратурой приемного пункта.

Основными требованиями, предъявляемыми к системам передачи сигналов, являются: высокая скорость и верность передачи информации, простота устройств, осуществляющих формирование, передачу и прием сигналов, а также надежность функционирования системы. Для распознавания сигналов пользуются различными отличительными признаками: максимальное значение, длительность, полярность, количество импульсов и частота. В табл. 5.1 приведены отличительные признаки при передаче сигналов постоянным и переменным токами.

Максимальное значение характеризуется величиной тока, посылаемого передатчиком. Смена значения признака производится сравнительно легко — изменением сопротивления в цепи передачи сигналов. Расшифровка сигналов по их максимальному значению осуществляется приемниками с различной чувствительностью. Этот признак достаточно просто образуется, однако искажения сигнала из-за нестабильности параметров линии и действия внешних цепей ограничивают его использование при передаче сигналов по линиям.

Применение *полярного* признака весьма удобно вследствие простоты образования сигнала и расшифровки. Помехоустойчивость полярного признака достаточно высокая, однако наличие лишь двух значений является заметным ограничением.

Длительность является достаточно устойчивым признаком при передаче сигнала по каналам связи. Основным недостатком этого признака является трудность образования и особенно приема большого числа его значений. В практике используются только три значения этого признака.

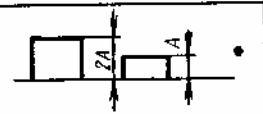
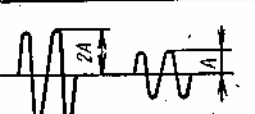
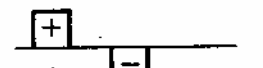

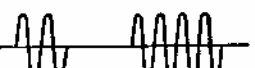
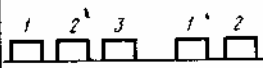
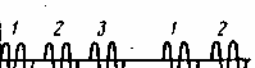
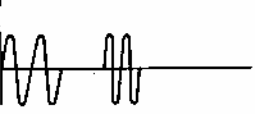
Числовой признак характеризуется количеством импульсов. Сигналы отличаются один от другого числом импульсов. Числовой признак легко воспроизводится, передается и различается, поэтому он находит широкое применение при передаче сигналов как постоянным, так и переменным током.

При использовании *частотного* признака сигналы передаются токами различных частот тонального спектра. На передающем конце смена признака осуществляется подключением к каналу соответствующих генераторов. На приемном конце расшифровка производится выделением частоты с помощью электрических фильтров.

Частотный признак является одним из наиболее устойчивых и допускает работу по каналам тональной частоты любых видов. Это объясняется тем, что токи сигналов по своим параметрам не отличаются от разговорных токов. Одним из важных достоинств частотного признака является возможность практического использования довольно большого числа различных его значений, что облегчает условие построения системы передачи информации.

Следует выделить еще один отличительный признак, который хотя и не обладает определенным вещественным параметром, однако имеет существенное значение в процессе передачи информации. Речь идет о *моментах*, т. е. логической последовательности действия

Таблица 5.1
Отличительные признаки, используемые для распознавания сигналов

Отличительный признак сигнала	Графическое изображение сигнала	
	Постоянного тока	Переменного тока
Максимальное значение A		
Полярность		—
Длительность t		
Количество импульсов		
Частота f	—	

системы относительно этапа установления соединения. Например, в междугородной связи сигналы «Занято» (вызываемый абонент занят) и «Отбой» (абонент повесил трубку после разговора) в некоторых системах МТС передаются одинаковым сигналом (например, одинаковой частоты). Хотя сигнал имеет один и тот же параметр (отличительный признак), однако ясно, что поступление этого сигнала после начала разговора не может быть сигналом «Занято», а будет означать, что абонент повесил трубку, т. е. дал отбой. Поэтому для большинства сигналов можно повторно использовать сигналы с одинаковыми характеристиками.

Выбор признака сигналов для образования системы передачи информации зависит от того, насколько отдельные признаки устойчивы при передаче по линиям и каналам связи, сколько значений этого признака может быть передано, насколько удобно и экономично воспроизведение различных значений данного признака.

В автоматической телефонии, в процессе установления соединения между двумя любыми пунктами сети связи достаточно, чтобы электрические сигналы одного направления имели до 15 отличающихся друг от друга значений. Причем десять значений необходимы для передачи десяти цифр (0—9) номера абонента.

Передачу информации можно осуществлять без кодирования, т. е. пользуясь одним отличительным признаком, но такая система передачи будет либо неэкономичной, либо не обеспечит необходимой скорости или верности при передаче сигналов. Если, например, при передаче всех необходимых сигналов основным считать числовой отличительный признак, то скорость понизится, так как для передачи некоторых сигналов потребуется большое количество импульсов. Кроме того, из-за недостаточной помехозащищенности может произойти пропадание, раздвоение или слияние отдельных импульсов, вследствие чего информация будет искажена на приеме. Наибольшая скорость обеспечивается частотным отличительным признаком, так как для каждого сигнала требуется передать лишь один импульс определенной частоты (см. табл. 5.1). Однако система передачи, в которой для передачи информации используется один частотный признак (без кодирования), является сложной и неэкономичной, так как на передающем конце требуется большое количество генераторов (по числу передаваемых сигналов), а на приемном конце — большое количество фильтров для разделения частот.

Система передачи сигналов называется *некодированной*, если сигналы отличаются друг от друга только одним значением одного признака.

Система передачи сигналов называется *кодированной*, если каждому сигналу соответствует сочетание различных отличительных признаков или несколько значений одного признака. Кодированная система обеспечивает передачу сигналов с большой скоростью. Кроме того, кодированная система передачи является более экономичной. В современных системах АТС кодирование сигналов осуществляется:

полярно-числовым кодом, когда сигналы образуются с использованием полярного и числового признаков, т. е. сигналы отличаются полярностями и количеством импульсов с постоянными максимальными значениями и длительностями каждого импульса;

амплитудно-полярным кодом, когда сигналы отличаются максимальными значениями и полярностями импульсов тока при постоянных значениях длительности каждого импульса.

В технике автоматической коммутации используются и другие сигнальные коды. С целью сокращения времени передачи сигнала необходимо стремиться к образованию кодов, содержащих меньшее число последовательно передаваемых импульсов тока. Наиболее быстродействующим будет такой код, при котором передача каждого отдельного сигнала (цифры) осуществляется передачей одного импульса. Примером такого кода является рекомендованный МККТТ сигнальный код № 5, получивший большое распространение как у нас в Советском Союзе, так и за рубежом. С помощью этого кода, который также называется кодом «2 из 5» или «2 из 6», сигналы можно передавать как постоянным, так и переменным током. Наибольшее применение находит частотная (многочастотная) система передачи информации, так как она может быть использована и при передаче по физическим цепям и при передаче по уплотненным линиям связи. Это позволяет использовать единую систему передачи информации как в городской, так и в междугородной и сельской автоматической телефонной связи.

Сущность кода «2 из 5», основанного на использовании сочетаний различных значений частотного признака, заключается в том, что каждому сигналу или каждой цифре, которую необходимо передать, присваивается значение двух частот из имеющихся пяти. Общее число комбинаций N , которое получается при такой системе кодирования, определяется как число сочетаний из m элементов по n :

$$N = C_m^n = \frac{m!}{(m-n)! n!}$$

Для кода «2 из 5» $m=5$, $n=2$. В этом случае $N=C_5^2=10$. Для кода «2 из 6» $N=C_6^2=15$. Таким образом, каждый сигнал (цифра) передается всегда одним импульсом, представляющим собой комбинацию токов двух различных частот. При выборе значений частот кодирования обычно исходят из частотного диапазона телефонного канала. Кроме того, для повышения надежности частоты выбирают так, чтобы их гармоники не совпадали с принятыми значениями частот. Учитывая сказанное, для кода «2 из 6» рекомендуются частоты 700; 900; 1100; 1300; 1500; 1700 Гц, а для кода «2 из 5» — первые пять частот.

В современных системах АТС максимальное количество обратных сигналов не превышает 10. В прямом же направлении, т. е. в направлении установления соединения (из регистра в маркеры) требуется 10 сигналов для передачи цифр номера и два-три сигнала для передачи служебной информации. Так как из регистра в маркеры требуется передать больше 10 различных сигналов, но не более 15, то в этом случае используется код «2 из 6», обеспечивающий образование 15 двухчастотных комбинаций. Для передачи обратных сигналов из маркера в регистр во многих случаях достаточно иметь 10 двухчастотных комбинаций. В этом случае применяется код «2 из 5».

Коды «2 из 5» и «2 из 6» являются *равномерными*, т. е. характеризуются одинаковым числом элементов в каждой кодовой комбинации. В нашем случае число частот при передаче каждого сигнала (цифры) постоянно и равно двум. Такой равномерный код является самопроверяющим кодом, так как случайное исчезновение или появление тока другой частоты здесь может быть проконтролировано. Приемное устройство реагирует лишь на те сигналы, которые содержат токи двух частот. На принципе простой проверки числа принятых частот строится схема числовой защиты, предотвращающая исполнение ложного приказа, возникающего при появлении количественных искажений. При приеме ложного сигнала передается сигнал о повторении ранее переданной информации, чем повышается верность передачи сигналов.

Если каждый сигнал содержит неодинаковое число элементов, то такой код называется *неравномерным*. Кодом «2 из 5» или «2 из 6» информация может быть передана и постоянным током. В данном случае речь идет не о количестве частот, а количестве проводов. Для передачи сигналов кодом «2 из 5» постоянным током необходимы пять проводов (рис. 5.7). На передающем конце многопроводного тракта имеется кодирующая схема (на рис. 5.7 не показана), управляющая контактной системой кодовых реле $K_1—K_5$, а на приемном конце — пять приемников (например, пять приемных реле). Каждый сигнал (цифра) передается при замыкании контактов любых двух кодовых реле $K_1—K_5$. Всего, как известно, при этом коде можно передать максимально 10 сигналов (например, любую цифру из 10).

Такое же количество сигналов можно передать без кодирования, если использовать десятипроводный тракт передачи и 10 приемных реле. При передаче каждого сигнала (цифры) на соответствующий провод подается плюс батареи. Например, если необходимо передать цифру 1, то плюс подается по первому проводу, цифру 2 — по второму проводу и т. д. В обоих случаях скорость передачи будет одинаковой, однако при кодированной передаче достаточно иметь пятипроводный тракт передачи, вместо десятипроводного тракта при некодированной. В этом и сказывается неэкономичность некодированной передачи информации.

Для повышения скорости используется *параллельный* способ передачи информации. Такая задача возникает в основном при передаче адресной информации, т. е. при передаче цифр номера. Сущность этого способа заключается в том, что цифры передаются не последовательно одна за другой, а одновременно в одном временном такте, но каждая по своей цепи. Поэтому требуется не один пятипроводный (или десятипроводный) тракт, а столько трактов, сколько цифр необходимо передать. Принцип параллельной, (одновременной) передачи номера из семи цифр при использовании кода «2 из 5» показан на рис. 5.8. Каждый сигнал развертывается не во времени, а в пространстве и передается по отдельным цепям. Для нашего примера понадобится семь пятипроводных трактов, т. е. 35 проводов с необходимым оборудованием управления. Параллельный способ передачи сигналов обеспечивает

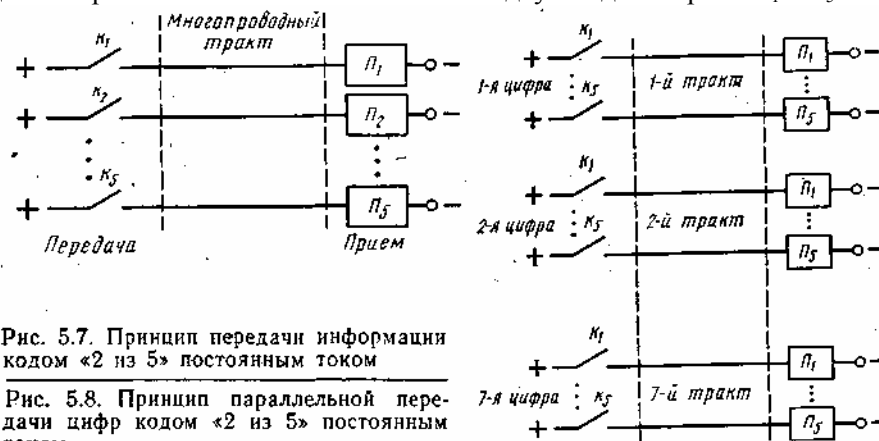


Рис. 5.7. Принцип передачи информации кодом «2 из 5» постоянным током

Рис. 5.8. Принцип параллельной передачи цифр кодом «2 из 5» постоянным током

высокое быстродействие, однако он неэкономичен в силу необходимости использования большого числа проводов. Поэтому он используется лишь при передаче информации внутри станции с общими управляющими устройствами, для которых скорость передачи информации имеет важное значение.

Для межстанционной связи применять параллельный способ передачи нельзя, так как станции соединяются между собой двухпроводными трактами. Поэтому передача сигналов между станциями городской, сельской и междугородной сетей осуществляется *последовательным* способом, и если эти станции имеют регистровое управление, то чаще всего применяется многочастотный код «2 из 5». Последовательная передача сигналов характеризуется тем, что все цифры номера передаются не одновременно, а последовательно друг за другом. Время передачи информации здесь будет больше, чем при параллельном способе.

5.3. Передача информации кодом «2 из 6» («2 из 5»)

Для передачи и приема прямых и обратных сигналов кодом «2 из 6» (рис. 5.9) между регистром и маркерами оба конца тракта передачи оборудуются передатчиками и приемниками этих сигналов, т. е. устройствами для приема и передачи информации. Эти устройства называются кодовыми *приемо-передатчиками* (КПП). В качестве передатчиков используются генераторы, вырабатывающие токи сигнальных частот ($f_0, f_1, f_2, f_4, f_7, F_{11}$). К передающей части относится также группа кодовых реле $K_1—K_6$ (или $K_1—K_5$), через контакты которых в каждый момент передачи к соединительному тракту (линии) подключаются выходы двух соответствующих генераторов сигнальных частот. Управляет работой этих реле кодирующая схема, которая в зависимости от цифры (номера сигнала), подлежащей передаче, включает определенные два реле. Этим самым осуществляется процесс кодирования, т. е. процесс образования электрического двухчастотного сигнала. На рис. 5.9 с целью упрощения обмотки кодовых реле и кодирующая схема не показаны.

К приемной части относятся электронный кодовый приемник (КП) и дешифратор. В кодовом приемнике выделение частот осуществляется фильтрами $\Phi_0—\Phi_{11}$, каждый из которых настроен на одну определенную сигнальную частоту (или резонансными контурами РК). После выделения токи двух частот усиливаются, выпрямляются и подводятся к соответствующим приемным реле из числа $\Pi_1—\Pi_6$. При поступлении каждого сигнала всегда срабатывают определенные два реле из шести (или из пяти). Контакты реле $\Pi_1—\Pi_6$ образуют схему дешифратора для обратного преобразования сигнала, переданного кодом «2 из 6» (или «2 из 5»), в электрические сигналы, удобные для реализации. С помощью этого же дешифратора (контактной пирамиды), построенного на контактах реле $\Pi_1—\Pi_6$ или $\Pi_1—\Pi_5$, проверяется правильность передаваемой информации, т. е. контролируется количество сработавших приемных реле. Если количество сработавших приемных реле будет меньше или больше двух, то это отмечается как ошибка и повторно запрашивается данный сигнал.

Оба конца канала оборудованы одинаково; если передача производится из регистра в маркер, то со стороны регистра подключается передающая часть, а со стороны маркера — приемная часть. Передающая и приемная части КПП подключаются к тракту передачи через схему коммутации, которая показана на рис. 5.9 в виде переключающего контакта К. После того как кодовый приемник маркера принимает двухчастотный сигнал, схема перестраивается на передачу информации из маркера в регистр. Информация из маркера в регистр передается аналогично, но в этом случае контакты К подключают к линии передающую часть маркера и приемную часть регистра. Длительность передачи двухчастотного сигнала по линии определяется скоростью действия приемных исполнительных элементов. При использовании в качестве приемных элементов электромагнитных реле длительность передачи с учетом некоторого резерва составляет 30—40 мс.

Генераторное оборудование обычно является общестанционным и представляет собой блок из

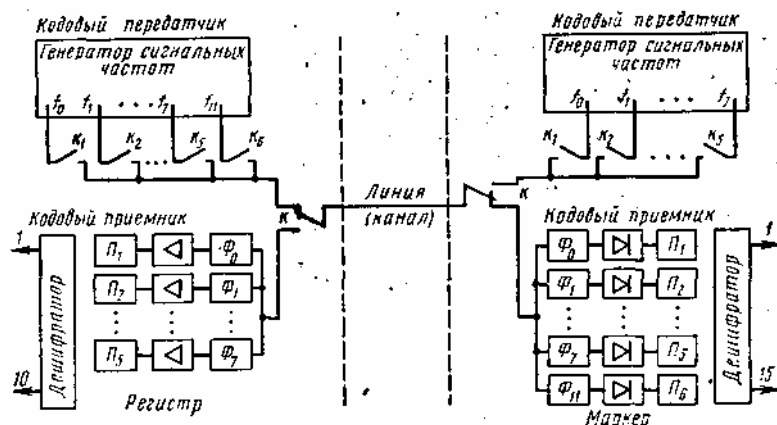


Рис. 5.9. Функциональная схема взаимной передачи информации между регистром и маркером кодом «2 из 6» и «2 из 5»

шести генераторов, имеющих несложную схему.

Кодовый приемник КП предназначен для приема тональных сигналов, передаваемых кодом «2 из 6» («2 из 5»), и преобразования их в импульсы постоянного тока, необходимые для управления работой приемных реле П. Приемник обладает избирательным свойством для шести частот тонального диапазона, используемых в качестве сигнальных: 700, 900, 1100, 1300, 1500, 1700 Гц. Функциональная схема КП приведена на рис.

5.10. Кодовый приемник состоит из удлинителя (Удл), фильтра (Ф), предварительного усилителя (ПУ), шести частотно-зависимых резонансных контуров (РК₁—РК₆), общей вычитающей (компенсирующей) цепи (ВЦ) и шести оконечных усилителей постоянного тока (УПТ). Входной удлинитель обеспечивает постоянство входного сопротивления приемника, равного 600 Ом. Фильтр необходим для ограничения полосы пропускания предварительного усилителя (700—1700 Гц).

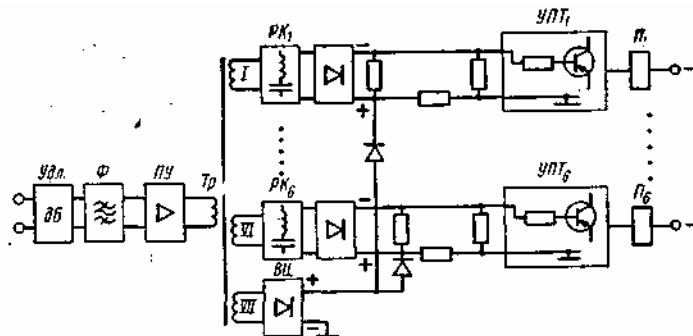


Рис. 5.10. Упрощенная принципиальная схема кодового приемника

(700—1700 Гц).

Трехкаскадный предварительный усилитель низкой частоты повышает уровень поступающих токов до величины, необходимой для срабатывания оконечных триггерных схем. Ко вторичным обмоткам выходного трансформатора предварительного усилителя подключается шесть частотно-зависимых цепей, представляющих собой последовательные колебательные контуры (РК₁—РК₆), настроенные на рабочие сигнальные частоты. Напряжение, снимаемое с контура, выпрямляется диодными мостами основного напряжения и подается на входы оконечных усилителей УЛТ₁—УЛТ₆. К седьмой обмотке выходного трансформатора подключен выпрямительный мост, напряжение с которого через диоды также подается на входы оконечных усилителей в противофазе основному напряжению. Таким образом, результирующее напряжение, воздействующее на вход оконечного усилителя, равно разности отрицательного напряжения, поступающего с частотно-зависимой цепи, и положительного, поступающего с вычитающей цепи. При поступлении двухчастотного импульса кодовый приемник с помощью двух соответствующих колебательных контуров выделяет токи этих частот и после их усиления вводит в действие определенные два реле из числа П₁—П₆. В других колебательных контурах возникающие напряжения не должны быть достаточными для возбуждения приемных реле, т. е. остальные цепи должны быть заблокированы. Функцию блокировки выполняет вычитающая цепь.

5.4. Классификация сигналов

Согласно рекомендациям МККТТ сигналы, передаваемые по линиям и каналам связи, в процессе установления соединения делятся на *линейные* сигналы (*сигналы взаимодействия*), сигналы *управления* и *акустические* (осведомительные).

Линейные сигналы могут, передаваться на любом этапе установления соединения с момента начала установления соединения и до освобождения линии (канала), т. е. с начала занятия станции и до освобождения занятого соединительного пути. К линейным сигналам относятся: сигнал вызова абонентом станции, сигнал занятия канала или входа в коммутационную систему, сигнал ответа вызываемого абонента, сигналы отбоя со стороны вызывающего и вызываемого абонентов, сигнал разъединения, по которому происходит освобождение приборов занятого соединительного тракта. В некоторых системах АТС и МТС могут быть использованы и другие линейные сигналы.

Сигналы управления, в отличие от линейных сигналов, передаются лишь в процессе установления соединения; под их воздействием образуется соединительный тракт между линиями вызывающего и вызываемого абонентов. К сигналам управления относятся сигналы набора номера вызываемого абонента (адресная информация), а также различные сигналы, передаваемые в процессе установления соединения между централизованными управляющими устройствами, например обратные сигналы из маркера в регистр при передаче номерной информации.

Акустические сигналы служат для информации абонентов о ходе процесса установления соединения, например, о свободности или занятости требуемых каналов, линий и др. Такими сигналами являются: «Ответ станции», «Посылка вызова», «Контроль посылки вызова» и «Занято». Сигналы посылки вызова передаются переменным током частотой 25 Гц, который воздействует на звонок те-

лефонного аппарата, извещает вызываемого абонента о поступившем вызове. Остальные акустические сигналы передаются переменным током частотой 425 Гц и отличаются друг от друга длительностью посылки и интервалами между ними. Акустические сигналы на АТС вырабатываются сигнально-вызывным устройством (СВУ), в состав которого входят генераторы этих сигналов, а также устройство их прерывания.

Разделение сигналов на линейные и управляющие связано с различными требованиями к системе передачи этих сигналов. К системе передачи сигналов управления предъявляются повышенные требования по быстродействию, так как скоростью передачи этих сигналов в значительной степени определяется время установления соединения. В системах с общими управляющими устройствами и с регистровым управлением процесс установления соединения начинается лишь, после приема от вызывающего абонента всех цифр номера вызываемого абонента. В связи с этим сигналы управления в процессе установления соединения должны передаваться с большой скоростью для уменьшения времени занятия регистров и маркеров, а также времени ожидания абонентов. Линейные сигналы не связаны с процессом установления соединения и скорость их передачи может быть не такой высокой как сигналов управления.

При передаче сигналов управления и линейных сигналов используются различные способы кодирования. Для передачи сигналов управления применяются быстродействующие коды «2 из 5» и «2 из 6», а для передачи линейных сигналов — коды, при образовании сигналов которых используются такие отличительные признаки, как длительность и полярность импульсов, а также частота тока. В связи с этим применяется различное оборудование, для приема и передачи сигналов управления и линейных сигналов.

В городских и междугородных системах коммутации с регистровым управлением для приема и передачи используются кодовые приемопередатчики, входящие в состав регистров и маркеров. Линейные же сигналы принимаются и передаются линейными и шнуровыми комплектами, непосредственно закрепленными за каждой линией (каналом), т. е. входящими в состав соединительного тракта. К линейным комплектам относятся абонентские комплекты, исходящие и входящие комплекты соединительных линий (ИКСЛ и ВКСЛ). В отличие от регистров и маркеров, которые отключаются после окончания процесса установления соединения, линейные и шнуровые комплекты остаются в рабочем состоянии и во время разговора, а их приемные устройства всегда готовы (находятся в состоянии ожидания) к приему линейных сигналов отбоя и разъединения. При этом следует иметь ввиду следующее. Сигналы управления во всех современных системах АТС передаются между общими, централизованными устройствами, число которых во много раз меньше соединительных трактов, в то время как линейные сигналы передаются между линейными (шнуровыми) комплектами, которыми оборудуется каждый соединительный тракт. Поэтому схема передачи и приема линейных сигналов должна быть максимально простой, так как входит в состав массового оборудования.

Передача сигналов управления в кодированном виде (кодом, «2 из 6») может осуществляться «импульсным челноком», «импульсным пакетом» и «безынтервальным импульсным пакетом». При передаче сигналов управления, например цифр номера, «импульсным челноком» (рис. 5.11а) после каждой цифры (например, из регистра в маркер) передается ответный (обратный) сигнал подтверждения о приеме этой цифры и необходимости передачи следующей цифры, если цифра принята, правильно, или о повторении переданной цифры, если она не была принята правильно (например, вместо двух частот поступила одна частота). На рис. 5.11 каждый импульс представляет собой двухчастотный сигнал, характеризующий цифру передаваемого номера.

Передача «импульсным пакетом» (рис. 5.11б) характеризуется тем, что все цифры следуют друг за другом через определенный интервал и после приема всех цифр (всего пакета) передается ответный сигнал, подтверждающий правильность приема, если в принятой комбинации ошибки не обнаружены. При обнаружении ошибки приемным устройством в обратном направлении передается сигнал «Повторить переданную информацию». Передача сигналов пакетом осуществляется быстрее, чем челноком, однако этот способ целесообразен в тех случаях, когда для управления соединением требуется весь номер абонента, т. е. на станциях с одним центральным управляющим устройством, например в квазиэлектронных АТС или АМТС. В тех случаях, когда номерная информация обрабатывается управляющим устройством по частям — по ступеням искания (например, на сетях с АТС координатной системы), передавать ее пакетом нельзя.

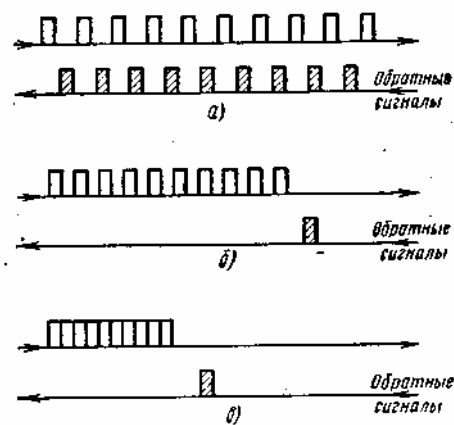


Рис. 5.11. Способы передачи сигналов управления

Способ «безынтервальный импульсный пакет» предусматривает (рис. 5.11в) передачу всех сигналов без интервалов между ними. Это позволяет значительно уменьшить время передачи информации, что во многих случаях очень важно. Расшифровка отдельных цифр при отсутствии интервалов производится за счет смены «качества», т. е. смены хотя бы одной частоты двухчастотной комбинации. В то же время при передаче безынтервальным пакетом возникают трудности, если подряд одна за другой передаются одинаковые цифры, т. е. если друг за другом передаются одинаковые двухчастотные комбинации, без изменения «качества сигнала». В этих случаях передают служебный двухчастотный сигнал повторения, не несущий никакой номерной информации. Этот сигнал передается вместо одинаковых цифр, расположенных на четных местах, чем устанавливается граница между двумя соседними импульсами. Например, если требуется передать номер 5555, то первая и третья цифры передаются комбинацией, соответствующей коду «2 из 6», а вторая и четвертая цифры — служебным сигналом повторения. Применение «безынтервального импульсного пакета» на больших сетях ограничивается из-за различного времени распространения токов разных частот, что может вызвать «наползание» одного сигнала на другой.

5.5. Передача сигналов в системах коммутации с непосредственным управлением

В АТС ранних выпусков, построенных по принципу непосредственного управления, например, в городских АТС декадношаговой системы, сигналы управления и линейные сигналы (сигналы взаимодействия) передаются постоянным током, и в отличие от координатных систем, принимаются не разными устройствами, а одними и теми же индивидуальными управляющими устройствами. В АТС с непосредственным управлением сигналами управления являются только импульсы набора номера вызываемого абонента, которые передаются по проводам *a* и *b* разговорного тракта. Обратных сигналов управления в этой системе нет. Сигналы взаимодействия также передаются по разговорному соединительному тракту (по проводам *a* и *b*) подключением соответствующей полярности батареи на разговорные провода, без ограничения длительности сигнала. При изменении полярности на проводах («переполусовкой проводов») сигналы из управляющего устройства коммутационных приборов одной ступени искания передаются в управляющее устройство другой ступени искания. На эти изменения реагируют реле, которые специально предназначены для приема линейных сигналов.

Сигналы управления (импульсы набора номера), в отличие от линейных сигналов, имеют определенные временные ограничения с допустимыми отклонениями и строго соблюдаются. Цифры номера в АТС декадно-шаговой системы передаются декадным способом, импульсами постоянного тока, состоящими из токовой части импульса t_3 и интервала (паузы) между импульсами t_p с длительностью всего периода: $T = t_3 + t_p$.

Всякая импульсная цепь состоит из датчика, приемника и промежуточных элементов. Датчиком импульсов является номеронабиратель, управляемый абонентом, а приемником — электромагнит искателя различных ступеней искания. Промежуточными элементами импульсной цепи являются абонентские и соединительные линии между ступенями искания, а также трансляционные импульсные реле, обмотки которых воспринимают поступающие с передающей стороны импульсы, а контакты передают эти импульсы дальше к приемнику — электромагниту искателя. Номеронабиратели характеризуются двумя параметрами: частотой импульсов f (импульсы в секунду) и импульсным коэффициентом k , представляющим собой отношение времени размыкания цепи к времени ее замыкания: $k = t_p / t_3$. Нормальным принято считать такой номеронабиратель, у которого скорость составляет 10 имп/с, а импульсный коэффициент $k = 1,6$. На практике номеронабиратели имеют производственный разброс, который усиливается их разрегулировкой в условиях эксплуатации. В результате этого импульсы могут поступать от номеронабирателя с некоторым отклонением от нормальных значений. Согласно техническим условиям до-

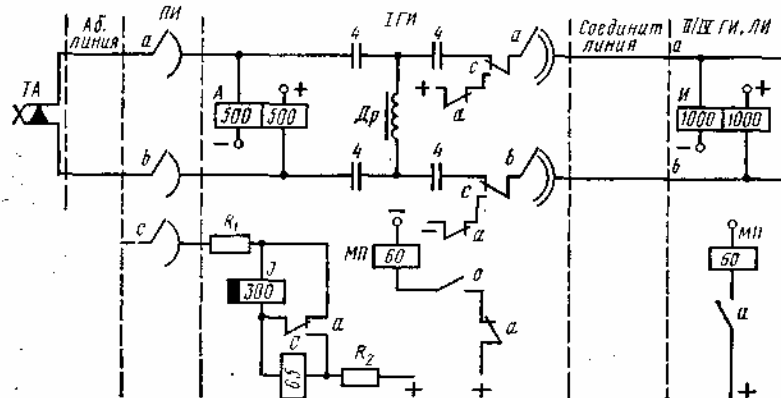


Рис. 5.12. Схема импульсной передачи в АТС с непосредственным управлением

пускаются следующие отклонения: для $f=8\div 12$ имп/с и для $k=1,3\div 1,9$. На рис. 5.12 приведена упрощенная схема передачи импульсов набора, применяемая в отечественных АТС декадно-шаговой системы.

В состав импульсной цепи, кроме трансляционных импульсных реле А и И, также входят серийное реле С и отбойное реле О. При вызове станции абонентская линия через ПИ подключается к схеме I ГИ. Через щетку с предыскателя создается цепь работы отбойного реле О в схеме I ГИ, которое, сработав, будет удерживать до конца соединения (часть цепи работы реле О в схеме ПИ с целью упрощения не показана). Одновременно через схему ПИ и разговорные провода a и b к абонентской линии симметрично подключаются две обмотки импульсного (абонентского) реле А по 500 Ом. Таким образом, перед набором номера в схеме I ГИ находятся в работе реле О и А. Цепь последнего замыкается через линию и импульсный контакт номеронабирателя аппарата вызывающего абонента. При наборе первой цифры номера реле А, пульсируя в такт с поступающими импульсами, при каждом отпуске будет передавать импульс тока в цепь электромагнита подъема МП первого группового искателя (количество поступивших импульсов на станцию соответствует набранной цифре). Щетки ПИ поднимутся до той декады поля, которая соответствует набранной первой цифре. В дальнейшем щетки свободным вращательным движением подключаются к II ГИ.

Первый этап трансляции импульсов — от номеронабирателя в импульсное реле — осуществляется через абонентскую линию *шлейфным* способом, т. е. импульсы передаются при замыкании и размыкании шлейфа абонентской линии. При наборе второй цифры номера импульсы набора должны поступить в цепь электромагнита подъема МП второго группового искателя. Это происходит следующим образом. Во время поступления второй серии импульсов вновь пульсирует реле А и при каждом отпуске своими контактами транслирует импульсы тока в обмотки импульсного реле И второго группового искателя II ГИ (плюс — по проводу a , минус — по проводу b). В этом случае производится двукратная трансляция импульсов (от первого импульсного реле А во второе импульсное реле И). В начале каждой серии импульсов срабатывает серийное реле С, которое удерживает якорь в притянутом состоянии в течение каждой серии импульсов. Цепь реле С создается при первом же отпуске реле А, когда его контактом снимается шунт с обмотки С-65. При кратковременном шунтировании обмотки С-65, когда пульсирует импульсное реле А, серийное реле не отпускает, так как время шунтирования его цепи меньше времени его отпускания. В таком же режиме работает и реле О, которое будучи замедленным не отпускает во время кратковременного шунтирования его обмотки при пульсации контакта импульсного реле А.

Если II ГИ или искатели следующих ступеней искания находятся территориально на другой АТС, то импульсы транслируются по соединительной линии. Поэтому импульсные реле должны надежно работать при изменении в широких пределах параметров линии (сопротивления и емкости). С увеличением сопротивления линии вследствие уменьшения тока в цепи импульсного реле время срабатывания реле увеличивается, время отпусания уменьшается. С увеличением емкости линии время отпусания импульсного реле увеличивается. Это объясняется тем, что в момент размыкания цепи ток в реле прекращается не мгновенно, а некоторое время поддерживается за счет тока заряда емкости линии. На время срабатывания реле емкость линии влияет незначительно и поэтому практически не учитывается.

Влияние параметров линии на импульсный процесс в основном сводится к изменению соотношения между временем срабатывания и временем отпусания импульсных реле, что в конечном счете приводит к искажению импульсов, т. е. удлинению или укорочению импульсов или пауз в цепи электромагнита искателя.

Правильная работа искателей АТС будет обеспечена, если электромагниты искателей получают импульсы достаточной продолжительности для срабатывания и интервалы между импульсами достаточные для отпусания. На рис. 5.13 приведена временная диаграмма работы импульсного контакта номеронабирателя, импульсного реле А и электромагнита подъема ПИ, построенная на основе схемы передачи импульсов, показанной на рис. 5.12. Как видно из рис. 5.13, время работы электромагнита в основном определяется временными параметрами номеронабирателя. При равных времени срабатывания и времени отпусания импульсного реле А ($t_{ср А} = t_{отп А}$) время замыкания цепи электромагнита равняется времени размыкания номеронабирателя ($t_{зЭМ} = t_p$), а время размыкания цепи электромагнита — времени замыкания номеронабирателя ($t_{рЭМ} = t_3$). Передача импульсов при $t_{ср А} = t_{отп А}$ осуществляется без искажений. Таким образом, о величине искажения можно судить по абсолютному значению разности между временем срабатывания и временем отпусания импульсного реле:

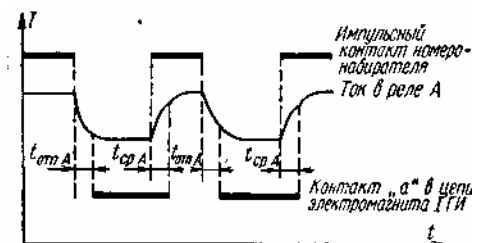


Рис. 5.13. Временная диаграмма импульсной передачи при однократной трансляции.

$$\Delta A = t_{cp A} - t_{omn A} \cdot \quad (5.1)$$

Величина ΔA представляет собой так называемое *абсолютное искажение импульсов*. Из рис. 5.13 можно видеть, что время замыкания цепи электромагнита I ГИ (при однократной трансляции импульсов) составляет

$$t'_{зЭМ} = t_p - t_{omn A} + t_{cp A} \cdot \quad (5.2)$$

Учитывая (5.1), можно написать

$$t'_{зЭМ} = t_p + \Delta A \cdot \quad (5.3)$$

Аналогично этому определяется время размыкания цепи электромагнита I ГИ:

$$t'_{рЭМ} = t_з - t_{cp A} + t_{omn A} = t_з - \Delta A \cdot \quad (5.4)$$

При отсутствии искажений, т. е. при $\Delta A=0$, $t_{зЭМ}=t_p$; $t'_{рЭМ}=t_з$. Система импульсной передачи должна быть так построена, чтобы при самых неблагоприятных условиях импульсного процесса обеспечивалось нормальное срабатывание и отпускание электромагнитов. Неблагоприятными следует считать условия, при которых уменьшаются время замыкания ($t_{зЭМ}$) и время размыкания ($t_{рЭМ}$) электромагнитов искателей. Наихудшим для замыкания цепи электромагнита I ГИ [см. рис. 5.13 и формулу (5.3)] считается режим, при котором возникают максимальные искажения с отрицательным знаком. В этом случае время замыкания цепи электромагнита I ГИ уменьшается. Наиболее неблагоприятным для отпускания электромагнита [см. рис. 5.13 и формулу (5.4)] является условие, при котором возникают максимальные искажения с положительным знаком.

Устойчивая работа импульсных цепей обеспечивается, если при самых неблагоприятных условиях импульсного процесса время замыкания цепи электромагнита будет больше времени, необходимого для его срабатывания:

$$K'_{cp} = \frac{t'_{зЭМ}}{t_{cp ЭМ}} > 1, \quad (5.5)$$

где K'_{cp} — коэффициент надежности срабатывания электромагнита по времени при однократной трансляции импульсов. Аналогично для надежного отпускания электромагнита время размыкания его цепи должно быть больше времени, необходимого для его отпускания:

$$K'_{omn} = \frac{t'_{рЭМ}}{t_{omn ЭМ}} > 1, \quad (5.6)$$

где K'_{omn} — коэффициент надежности отпускания электромагнита по времени при однократной трансляции импульсов. При практических расчетах обычно принимается $t_{cp ЭМ} \approx 25$ мс, $t_{omn ЭМ} \approx 12$ мс.

При двукратной трансляции импульсов в цепи передачи импульсов участвуют не только абонентская линия и импульсное реле А, как это было при работе I ГИ (при однократной трансляции), но также соединительная линия и импульсное реле И искателей следующих ступеней искания (II/IV ГИ—ЛИ). Поэтому при двукратной трансляции импульсов могут возникнуть дополнительные влияния параметров соединительной линии и импульсного реле И на процесс передачи импульсов тока в электромагниты

этих искателей. На рис. 5.14 приведена временная диаграмма работы импульсного контакта номеронабирателя, импульсных реле А (I ГИ) и электромагнита подъема II ГИ, построенная на основе схемы импульсной

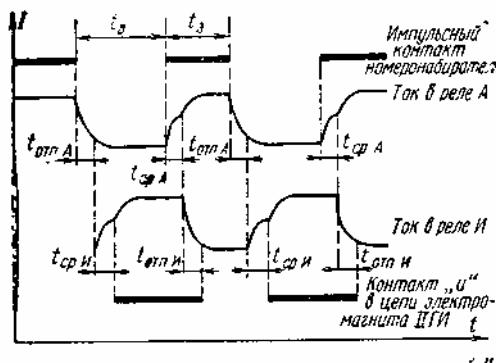


Рис. 5.14. Временная диаграмма импульсной передачи при двукратной трансляции

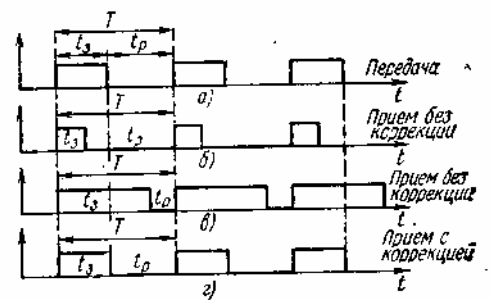


Рис. 5.15. Характер искажений импульсов

передачи (см. рис. 5.12). Из диаграммы видно, что время замыкания $t''_{зЭМ}$ и время размыкания $t''_{рЭМ}$ цепи электромагнита ПГИ при двукратной трансляции будут равняться:

$$t'_{зЭМ} = t_p - t_{омнА} - t_{срИ} + t_{срА} + t_{омнИ} = t_p + (t_{срА} - t_{омнА}) - (t_{срИ} - t_{омнИ}); \quad (5.7)$$

$$t''_{рЭМ} = t_3 - t_{срА} - t_{омнИ} + t_{омнА} + t_{срИ} = t_3 - (t_{срА} - t_{омнА}) + (t_{срИ} - t_{омнИ}); \quad (5.8)$$

Если аналогично (5.1) написать

$$\Delta I = t_{срИ} - t_{омнИ} \quad (5.9)$$

и подставить (5.9) в (5.7) и (5.8), то получим

$$t''_{зЭМ} = t_p + \Delta A - \Delta I; \quad t''_{рЭМ} = t_3 - \Delta A + \Delta I.$$

При двукратной и более трансляции импульсов могут возникнуть неблагоприятные сочетания параметров отдельных участков тракта передачи, вследствие чего $K_{ср}$ или $K_{отп}$ может стать меньше единицы. Это может привести к неправильной работе приборов АТС. Чтобы не допустить этого, применяются специальные схемы корректирования импульсов, восстанавливающие первоначальный характер передаваемых импульсов. В процессе передачи импульсов и их трансляции происходит изменение соотношения между токовой и бестоковой частями импульса, т. е. изменение импульсного коэффициента без изменения длительности периода импульсов T . На рис. 5.15 показана временная диаграмма импульсного процесса.

Если искажение приводит к сокращению токовой части импульса (рис. 5.15б), то это может вызвать опасность несрабатывания электромагнита искателя. При сокращении бестоковой части импульса (t_p) интервалы между импульсами могут оказаться недостаточными для отпускания электромагнита искателя (рис. 5.15в). На рис. 5.15г показан характер импульсов тока после коррекции.

5.6. Особенности передачи сигналов на междугородной телефонной сети

Состав сигналов управления и линейных сигналов, передаваемых по городской и междугородной сетям с целью установления соединений и разъединения установленных соединений, неодинаков. На междугородной телефонной сети кроме сигналов номерной информации в процессе установления соединения в прямом направлении передаются и другие сигналы управления, например сигналы: о категории вызывающего абонента, типе используемого канала (наземная или спутниковая связь), виде соединения (полуавтоматическое или автоматическое).

Сказанное относится и к линейным сигналам. Поэтому для каждой системы коммутации прежде всего составляется перечень всех сигналов, подлежащих передаче в прямом (от исходящей к входящей станции) и обратном (от входящей к исходящей станции) направлениях, а затем определяются технические средства передачи этих сигналов.

В условиях городской связи, учитывая сравнительно небольшие расстояния, линейные сигналы и сигналы управления передаются постоянным током. На междугородных сетях по каналам, образованным с помощью систем многоканальной передачи, сигналы постоянным током передавать невозможно. Наиболее широкое распространение на междугородных сетях получил способ передачи линейных сигналов и сигналов управления током тональной частоты. В этом случае сигналы могут передаваться на любые расстояния и по любым каналам, отвечающим требованиям передачи разговорных токов. В АМТС шаговой системы как сигналы управления, так и линейные сигналы передаются и принимаются одними и теми же линейными индивидуальными и управляющими устройствами. Поэтому в этих системах, чтобы не усложнять схемы массовых индивидуальных линейных комплектов, число которых равно числу каналов для передачи сигналов, применяются наиболее простые способы.

Для передачи номерной информации используется числовой отличительный признак. Номер вызываемого абонента по каналам междугородной сети так же, как и в городских АТС декадно-шаговой системы, передается декадным способом в некодированном виде, т. е. в виде импульсов тока, число которых при передаче любой цифры равно числу единиц в ней.

В отличие от городских АТС, импульсы передаются не постоянным током, а переменным током тональной частоты (см. табл. 5.1). При передаче линейных сигналов чаще всего используется признак длительности импульсов.

Такая система передачи сигналов управления и линейных сигналов называется одночастотной, она характеризуется тем, что вся информация передается токами одной частоты, причем для переда-

чи номерной информации используется числовой признак, а для передачи линейных сигналов — признак длительности. В этой системе применяются наиболее простые приемные и передающие устройства, что является ее преимуществом. К недостаткам одночастотной системы относятся низкие скорость передачи сигналов и помехозащищенность. Линейные сигналы передаются в кодированном виде, так как признак длительности используется в сочетании с признаком момента логической последовательности действия схемы. Благодаря этому обеспечивается возможность сократить число значений признака (в данном случае — длительности) при передаче всех требуемых сигналов (команд). Действительно, большинство сигналов передается в определенной последовательности и схема автоматического управления соединением может «запомнить» каждый пройденный этап процесса установления соединения и, используя повторно одну и ту же длительность импульса, передать другие линейные сигналы. Практически таким путем можно уменьшить число значений признака длительности с восьми-девяти до трех. Необходимость минимум трех значений длительности сигнала объясняется тем, что на некоторых этапах установления соединения может возникнуть ситуация, требующая передачи одного из трех сигналов. Исключением является сигнал разъединения, длительность которого должна отличаться от длительности других сигналов, так и при его передаче на любом этапе установления соединения должно произойти разъединение. В одночастотной системе передача сигналов на междугородных и зональных сетях СССР осуществляется на частоте 2600 Гц.

В Советском Союзе применяется также аппаратура с двухчастотной системой передачи сигналов. В качестве частот приняты $f_1=1200$ Гц, $f_2=1600$ Гц. В этой системе для передачи номерной информации (сигналов управления) так же, как и в одночастотной системе, используется числовой признак. Цифры номера вызываемого абонента передаются на частоте $f_1 = 1200$ Гц в некодированном виде декадным способом. Для передачи линейных сигналов используется частотный признак, т. е. сигналы передаются на частоте f_1 на частоте f_2 либо одновременно на обеих частотах f_1 и f_2 .

5.7. Приемники и генераторы тональных сигналов

Принцип передачи и приема сигналов токами тональной частоты в одночастотной системе показан на рис. 5.16. Источником линейных сигналов и сигналов управления является генератор тональных сигналов (ГТ), приемниками линейных сигналов и сигналов управления — один и тот же приемник тональных сигналов (ПТС). Генератор является общим для группы каналов, а может быть и для всех каналов станции. Приемник ПТС представляет собой индивидуальное оборудование и входит в состав каждого индивидуального входящего комплекта канала.

При передаче через контакт Γ генератор подключается к каналу связи, и в канал поступит ток тональной частоты. Сигналы передаются в виде импульсов тока, число и длительность которых зависят от количества и длительности замыкания контакта Γ . На входящей МТС с помощью приемника эти сигналы принимаются, преобразуются в сигналы постоянного тока и передаются в управляющие устройства аппаратуры автоматического управления (входящие комплекты канала). Передача информации в обратном направлении осуществляется аналогично.

Генератор подключается к каналу в точке с относительным уровнем разговорных токов — 13,0 дБ, а приемник тональных сигналов — в точке с относительным уровнем +4,3 дБ (см. рис. 5.17).

После передачи сигналов контакты Γ приходят в исходное состояние, образуя цепь разговорных токов, генераторы отключаются от этой цепи и в момент разговора оказы-

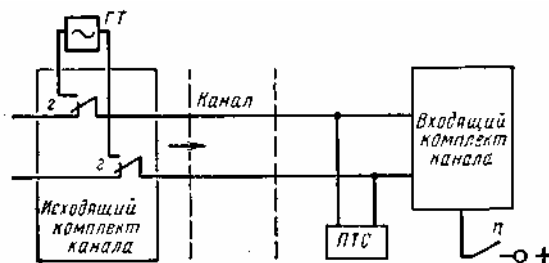


Рис. 5.16. Принцип передачи и приема сигналов токами тональной частоты

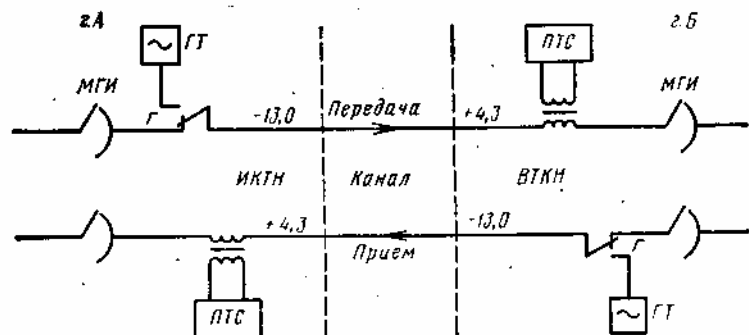


Рис. 5.17. Включение генераторов и приемников в разговорный тракт МТС

ваются изолированными от разговорного тракта. Приемники же после окончания передачи сигналов остаются подключенными к разговорному тракту, так как они должны быть готовы в любой момент принять различные сигналы, например сигнал отбоя после окончания разговора. При таком способе включения ПТС в результате проникновения разговорных токов, совпадающих по частоте с сигнальным током, может произойти его ложное срабатывание. Это в свою очередь может вызвать нарушение установленного соединения.

Приемники тональных сигналов должны удовлетворять следующим требованиям:

величина затухания, вносимого ПТС в разговорный тракт, не должна превышать 0,5 дБ;

количество ложных срабатываний приемника, вызванных воздействием разговорных токов и различными помехами, не должно быть более одного за 10 часов непрерывной работы,

искажение импульсов тока по длительности не должно превышать $\Delta t = \pm 10$ мс;

приемник должен работать при отклонении частоты от номинала не более чем на ± 15 —20 Гц, а также при отклонении не более чем на $\pm 9,0$ дБ.

Одним из основных средств защиты приемника от ложных срабатываний при разговорных токах является частотная защита, которая основана на том, что разговорный ток представляет собой, как правило, совокупность токов различных частот, а приемник должен сработать лишь при поступлении тока одной частоты. Структурная схема одночастотного приемника тональных сигналов с частотной защитой показана на рис. 5.18. Приемник содержит две цепи — рабочую, в которую входит полосовой фильтр ПФ, усилитель частоты УСЧ, выпрямитель B_1 и приемное реле П, и защитную, которая состоит из режекторного фильтра ЗФ и выпрямителя B_2 . Приемное реле П должно сработать при поступлении тока частоты и не должно сработать при поступлении в ПТС разговорных токов.

Поступающий на вход ПТС ток частоты усиливается входным усилителем ВУ и через полосовой фильтр ПФ поступает на усилитель УСЧ. Выходной ток этого усилителя после выпрямления (B_1) приведет в действие приемное реле П, чем фиксируется поступление коммутационного сигнала. Проникновение тока частоты в защитную цепь предотвращает включенный на входе этой цепи режекторный фильтр ЗФ.

Несрабатывание приемного реле от разговорных токов, имеющих частоту, равную или близкую к частоте сигнала, обеспечивается тем, что одновременно существуют разговорные токи разных частот.

Токи, частота которых совпадает с частотой сигнала, через ПФ поступает на вход УСЧ, а токи, частота которых отличается от частоты сигнала, проходят через ЗФ практически без затухания, выпрямляются выпрямителем B_2 и блокируют УСЧ, т. е. препятствуют появлению сигнала на его выходе.

Таким образом, благодаря применению защитной цепи предотвращается срабатывание приемного реле П от разговорных токов. Однако частотная защита не полностью устраняет ложные срабатывания приемника от разговорных токов.

Это объясняется тем, что иногда существуют промежутки времени, когда разговорный сигнал содержит только такие токи, частоты которых равны или близки к частоте сигнала, а токи с частотами, отличными от частоты сигнала, в это время имеют низкие уровни, и не могут привести в действие частотную защиту. Поэтому кроме частотной применяется и временная защита, которая резко снижает число ложных срабатываний приемника от воздействия разговорных токов. Временная защита основана на том, что в разговорном спектре (во время разговора) длительность сигнала любой частоты очень мала и, как показывают экспериментальные исследования, редко превышает 100 мс. Поэтому в схему ПТС искусственно вводятся цепи временного защитного интервала, благодаря чему приемник реагирует

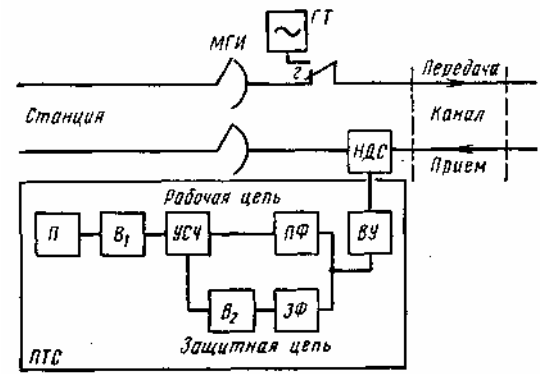


Рис. 5.18. Структурная схема частотной защиты ПТС

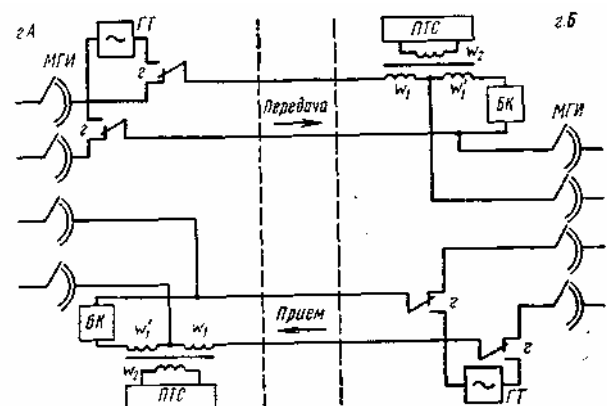


Рис. 5.19. Схема разговорного тракта и тракта передачи коммутационных сигналов в ПТС

лишь на сигналы с длительностью более 100 мс. Замедленность действия приемника может привести к общему снижению скорости передачи управляющих сигналов в процессе установления соединения, поэтому, в отличие от частотной защиты, временная защита вводится автоматически лишь после окончания установления соединения (после ответа абонента). В отечественной аппаратуре МТС замедление в работе приемников составляет 100—150 мс и выполняется простейшей схемой, состоящей из трех реле (на рис. 5.18 схема замедления не показана).

На рис. 5.19 представлена упрощенная схема четырехпроводного разговорного тракта и тракта передачи коммутационных сигналов между МТС двух городов. Из этого рисунка видно, что кроме частотной и временной защиты от разговорных токов, поступающих в ПТС со стороны канала, необходимо предусматривать также защиту приемника от разговорных токов и коммутационных шумов поступающих со стороны станции. Последняя задача легко решается включением ПТС через обычную дифсистему, в этом случае затухание токов помех, поступающих со стороны станции, составит 35—40 дБ, что считается вполне достаточным для нормальной работы ПТС. Однако обычная дифсистема вносит недопустимо высокое затухание в разговорный тракт из-за потери мощности в балансном контуре БК (3,0—4,0 дБ при норме не более 0,5 дБ). Для уменьшения этого затухания необходимо сократить потери мощности в балансном контуре и уменьшить протекающий через него ток. При этом должно сохраняться основное свойство дифсистемы, а именно — большое затухание в направлении станция — ПТС. Поэтому ПТС подключается к каналу через неравноплечую (направленную) дифсистему НДС, которая обеспечивает такое же затухание станционным токам помех (35—40 дБ), как и обычная дифсистема, но при этом вносит минимальное затухание в разговорный тракт. Неравноплечая дифсистема отличается от обычной соотношением витков первичной обмотки. Схема подключения ПТС к каналу через неравноплечую дифсистему показана на рис. 5.20.

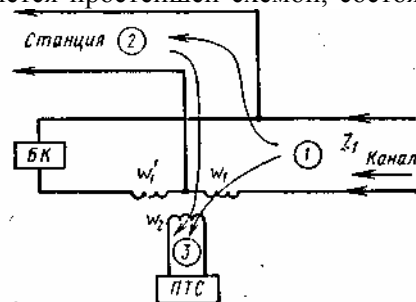


Рис. 5.20. Схема подключения ПТС к каналу через неравноплечую дифсистему

Станция и ПТС включены в диагонали мостовой схемы, и поэтому неравноплечая дифсистема вносит затухание в направлении станция — приемник a_{2-3} такое же как и равноплечая, чем практически обеспечивается необходимая защищенность ПТС от помех на ближнем конце тракта. Расчет неравноплечей дифсистемы можно производить исходя из следующих соотношений: $\omega'_1/\omega_1 = R_6/z_1 = \eta$, $\eta = \omega'_1/\omega_1$ — отношение витков первичной обмотки, Z — сопротивление нагрузки дифсистемы, R_6 — балансное сопротивление. Затухание в направлении канал — приемник a_{1-3} определяется из выражения $a_{1-3} = 10 \lg(1 + \eta)$. Затухание в направлении канал — станция a_{1-2} (затухание, вносимое дифсистемой в тракт): $a_{1-2} = 10 \lg(1 + \eta)/\eta$. В отечественной аппаратуре соотношение витков принимается $\eta = \omega'_1/\omega_1 = 19$, тогда $a_{1-2} = 10 \lg(1 + 19)/19 \approx 0,2$ дБ. Затухание $a_{1-2} = 0,2$ дБ вполне соответствует установленным нормам. Затухание в направлении канал — приемник при $\eta = 19$ составит $a_{1-3} = 10 \lg(1 + 19) \approx 13,0$ дБ.

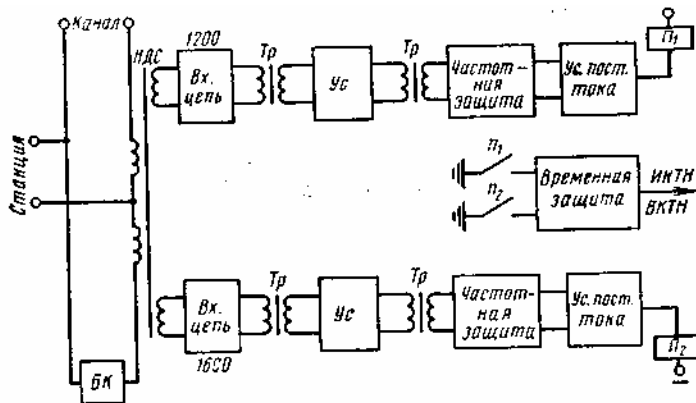


Рис. 5.21. Структурная схема двухчастотного ПТС

Большая по сравнению с равноплечей дифсистемой величина затухания компенсируется входным усилителем (ВУ) приемника (см. рис. 5.18). Нетрудно убедиться в том, что при $\omega'_1 = \omega_1$ т. е. при $\eta = 1$, неравноплечая дифсистема превращается в обычную дифсистему и в этом случае $a_{1-2} = a_{1-3} \approx 3,5$ дБ.

В двухчастотной ПТС отечественной аппаратуры полуавтоматической междугородной связи применяются эти же способы частотной и временной защиты. Приемник также подключается к каналу через неравноплечую дифсистему. На рис. 5.21 приводится структурная схема двухчастотного приемника тональных сигналов. Схема этого ПТС состоит из двух одинаковых ветвей (приемников) на 1200 и на 1600 Гц. В соответствии с этим ПТС имеет два приемных реле, одно из которых Π_1 срабатывает при поступлении сигнала частотой 1200 Гц, а Π_2 — при поступлении сигнала частотой 1600 Гц. Если сигнал содержит токи обеих частот, то одновременно сработают оба реле. Разделение токов двухчастотных сигналов осуществляется во входных цепях приемника, которые выполнены в виде частотно-зависимой мостовой схемы. Одна входная цепь настраивается таким образом, что пропускает токи всех частот за исключением 1600 Гц, а другая пропускает токи всех частот за исключением

1200 Гц.

Схема частотной защиты предотвращает срабатывание приемника от разговорных токов, частота которых совпадает с сигнальной частотой, и одновременно выполняет функции детектора. Через контакты приемных реле Π_1 — Π_2 и схему временной защиты сигналы постоянного тока передаются в схемы ИКТН или ВКТН. Схема временной защиты включается лишь после ответа абонента, в процессе управления соединением (т. е. до начала разговора) она не оказывает влияния на скорость передачи сигналов.

В качестве источников сигнальных токов используются генераторы тональных сигналов (ГТ), которые должны удовлетворять следующим требованиям: обеспечивать возможность установки частоты с точностью ± 1 Гц; обеспечивать стабильность частоты во времени, т. е. допустимое отклонение от номинальной величины не должно превышать $\pm 0,25\%$; при максимальном изменении нагрузки в заданных пределах колебание выходного уровня не должно превышать 2,0 дБ.

Нагрузка определяется количеством одновременно подключаемых к генератору каналов для передачи сигналов. Один генератор предназначается обычно для обслуживания группы каналов, и в зависимости от типа применяемого генератора число каналов в группе может быть 40—100. Таким образом, генератор сигнальной частоты является групповым устройством, а в некоторых случаях и общестанционным. Поэтому особое внимание уделяется вопросу резервирования, так как неисправность или повреждение генератора может привести к выходу из строя части и даже всей станции. Переключение нагрузки с одного генератора на другой осуществляется автоматически, либо при снижении уровня сигналов ниже допустимого, либо при полном пропадании сигнальных токов на выходе действующего генератора. Одновременно с этим включается аварийная сигнализация.

На рис. 5.22 показан в упрощенном виде один из вариантов построения схемы сигнального генератора. Первый каскад, выполненный на транзисторе T_1 , является задающей ступенью или собственно генератором сигнальной частоты. Эта ступень построена по схеме LC с трансформаторной обратной связью. В цепь коллектора транзистора T_1 включен параллельный контур, состоящий из обмотки трансформатора Tr_1 и конденсатора C . Частота резонанса этого контура определяет частоту сигнального тока. После усиления транзистором T_2 токи сигнальной частоты подаются на выход генератора. При этом как схемным путем, так и с помощью понижающего выходного трансформатора обеспечивается малое выходное сопротивление. Благодаря этому уровень сигналов на выходе генератора становится практически независимым от количества обслуживаемых каналов, т. е. от нагрузки, которая является случайной величиной. В отдельные моменты времени число каналов, по которым посылается сигнальный ток, может быть различным. Двухчастотные и многочастотные генераторы строятся по такому же принципу. Они содержат соответствующее количество одночастотных генераторов.

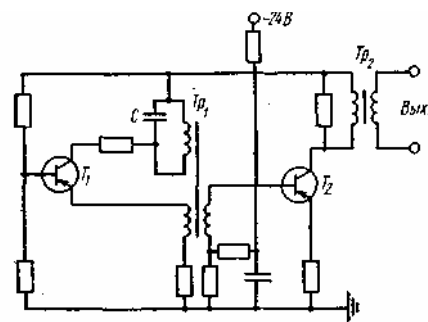


Рис. 5.22. Упрощенная схема генератора тонального сигнала

5.8. Передача сигналов через транзитные узлы автоматической коммутации

Современные координатные системы автоматической междугородной телефонной связи строятся на основе применения общих управляющих устройств, между которыми в процессе установления соединения осуществляется взаимная передача различных сигналов управления.

Скорость передачи сигналов в таких системах имеет большое значение, поскольку она в значительной степени определяет время занятия дорогостоящих общих управляющих устройств. Необходимость быстрого действия системы передачи сигналов управления определяется еще и тем, что междугородные соединения могут устанавливаться через несколько узлов коммутации (транзитных пунктов) и при небольших скоростях передачи сигналов на каждом транзитном пункте общее время ожидания абонентом установления соединения может оказаться больше принятой нормы. Поэтому в современных системах МТС номерная информация и другие управляющие сигналы передаются быстродействующим кодом «2 из 5» и «2 из 6», а линейные сигналы, которые передаются в основном либо до начала процесса установления соединения, либо после окончания разговора, передаются менее быстрым способом, например с использованием признака длительности сигнала и признака последовательности этапов установления соединения. Этим и объясняется то, что в современных системах коммутации для передачи сигналов всех видов применяется оборудование двух типов: одно более простое — для передачи линейных сигналов, а другое более сложное (входящее в состав общих УУ) — для передачи сигналов управления. Приемники сигналов управления отличаются от приемников

линейных сигналов тем, что не имеют защитных схем от влияния разговорных токов, так как они отключаются от разговорной цепи еще до начала разговора.

На рис. 5.23 приведены структурные схемы трактов междугородной связи, проходящих через транзитные станции, при использовании одночастотной (двухчастотной) системы передачи сигналов с одинаковыми способами передачи сигналов управления и линейных сигналов (рис. 5.23а и б) и с различными способами передачи этих сигналов (рис. 5.23в и г). Общее построение схем передачи сигналов характеризуют рис. 5.23а и в, а на рис. 5.23б и г дополнительно показаны особенности организации двусторонней системы передачи (в прямом и обратном направлениях) и некоторые детали включения общих и индивидуальных устройств передачи сигналов.

Из рисунков видно,

что приемники тональных сигналов ПТС имеют постоянную трансформаторную связь с каналом и когда канал свободен (исходное состояние схемы), и во время разговора. Поэтому в любой момент времени, при поступлении соответствующих сигналов может произойти занятие свободного канала или разъединение соединения после окончания разговора. Приемники тональных сигналов связаны с комплектами, входящими в состав линейного оборудования каналов. Такие комплекты называются исходящими комплектами тонального набора (ИКТН), если они устанавливаются на исходящем конце канала, и входящими комплектами тонального набора (ВКТН), если они устанавливаются на входящем конце канала. Комплекты ИКТН и ВКТН являются основными управляющими устройствами, с помощью которых обеспечиваются все процессы автоматического управления соединением в системах коммутации с индивидуальными управляющими устройствами.

При одинаковых способах передачи линейных сигналов и сигналов управления ПТС являются индивидуальным оборудованием каждого канала и участвуют в приеме этих сигналов при передаче как в прямом, так и в обратном направлениях (см. рис. 5.23а и б).

Система передачи сигналов с одночастотной (двухчастотной) аппаратурой сигнализации, показанная на рис. 5.23а и б, не требует особого пояснения, так как эти вопросы рассматривались раньше. Представляют интерес современные системы коммутации, в которых используется оборудование приема и передачи сигналов двух типов (см. рис. 5.23в, г). В этом случае имеются как линейные ПТС, которыми снабжен каждый канал, так и общие устройства приема и передачи сигналов - регистры, каждый из которых обслуживает большую группу каналов.

Сигнал занятия (линейный сигнал), поступающий со стороны исходящей МТС А, принимается ПТС, постоянно подключенным к разговорному тракту. В результате действия ПТС создается цепь срабатывания реле $У_1$ контактом которого к разговорному тракту подключается регистр (см. рис. 5.23г). С этого момента начинается передача сигналов управления кодом «2 из 6» в прямом направ-

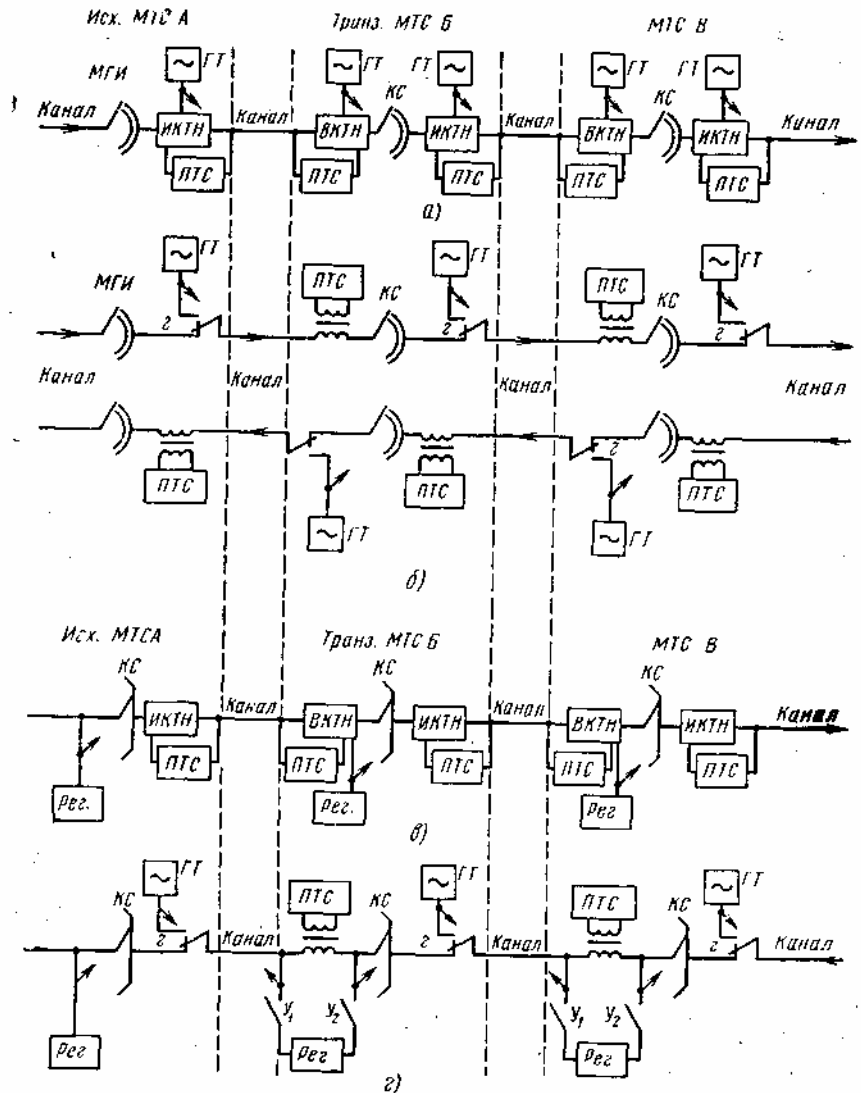


Рис. 5.23. Структурная схема образования тракта передачи сигналов в МТС. а и б — единая система передачи линейных сигналов управления; в и г — раздельная система передачи линейных сигналов и сигналов управления

лени и кодом «2 из 5» в обратном направлении. В этом взаимном обмене информацией участвуют регистры МТС *A* и *B*.

После выбора направления связи (на основе полученной адресной информации) и занятия свободного канала в требуемом направлении (МТС *B*) вновь начинается передача сигналов. Вначале подключается к каналу (контактом *z*) генератор тональных сигналов ГТ на МТС *B* и передается сигнал занятия, который принимается ПТС МТС *B*. Вслед за этим начинается передача сигналов управления. Предварительно для взаимного обмена информацией между станциями *B* и *B* схемой управления подключаются определенные регистры со своими КПП. Контакт y_1 замыкается при приеме информации КПП регистра, а контакт y_2 — при передаче. После окончания процесса установления соединения все общие управляющие устройства, в том числе регистры, освобождаются, так как они закончили выполнение своих функций. Контакты y_1 и y_2 размыкаются и схема приходит в исходное состояние, как это показано на рис. 5.23г. Из всех приборов, участвующих в процессе передачи, лишь приемники тональных сигналов ПТС остаются подключенными через трансформаторную связь к каналу в ожидании поступления линейного сигнала «Разъединение» после поступления сигнала отбоя со стороны одного из абонентов.

В процессе внедрения МТС новых типов может возникнуть необходимость взаимодействия этих МТС со станциями старых типов, не приспособленных к кодированной системе передачи номерной информации. Учитывая это, современные МТС имеют возможность при совместной работе с МТС старых типов передачу и прием номерной информации производить некодированным (декадным) способом.

Между станциями и узлами междугородной сети с регистровым управлением номерная информация (междугородный номер вызываемого абонента) может передаваться одним из трех способов: «из конца в конец», «по участкам» и «комбинированным». В Советском Союзе междугородный номер абонента состоит из 10 цифр (*ABCabxxxx*), из которых первые три цифры являются кодом гоны. Способ «из конца в конец» (рис. 5.24а) характеризуется тем, что с исходящей МТС *A* на транзитные станции (*B* и *B*) передается код города *ABC* для установления соединения с оконечной станцией *Г*, а затем с исходящего конца на входящий конец (на МТС *Г*) передаются все остальные семь цифр номера (*abxxxx*). Этот способ используется в ряде зарубежных стран.

Способ «по участкам» (рис. 5.24б) предполагает передачу всего междугородного номера в процессе установления соединения последовательно из пункта в пункт (от станции к станции). Положительным является то, что регистр каждой транзитной станции, приняв номерную информацию, после установления соединения на своей станции передает ее на следующую станцию и освобождается. Однако при этом должна быть использована быстродействующая система передачи информации, так как, в отличие от первого способа, здесь весь междугородный номер (все десять цифр) передается из пункта в пункт. Способ передачи номерной информации «по участкам» позволяет более простыми средствами согласовать взаимодействие станций с различными способами передачи сигналов и принят поэтому в СССР в качестве основного способа в современных, а также во вновь разрабатываемых МТС.

«Комбинированный» (смешанный) способ передачи номерной информации (рис. 5.24в) характеризуется тем, что часть информации (например, междугородный код *ABC*) передается способом «по участкам», а оставшаяся часть (оставшиеся семь цифр) после установления соединения с оконечной МТС *Г* — способом «из конца в конец». Этот способ применяется в некоторых выпускаемых отечественной промышленностью типах МТС, однако дальнейшего распространения он не получит.

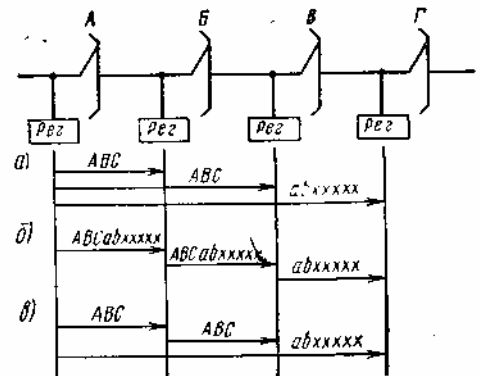


Рис. 5.24. Способы передачи номерной информации через транзитные пункты междугородной сети

5.9. Передача сигналов по выделенному групповому сигнальному каналу

Включенные в разговорные провода ПТС и другие устройства передачи сигналов городских и междугородных систем коммутации во всех рассмотренных выше системах передачи информации являются источниками помех и образования различных паразитных цепей. Этот недостаток приобретает особое значение при использовании телефонных каналов для передачи телеграфных сигналов, передачи данных и т. д. Кроме того, снабжая каждый телефонный канал устройствами передачи сигналов, этим самым делают всю систему в целом громоздкой и дорогой, особенно если учесть меры,

применяемые для защиты от ложных срабатываний. Учитывая сказанное, а также некоторые другие обстоятельства, МККТТ рекомендовал новую систему сигнализации (систему №6), сущность которой заключается в том, что для большой группы телефонных каналов линейные сигналы и сигналы управления передаются по одному выделенному специальному сигнальному каналу. При этом телефонные разговорные каналы освобождаются от всех устройств передачи и приема сигналов, благодаря чему улучшается качество передачи информации. Этот выделенный сигнальный канал называется общим каналом сигнализации ОКС или общим каналом управления ОКУ. В качестве выделенного сигнального канала используется обычный телефонный канал. Количество каналов в группе в значительной степени зависит от скорости передачи сигналов по групповому выделенному каналу. Поэтому сигналы по этому каналу передаются со скоростью 2400—3000 бит/с с помощью аппаратуры передачи данных. При такой скорости по сигнальному выделенному каналу можно обеспечить передачу всех линейных сигналов и сигналов управления для пучка, состоящего из 1000 разговорных каналов.

Принцип организации связи между двумя станциями при использовании группового сигнального канала показана на рис. 5.25.

Как правило, специальный канал для передачи линейных и управляющих сигналов выделяется между станциями с общестанционными центральными электронными управляющими устройствами (ЦУУ). С этими ЦУУ связаны устройства обработки и передачи информации (линейных и управляющих

сигналов) УОПИ, которые получают из ЦУУ команду о виде сигнала, подлежащего передаче на другую станцию. Каждая станция имеет свое УОПИ, которое представляет собой аппаратуру передачи данных с устройствами памяти и обработки информации. Размещаемые на различных станциях УОПИ соединяются между собой сигнальным каналом; соответствующие сигналы в процессе установления соединения они передают в кодированном виде. Каждый сигнал снабжается адресом канала, по которому определяется, к какому разговорному каналу из всей группы относится данный сигнал. Создавать групповые сигнальные каналы экономически целесообразно в тех случаях, когда на сети имеются крупные пучки каналов для передачи больших объемов информации.

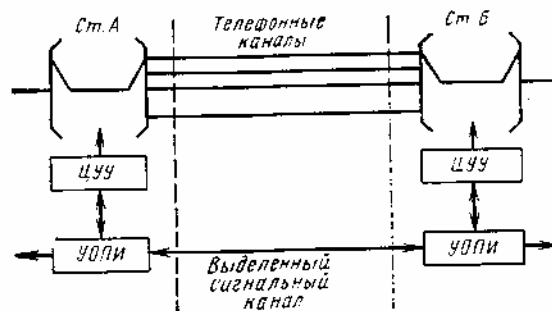


Рис. 5.25. Принципы организации связи при применении группового выделенного сигнального канала

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АТС ДЕКАДНО-ШАГОВОЙ СИСТЕМЫ

6.1. Основные особенности декадно-шаговых АТС

Автоматические телефонные станции декадно-шаговой системы (АТС ДШ) получили большое распространение на телефонных сетях Советского Союза. Такие станции установлены во многих административно-хозяйственных учреждениях, на промышленных предприятиях, в сельской местности; значительное число междугородных соединений обслуживается декадно-шаговым оборудованием. Однако наиболее широко декадно-шаговые станции представлены в городах нашей страны. Подавляющее большинство абонентских линий в городах включены в АТС ДШ типа АТС-47, АТС-54 или АТС-54А. В связи с этим построение декадно-шаговых АТС рассмотрено применительно к АТС этих типов. Хотя между указанными станциями существуют некоторые схемные различия, в основных своих решениях АТС-47, АТС-54 и АТС-54А однотипны.

Коммутационная система городских АТС ДШ содержит ступени предварительного (ПИ), группового (ГИ) и линейного (ЛИ) искания. В качестве коммутационных приборов на ступени ПИ используются шаговые искатели, на ступенях ГИ и ЛИ — декадно-шаговые. Устройства управления на АТС ДШ построены на реле РПН. Каждый из искателей любой ступени имеет свой собственный комплект реле, управляющих его работой, — управляющий комплект (индивидуальное управляющее устройство).

Для управления вынужденным движением щеток ДШИ необходимо обеспечить передачу в соответствующие электромагниты (ЭМ подъема и ЭМ вращения) серий импульсов тока. При этом число импульсов, передаваемых, например, в ЭМ подъема, должно быть равно номеру декады, до которой необходимо поднять щетки ДШИ. Такой принцип управления коммутационным прибором ступеней ГИ и ЛИ АТС ДШ совпадает с принципом передачи адресной информации из телефонного аппарата декадным (батарейным) способом, при котором каждая из цифр передается серией импульсов. Это позволяет использовать на АТС ДШ непосредственный способ установления соединений.

Релейные устройства управления имеют сравнительно невысокую скорость работы. Поэтому для сокращения времени установления соединений, а также для упрощения управляющих устройств на городских АТС ДШ используется прямой принцип установления соединений, который будет пояснен ниже.

6.2. Функциональная схема и группообразование АТС ДШ с двумя ступенями ГИ

В гл. 3 приведены функциональные схемы АТС ДШ емкостью 100 и 1000 номеров (см. рис. 3.6 и 3.7), описано назначение и построение ступеней ПИ, ГИ и ЛИ декадно-шаговых АТС, а также принцип установления соединений на станциях указанной емкости. Так, из рис. 3.7 видно, что АТС ДШ емкостью 1000 номеров содержит ступень ПИ, одну ступень ГИ и ступень ЛИ. Для дальнейшего увеличения емкости станции в соответствии с используемым при этом принципом группообразования необходимо увеличить число ступеней ГИ (см. рис. 3.8).

Функциональная схема АТС ДШ с двумя ступенями группо-

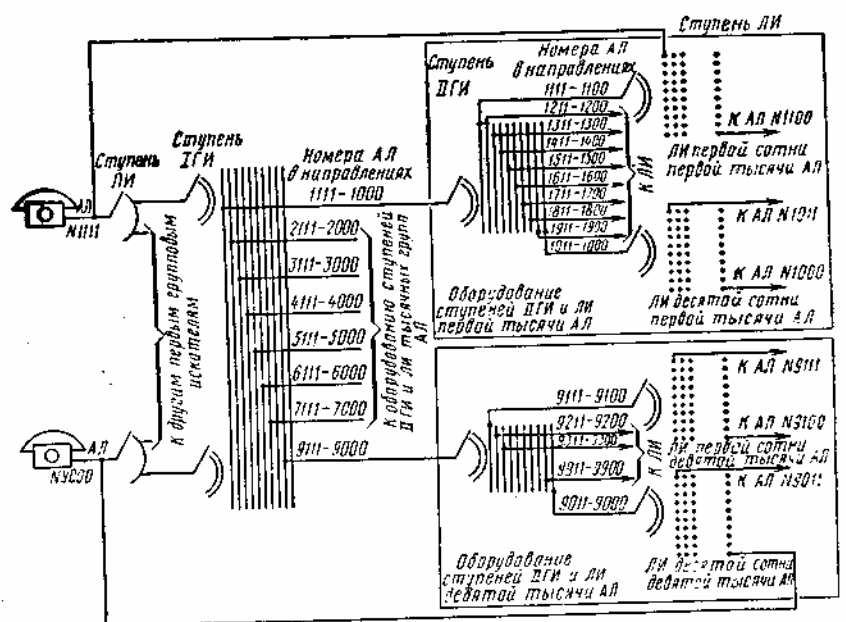


Рис. 6.1. Функциональная схема АТС ДШ с двумя ступенями искания

вого искания приведена на рис. 6.1. Первая из ступеней ГИ служит для выбора оборудования тысячных групп абонентских линий АЛ, т. е. для определения тысячи абонентов, среди которых находится вызываемый абонент. Приборы этой ступени (первые групповые искатели) позволяют устанавливать соединения с любой тысячной группой абонентов и, следовательно, с любым абонентом станции. В этом смысле приборы ГИ являются общестанционными приборами. Оборудование второй ступени ГИ разбивается на отдельные группы. Число групп оборудования ступени II ГИ равно числу тысячных групп абонентов на станции. Приборы этой ступени служат для выбора сотенных групп абонентов. Каждый из вторых групповых искателей может устанавливать соединения с любой сотенной группой абонентских линий определенной тысячи.

Оборудование ступени ЛИ также разбивается на отдельные группы, каждая из которых позволяет устанавливать соединения с любой АЛ из определенной сотни.

Как правило, на АТС ДШ в выходы предыскателей одной (иногда двух) тысячи АЛ включается отдельный пучок из 70—90 первых групповых искателей. Такое число первых ГИ в одном пучке обеспечивает хорошее использование каждого прибора. Дальнейшее увеличение емкости пучка, а следовательно, и числа АЛ, обслуживаемых им, не дает заметного повышения использования групповых искателей и поэтому нецелесообразно. Так как число приборов в пучке значительно больше, чем число выходов одного шагового искателя ступени ПИ, то из предварительных искателей, обслуживаемых одним пучком ГИ, образуется ряд отдельных нагрузочных групп. Выходы этих нагрузочных групп по схеме ступенчатого неполнодоступного включения соединяются с приборами пучка I ГИ. Аналогичным способом по схеме ступенчатого неполнодоступного включения соединяются выходы ступени I ГИ с приборами второй ступени ГИ, а также выходы II ГИ с линейными искателями.

Схемы ступенчатых неполнодоступных включений линий образуются на специальных соединительных (кроссировочных) устройствах — промежуточных щитах (ПЩ). При небольшом числе линий в неполнодоступном пучке, например при подключении линейных искателей, схема неполнодоступного включения может быть собрана и без ПЩ.

Промежуточный щит представляет собой набор рамок со штифтами. На одни штифты выводятся выходы нагрузочных групп предыдущей ступени (например, выходы ступени ПИ), а на другие штифты — входы следующей ступени искания (например, ступени I ГИ) или соединительные линии. Штифты ПЩ соединяются между собой, монтажными проводами — перемычками — в соответствии с требуемой схемой включения.

Подробно схемы включения линий в выходы коммутационных систем, в том числе схемы ступенчатого неполнодоступного включения, а также способы расчета числа линий в неполнодоступных пучках были рассмотрены в гл. 4. С целью упрощения на рис 6.1 промежуточные щиты после ступеней ПИ и I ГИ не показаны.

После снятия вызывающим абонентом микрофонной трубки начинает действовать предыскатель, закрепленный за данной АЛ. Задачей предыскателя является подключение АЛ вызываемого абонента к любому свободному первому групповому искателю. Последовательность работы предыскателя поясняет рис 6.2. Как уже указывалось в гл. 3, на ступени ПИ соединения устанавливаются в режиме свободного искания. Поэтому щетки предыскателя совершают свободное вращательное движение. Для обеспечения этого в ЭМ предыскателя подаются импульсы тока от устройства общего для группы ПИ. Скорость вращения щеток (подача импульсов в ЭМ) выбирается такой, чтобы выход на ступени ПИ был найден за время, пока абонент подносит микрофонную трубку к уху (не более чем за 0,7 с). При этом абонент не замечает задержки начала обслуживания. Длительность установления соединения на ступени ПИ АТС ДШ зависит от того, каким по счету будет свободный выход в поле шагового искателя ПИ. Наименьшим это время будет, если свободен первый выход (линия, включенная в первый шаг искания ПИ) и наибольшим — если заняты все выходы

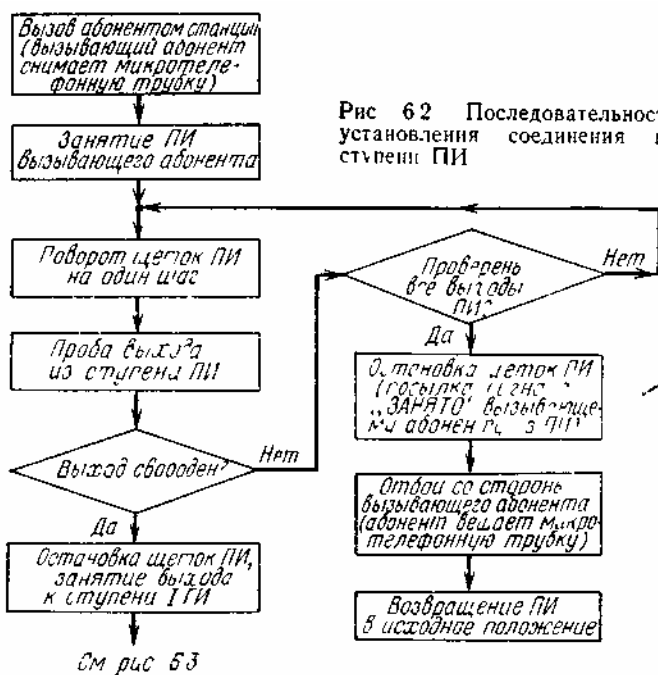


Рис 6.2 Последовательность установления соединения на ступени ПИ

Занятие первого группового искателя (рис 6.2)

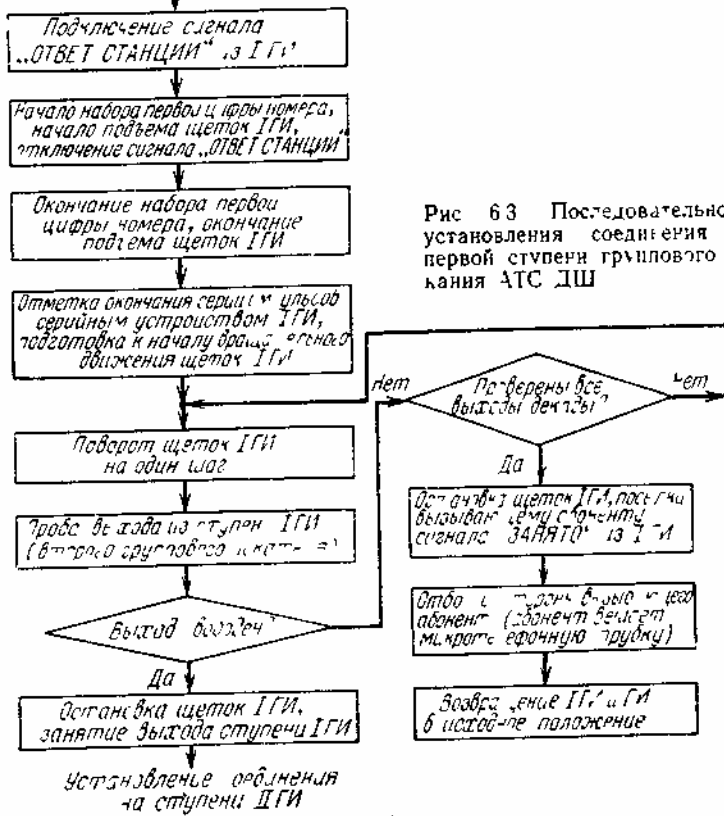


Рис 6.3 Последовательность установления соединения на первой ступени группового искания АТС ДШ

чаев, в том числе и неправильных действия абонента. Например, абонент может повесить микрофон раньше, чем ПИ найдет свободный выход, или два ПИ могут одновременно пробовать один свободный выход и т.д. Учитывая большое число соединений, устанавливаемых на АТС, при проектировании управляющих устройств предусматриваются самые разные ситуации, даже такие которые кажутся на первый взгляд маловероятными.

После подключения к АЛ прибора ступени I ГИ станция подготовлена к началу приема адресной информации от вызывающего абонента поэтому из первого группового искателя через ПИ и АЛ в аппарат абонента передается сигнал готовности. Порядок работы I ГИ в процессе установления соединения с линией требуемого направления ступени (в данном случае направления к тысячным группам) показан на рис 6.3. Соединения на ступени I ГИ устанавливаются в режиме группового искания. При этом в результате вынужденного подъемного движения щетки группового искателя оказываются у декады, в которую включены линии к требуемой тысячной группе абонентов. Для управления этим выбором в ЭМ подъема ДШИ транслируется серия импульсов, образованная номеронабирателем аппарата вызывающего абонента при наборе этим абонентом первой цифры номера аппарата вызываемого абонента, т.е. первой серии импульсов (непосредственное управление).

Установление соединения на ступени ЛИ

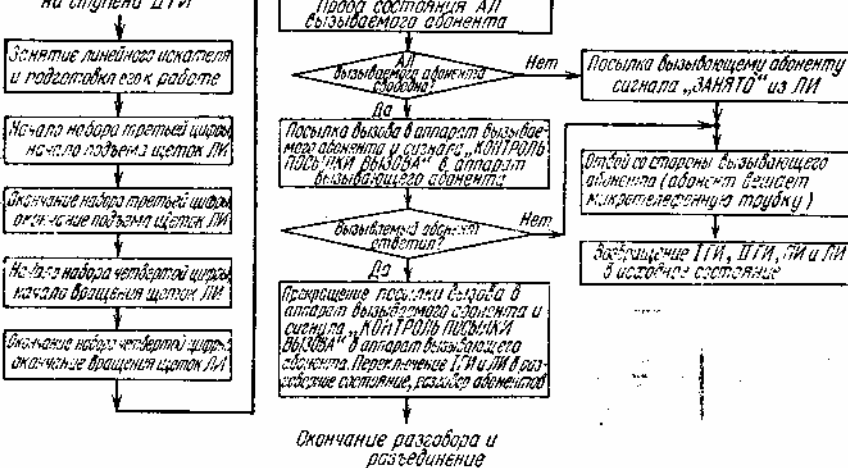


Рис. 6.4. Последовательность установления соединения на ступени ЛИ

ПИ, кроме последнего.

При вращательном движении щетки ПИ последовательно останавливаются на каждом из выходов включенных в поле предискателя. Во время их остановки через одну из щеток — щетку с — управляющее устройство ПИ подключается к прибору, связанному с данным выходом. Это необходимо для опробования выхода, т.е. для определения состояния (свободен или занят) прибора первой ступени ГИ, подключенного к этому выходу. Такая организация пробы, при которой требуется установить соединение с выходом (соединительным путем) через коммутационные приборы ступени искания, характерна для прямого принципа установления соединений (или поиска соединительных путей).

Следует отметить, что на рис 6.2 и далее процесс установления соединения рассмотрен очень упрощенно. В реальных условиях необходимо предусматривать возникновение достаточно сложных случаев,

в том числе и неправильных действия абонента. Например, абонент может повесить микрофон раньше, чем ПИ найдет свободный выход, или два ПИ могут одновременно пробовать один свободный выход и т.д. Учитывая большое число соединений, устанавливаемых на АТС, при проектировании управляющих устройств предусматриваются самые разные ситуации, даже такие которые кажутся на первый взгляд маловероятными.

За время до начала набора абонентом второй цифры

должен быть найден свободный выход требуемой декады. Такой выход отыскивается в ходе свободного вращательного движения щеток ДШИ группового искателя. Для этого в ЭМ вращения ДШИ подаются импульсы тока из управляющего устройства данного группового искателя. Скорость подачи импульсов, а следовательно, и скорость вращения щеток ДШИ группового искателя выбираются так, чтобы за межсерийное время могла быть проведена проба всех десяти выходов декады.

После установления соединения на ступени ПГИ и занятия прибора второй ступени ГИ абоненту не подается никаких акустических сигналов. Для выбора направления на ступени ПГИ используется вторая цифра номера аппарата вызываемого абонента. В остальном действие приборов первой и второй ступеней ГИ одинаково.

На ступени ПГИ выбираются направления к группам ЛИ (к сотенным группам абонентов). В соответствии с непосредственным управлением импульсы второй серии транслируются в ЭМ подъема ДШИ этой ступени, и щетки этого ДШИ поднимаются до декады, соответствующей набираемой цифре. Например, для установления соединения в направлении к сотенной группе, линии к которой включены в первую декаду вторых групповых искателей первой тысячи абонентов, необходимо в качестве второй цифры номера набрать 1. Поэтому две первые цифры номеров АЛ такой сотенной группы — 11.

Далее начинается установление соединения на ступени ЛИ, в процессе которого происходит подключение к АЛ вызываемого абонента. Порядок установления этого соединения представлен на рис. 6.4. Следует подчеркнуть, что на ступени ЛИ как подъемное, так и вращательное движения щеток

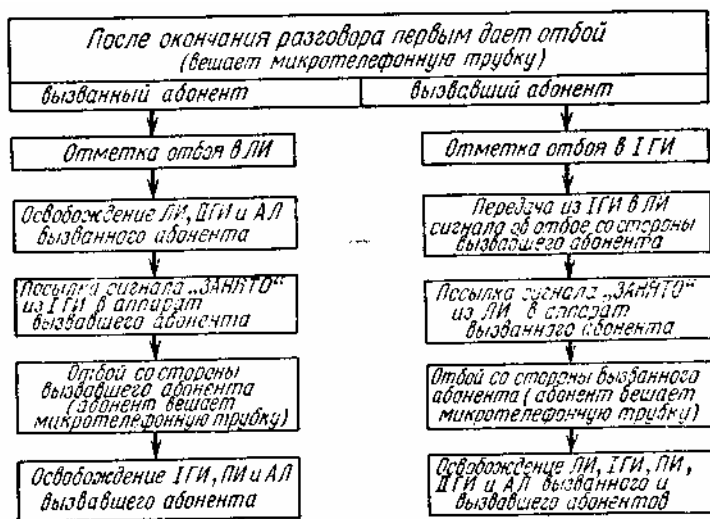


Рис. 6.5. Последовательность освобождения АЛ и приборов АТС ДШ после окончания разговора между абонентами

ДШИ являются вынужденными. Для непосредственного управления этой работой третья серия импульсов (образованная при наборе третьей цифры номера) транслируется в ЭМ подъема, а четвертая — в ЭМ вращения. После приема линейным искателем этих серий его щетки оказываются стоящими на выходе, в который включена линия вызываемого абонента. Таким образом, для установления соединений на рассмотренной АТС необходимо набирать четыре цифры, т. е. номера

АЛ на станции четырехзначные. При этом можно образовать 10000 различных четырехзначных номеров, т. е. включить на АТС 10000 АЛ. Однако по причинам, которые будут рассмотрены в гл. 9, обычно предельная емкость АТС ДШ при двух ступенях ГИ не превышает 8000 АЛ.

После окончания разговора все приборы станции и АЛ абонентов должны быть освобождены. Порядок их освобождения может быть различен и зависит от возможностей АТС. На рис. 6.5 показана одна из возможных систем освобождения (отбоя АЛ и приборов АТС ДШ). Особенностью этой системы является то, что возвращение в исходное положение участвовавших в соединении приборов всех ступеней (ПИ, I ГИ, II ГИ, ЛИ) и АЛ обоих абонентов происходит только после отбоя со стороны вызванного абонента. Такая система отбоя приводит в некоторых случаях к непроизводительному занятию приборов АТС на время слушания вызванным абонентом акустического сигнала «Занято». Однако она может быть использована для обнаружения абонентов, создающих так называемые «злонамеренные» вызовы, так как при жалобе со стороны вызванного абонента позволяет определить номер АЛ, создающих такие вызовы.

6.3. Принцип связи нескольких АТС ДШ

Если на городской сети -имеется несколько АТС ДШ, каждая из которых рассчитана ил емкость до 10000 номеров (т. е. может обслуживать до 10000 АЛ), причем все станции связаны друг с другом непосредственно, то для выбора направления к этим станциям нужны дополнительные ступени искания. На рис. 6.6 приведена функциональная схема, поясняющая взаимосвязь двух АТС. ДШ сети, на

которой установлено всего четыре станции. При этом каждая из станций имеет свой *индекс (номер)*, состоящий из одной цифры. На АТС ДШ такой сети первая ступень ГИ используется для выбора направления к станции, в которую включена АЛ вызываемого абонента. Для установления соединений к станции, линии к которой включены, например, в выходы третьей декады, в ЭМ подъема первого группового искателя должна быть передана серия из трех импульсов, т. е. при непосредственном

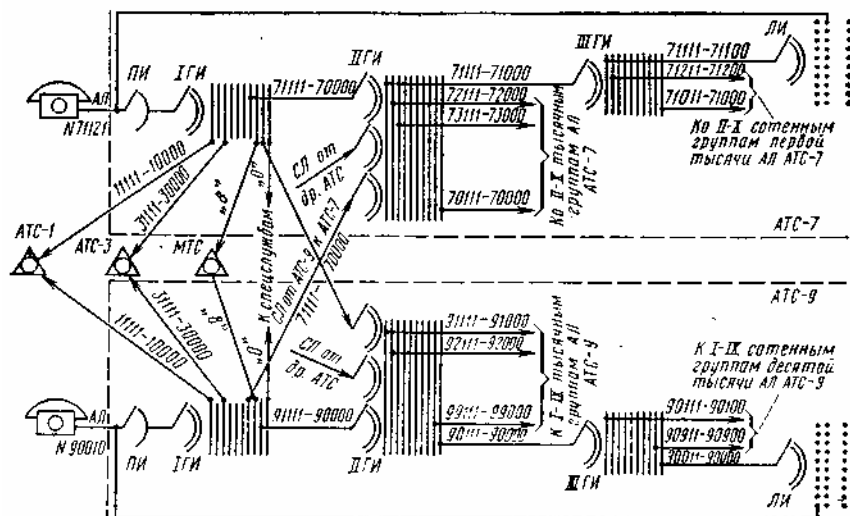


Рис. 6.6. Функциональная схема взаимосвязи двух АТС ДШ на ГТС

АТС. Так, АЛ АТС-3 имеют номера 31 111—30000.

Линии от других АТС, а также от ступени I ГИ данной станции, включенные в декаду, номер которой соответствует индексу АТС, соединяются со входами ступени II ГИ. При таком построении АТС вторая ступень группового искания служит для выбора направлений к тысячным группам АЛ, а для выбора сотенных групп определенной тысячи служит третья ступень ГИ. Вторая и третья цифра номера АЛ вызываемого абонента непосредственно управляют подъемным движением щеток ДШИ соответственно второй и третьей ступени ГИ. Две последние цифры — четвертая и пятая — необходимы для непосредственного управления подъемным и вращательным движением щеток ДШИ ступени ЛИ.

В соответствии с общегосударственной системой нумерации на телефонных сетях в СССР в качестве первых цифр номеров АЛ нельзя использовать цифры 0 и 8. Набор вызывающим абонентом первой цифры 0 указывает на необходимость связи со службами 01, 02, 03 и другими аварийными и информационно-справочными службами (так называемыми «спецслужбами»). Набор абонентом первой цифры 8 позволяет отметить, что должно быть установлено междугородное соединение через автоматическую междугородную телефонную станцию (АМТС). Соответственно в выходы восьмой и десятой декад первой ступени ГИ включаются линии к АМТС и к спецслужбам. Таким образом, на ступени ГИ можно образовать только восемь направлений к абонентским группам местной сети. С учетом этих ограничений на АТС ДШ с двумя ступенями ГИ (см. рис. 6.1) можно образовать 8 тысячных групп АЛ, т. е. ее емкость не может быть больше 8000 номеров. Емкость станции с тремя ступенями ГИ (см. рис. 6.6) может быть равна 10000 номеров, так как число АЛ на таком АТС определяется возможностями ступеней II ГИ, III ГИ и ЛИ. Однако число станций на такой сети не может быть более восьми, т. е. общая емкость сети равна максимально $8 \times 10000 = 80000$ номеров. Для построения сети большей емкости число ступеней ГИ должно быть увеличено.

6.4. Влияние непосредственного управления на построение АТС ДШ

Непосредственное управление оказывает заметное влияние на построение как самих АТС ДШ, так и всей телефонной сети, на которой используются станции с таким управлением. Прежде всего непосредственное управление устанавливает жесткую зависимость между числом цифр в номерах АЛ и числом ступеней искания, через которые устанавливаются соединения. Две последние цифры номера необходимы для управления ДШИ на ступени ЛИ, а все предыдущие его цифры обеспечивают управление ДШИ на ступенях ГИ. Следовательно, число ступеней ГИ равно числу этих предыдущих цифр. Например, если номера АЛ шестизначные, то число ступеней ГИ при декадно-шаговой системе коммутации равно $6 - 2 = 4$. При этом на сети, на которой все АЛ имеют одинаковое число знаков в номере, все соединения устанавливаются через одинаковое число ступеней искания, где бы

управлении необходимо набрать цифру 3. Поэтому номера АЛ этой станции должны начинаться с цифры 3. Далее на эту станцию при ее емкости 10000 номеров необходимо передать цифру тысяч, сотен, десятков и единиц номера требующейся АЛ, т. е. еще четыре цифры. Таким образом, номера АЛ на такой сети пятизначные, причем первая цифра номера используется для выбора станции и является индексом (или номером станции); номера АЛ станции начинаются с цифры, совпадающей с индексом

не были включены эти АЛ.

Более того, непосредственное управление жестко определяет порядок использования выходов ДШИ различных ступеней. Так, в выходы первой декады ПГИ включаются линии к абонентским группам, номера АЛ которых начинаются с цифры 1; в последние выходы всех декад любых ЛИ включаются АЛ с последней цифрой номера 0 и т. д.

Кроме того, каждая цифра номера используется в ходе установления соединения только один раз и ее повторное использование (если это по каким-либо причинам может понадобиться) без применения специальных мер невозможно. При этом на каждой ступени ГИ АТС ДШ может быть образовано не более десяти направлений, каждое из которых определяется одной цифрой (от 0 до 1).

Наконец, емкости абонентских групп в каждом направлении должны быть равны 10^n , где n — целое число, равное числу цифр, используемых для определения нужной линии в данной группе. Это затрудняет образование направлений, через которые обслуживаются абонентские группы другой емкости, или ведет к тому, что в таком направлении выделяется 10^n номеров, причем часть из них не используется.

6.5. Основные особенности конструктивного оформления и технических характеристик АТС ДШ

Все оборудование АТС ДШ размещается на специальных металлических рамах — так называемых «стативах». Высота стативов — 2365 мм, ширина — от 300 до 700 мм в зависимости от вида расположенного на стативе оборудования и типа АТС. Кабели, необходимые для соединения стативов между собой, располагаются над стативами. Для удобства эксплуатации большинство приборов размещается на съемных конструкциях — платах.

На ступени ПИ АТС-47 используются ШИ-11, на других ступенях — ДШИ; на АТС-54 или АТС-54А — соответственно ШИ-17 и ДШИ-М. Схемы управляющих устройств АТС-54, разработанной к 1954 г., были заметно усовершенствованы по сравнению со схемами АТС-47, разработанной к 1947 г. В дальнейшем в оборудовании АТС-54 были внесены некоторые изменения, обеспечивающие прежде всего подключение современной аппаратуры автоматического определения номера — АОН (см. гл. 10), а станции этого типа получили обозначение АТС-54А. Аппаратура АОН при небольших схемных переделках некоторых приборов станции может подключаться и к оборудованию АТС-54.

На АТС-54 по сравнению с АТС-47 были изменены требования к параметрам АЛ и СЛ. Так, на АТС-47 максимальное сопротивление шлейфа (суммарное сопротивление проводов a и b) АЛ составляет 1000 Ом. СЛ — 3000 Ом, а для АТС-54 — соответственно 1500 Ом и 4000 Ом. Предельные электрические параметры АЛ и СЛ определяют дальность устойчивой передачи сигналов управления и взаимодействия, поэтому с этой точки зрения максимально допустимая длина АЛ и СЛ для АТС-54 может быть больше, чем для АТС-47. Однако необходимость совместной работы с широко распространенной АТС-47, а также требования к допустимому затуханию на различных участках разговорного тракта не позволили в полной мере использовать эти преимущества АТС-54. Поэтому на АТС-54А параметры АЛ и СЛ в основном такие же, как и на АТС-47.

Для электропитания АТС указанных типов необходим источник постоянного тока 60 В с допустимыми колебаниями напряжения от 58 до 64 В. В некоторых случаях, например при пробе искателей следующей ступени искания, находящейся на другой АТС, в качестве одного из двух проводов цепи используется земля, поэтому существенный интерес представляет разность потенциалов заземлений двух АТС. Максимальная допустимая величина этой разности может составлять ± 6 В, а при использовании комплектов РСЛ на соединительных линиях ± 8 В.

Для нормальной работы АТС ДШ необходимы определенные климатические условия. Например, температура воздуха в помещениях с оборудованием должна быть $25 \pm 10^\circ\text{C}$. Существенное внимание при создании АТС-54 и АТС-54А было уделено удобству их эксплуатации. С этой целью предусмотрена возможность проверки оборудования этих АТС с помощью специально разработанной проверочной автоматической аппаратуры.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СТАНЦИИ КООРДИНАТНОЙ СИСТЕМЫ

7.1. Особенности координатных АТС

Хотя идея построения коммутационного прибора типа МКС была предложена еще в 1914 г., а первые попытки применить этот прибор на АТС делались уже в 20-х годах, однако широкое повсеместное производство и распространение координатных станций началось в 40—50-е годы. Это объяснялось более высокой стоимостью как самих коммутационных приборов типа МКС, так и устройств управления этими приборами. В то же время более дешевые декадно-шаговые АТС имеют ряд недостатков, обусловленных прежде всего применяемыми на них коммутационными приборами. Среди этих недостатков можно выделить:

сложность конструкции шаговых и декадно-шаговых искателей, требующих при изготовлении этих приборов достаточно точной регулировки, выполняемой вручную;

большое число повреждений, вызываемых наличием подвижных частей (трущихся, изнашивающихся, требующих периодической механической регулировки и замены);

большие затраты труда на эксплуатацию, связанные с невысокой надежностью используемых приборов, большим объемом работ, выполняемых вручную, необходимостью постоянного присутствия обслуживающего персонала на крупных станциях;

значительные импульсные шумы (трески) в разговорном тракте, вызываемые использованием контактов скольжения из неблагородных металлов и вибрацией из-за сотрясения щеток искателей, через которые установлено соединение, при работе соседних искателей.

Кроме того, к недостаткам АТС ДШ можно отнести трудности при коммутации четырехпроводного разговорного тракта в случае использования на сети многоканальных систем передачи, низкие коммутационные возможности ступеней группового искания (число направлений на ступени, а также доступность направления при непосредственном управлении не могут быть больше десяти), особенности непосредственного управления, ограничивающие возможности АТС ДШ при построении современных сетей связи и т. д.

Из сказанного видно, что в основном недостатки АТС ДШ обусловлены применением на этих станциях шаговых и декадно-шаговых искателей. Ясно поэтому, что использование на АТС коммутационных приборов с характеристиками, лучшими, чем у ШИ и ДШИ, позволяет существенно повысить качество работы коммутационных узлов и обслуживания абонентов. Таким образом, координатные АТС, у которых в качестве основного коммутационного прибора при образовании разговорного тракта используется МКС, а устройства управления в основном выполняются на реле, обладают по сравнению с АТС ДШ очевидными преимуществами.

Как уже указывалось в § 2.5, МКС обладает более высокими надежностью и быстродействием, чем ШИ и ДШИ. Относительная простота конструкции позволяет в значительной степени механизировать и автоматизировать работы по изготовлению МКС. Кроме того, в МКС коммутация обеспечивается контактами давления (контактами релейного типа), а не контактами скольжения, как в ШИ и ДШИ. Контакты давления подвергаются меньшему механическому износу (стиранию) и поэтому выполняются из благородных металлов, обеспечивающих более высокие электрические характеристики. Наконец, МКС различных типов обеспечивают коммутацию от 3 до 12 проводов. Все это повышает надежность АТС, снижает расходы на их эксплуатацию, обеспечивает сравнительно более высокое качество разговорного тракта и расширяет коммутационные возможности координатных станций. Однако МКС дороже ДШИ (например, в пересчете на одну трехпроводную точку коммутации стоимость МКС в 1,5—2 раза выше стоимости ДШИ), имеет большие размеры, а также требует других, чем ДШИ, методов управления. В связи с этим принципы построения коммутационной системы и управляющих устройств координатных АТС заметно отличаются от принципов, принятых на АТС ДШ. Основными особенностями координатных АТС являются:

звеньевой принцип построения коммутационных систем ступеней искания, чем обеспечивается существенная экономия оборудования, необходимого для построения коммутационной системы (см. гл. 4);

косвенное управление установлением соединения, необходимое в частности потому, что декадный принцип выдачи адресной информации из телефонного аппарата не совпадает с принципом управления МКС (преимущества косвенного управления были уже рассмотрены в гл. 5);

применение групповых управляющих устройств, обеспечивающих, по сравнению с индивидуальными устройствами управления, экономию оборудования, улучшение условий эксплуатации, повы-

шение гибкости управления и т. д.

Значительная часть координатных АТС относится к АТС с управлением по ступеням искания (см. гл. 5). Коммутационная система таких координатных АТС содержит ступень абонентского искания (ступень АИ), ступени группового искания (ступени ГИ) и ступени регистрового искания. Оборудование каждой ступени состоит из отдельных конструктивных единиц — коммутационных блоков. Число таких блоков на каждой ступени определяется количеством линий, которые должны быть включены во входы ступени. При этом каждая линия включается в отдельный вход одного из блоков ступени. В соответствии с принципом косвенного управления для приема адресной информации из аппарата вызывающего абонента служат регистры, а для установления соединений на отдельных ступенях искания — маркеры. При этом возникает необходимость в быстродействующем способе передачи накопленной информации из регистра в маркер, так как необходимо сократить непроизводительную задержку как управляющих устройств и коммутационных приборов, так и вызывающего абонента. Принятые в координатных АТС принципы построения коммутационных систем и устройств управления обеспечивают существенные дополнительные удобства при образовании коммутационных ступеней ГИ. Вместо механического деления поля ДШИ (при непосредственном управлении) на координатных АТС используется принцип электрического деления поля коммутационных блоков ступени ГИ. В результате увеличиваются коммутационные возможности ступени ГИ (например, в одном и том же блоке ГИ можно образовать различное число направлений при различной доступности в каждом из них).

Существенную роль в обслуживании соединений на координатных АТС играют комплекты разговорного тракта (например, шнуровые комплекты, комплекты РСЛ и т. д.). Это объясняется тем, что после окончания установления соединения управляющие устройства отключаются и все функции по дальнейшему обслуживанию этого соединения (посылка вызова, контроль состояния абонентских линий и т. д.) выполняются именно этими комплектами. В настоящее время отечественной промышленностью выпускается ряд координатных станций: для работы на городских сетях — станции большой емкости АТСК и АТСК-У, а для работы на сельских сетях — станции средней и малой емкости АТС К-100/2000 и АТС К-50/200М; кроме того, выпускаются учрежденческие станции УПАТС-100/400 и т. д. Координатные станции различных типов имеют достаточно заметные различия, обусловленные их назначением, емкостью и т. п. Поэтому в дальнейшем будет рассмотрено построение наиболее типичных координатных АТС-станций типа АТСК-У (АТСК) и АТС К-100/2000.

7.2. Коммутационная система координатных АТС

Ступень абонентского искания. Ступень АИ координатных АТС выполняет функции ступеней

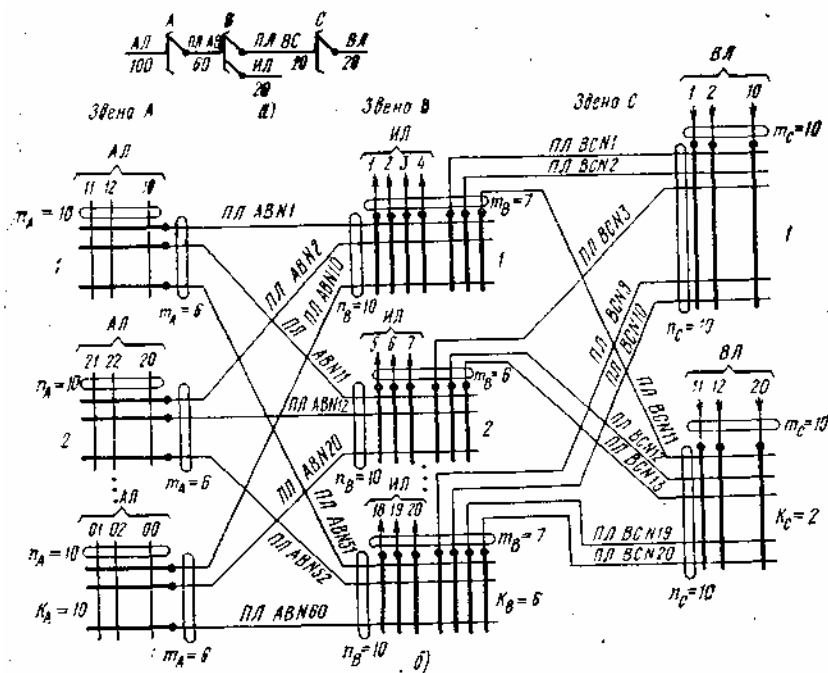


Рис. 7.1. Коммутационный блок ступени АИ АТС К-100/2000: а — функциональная схема; б — схема группообразования

ПИ и ЛИ станций декадно-шаговой системы (см. гл. 4). Во входы ступени АИ включаются АЛ, а в ее выходы — линии к первой ступени ГИ, а также линии от последней ступени ГИ. На ступени АИ устанавливаются соединения двух видов: исходящие — от АЛ вызывающего абонента и входящие — к АЛ вызываемого абонента. При этом необходимы два режима искания: при исходящих соединениях, когда ступень АИ выполняет функции ступени ПИ шаговой АТС, режим свободного искания, а при входящих соединениях (в этом случае ступень АИ выполняет функции ступени ЛИ декадно-шаговой АТС) режим линейного искания.

Число входов ступени АИ

(число АЛ) значительно больше числа ее выходов. Это объясняется тем, что использование индивидуальных АЛ низкое (интенсивность нагрузки одной АЛ обычно не превышает 0,1—0,15 Эрл), а использование общих линий, включенных в выходы ступени АИ, должно быть много выше (примерно 0,5—0,6 Эрл). В результате в коммутационных блоках ступени АИ необходимо сжатие. Применение двух режимов искания при установлении разных видов соединений является основной особенностью ступени АИ, определяющей построение ее блоков. С целью экономии и упрощения оборудования исходящие соединения в режиме свободного искания устанавливаются на этой ступени через два звена, а входящие соединения в режиме линейного искания для уменьшения внутренних блокировок через большее число звеньев (см. гл. 4). Так, на ступени АИ станции АТС К-100/2000 входящие соединения устанавливаются через три звена, а на ступени АИ станции АТСК. и АТСК-У — через четыре звена.

Коммутационный блок ступени АИ станции АТС К-100/2000 имеет 100 входов для включения АЛ, 60 ПЛ между звеньями А и В (ПЛ АВ), 20 ПЛ между звеньями В и С (ПЛ ВС), 20 исходящих линий (ИЛ), включенных в выходы звена В, и 20 входящих линий (ВЛ), включенных в выходы звена С. Блок построен по структуре ПВ-ПВ-ПВ (рис. 7.1а). На всех звеньях блока используются МКС 20×10×6.

На звене А в поле вертикалей МКС включаются АЛ, причем в поле каждой вертикали в соответствии с возможностями МКС можно включить 10 АЛ. В результате для включения всех 100 АЛ необходимо использовать поля 10 вертикалей. В блоке АИ АТС К-100/2000 на звене А применено три МКС, т. е. имеется 60 вертикалей, поэтому все сто АЛ включаются в поле вертикалей МКС звена А 6 раз, в результате каждая из АЛ включается в поля шести различных вертикалей. На рис. 7.1б и 7.2 с некоторыми упрощениями приведена схема группообразования блока АИ АТС К-100/2000. Как видно из этих рисунков, десять одних и тех же АЛ включаются в поля шести вертикалей МКС звена А, т. е. на звене А образуются коммутаторы, имеющие десять входов и шесть выходов. Например, десять АЛ с номерами 11, 12, 13, ..., 10 включаются во входы первого коммутатора, т. е. в поля вертикалей № 1, № 2, № 3 и № 4 первого МКС и вертикалей № 1 и № 2 третьего МКС звена А. Для включения всех ста АЛ необходимо образовать на звене 100:10=10 таких коммутаторов. В выходы этих коммутаторов включаются 60 ПЛ АВ, по 6 ПЛ в каждый из десяти коммутаторов.

На звене В в поля вертикалей МКС включаются ПЛ АВ, при этом в поле каждой из вертикалей в соответствии с возможностями используемого МКС можно включить десять ПЛ АВ. В результате на звене В образуются коммутаторы, имеющие по десять входов, в которые включаются ПЛ АВ. Для включения всех 60 ПЛ АВ необходимо 60:10=6 коммутаторов. В выходы коммутаторов звена В (в вертикали МКС этого звена) включается 20 ПЛ ВС и 20 ИЛ, т. е. всего 40 линий, поэтому для построения звена В нужны 40 вертикалей (два МКС). Эти 40 линий включаются в выходы шести коммутаторов звена В, следовательно, коммутаторы этого звена должны иметь по 6—7 выходов. В рассматриваемом блоке на звене В образуются четыре коммутатора, имеющих по семь выходов (коммутаторы № 1, № 2, № 4 и № 5), и два коммутатора, имеющих по шесть выходов (коммутаторы № 3 и № 6).

Как ПЛ ВС, так и ИЛ распределены между всеми коммутаторами звена В. Это сделано для того, чтобы при установлении соединений в блоке (как исходящих, так и входящих) можно было использовать соединительные пути, проходящие через все коммутаторы звена В, что обеспечивает снижение внутренних блокировок. В связи с этим выходы каждого коммутатора звена В делятся на две группы по 3—4 выхода в каждой. Выходы первой группы используются для включения ИЛ, выходы второй — для включения ПЛ ВС. Так, первый коммутатор звена В образуется при запараллеливании полей вертикалей № 1, 2, 3, ..., 7 четвертого МКС. В контактные группы полей этих вертикалей включаются ПЛ АВ с номерами от 1 до 10. Выходы коммутатора включаются в вертикали МКС, причем вертикали № 1, 2, 3 и 4 соединены с ИЛ № 1—№ 4; вертикаль № 5 — с ПЛ ВС № 1, вертикаль № 6 — с ПЛ ВС № 2, вертикаль № 7 — с ПЛ ВС № 11.

На звене С в поле вертикалей шестого МКС включаются ПЛ ВС в соответствии с возможностями вертикалей МКС — по 10 линий в поле каждой вертикали. Поэтому для включения всех 20 ПЛ ВС требуется два коммутатора. С выходами этих двух коммутаторов соединяются 20 ВЛ, в результате каждый из коммутаторов должен иметь по 10 выходов. Например, первый коммутатор звена С образуется объединением полей вертикалей № 1—№ 10 шестого МКС; в десять контактных групп этих вертикалей (входы коммутатора) включаются десять ПЛ ВС с номерами от 1 до 10, в вертикали (выходы коммутатора) — ВЛ с номерами от 1 до 10.

Любой АЛ доступно шесть определенных ПЛ АВ из 60. Например, АЛ № 11,

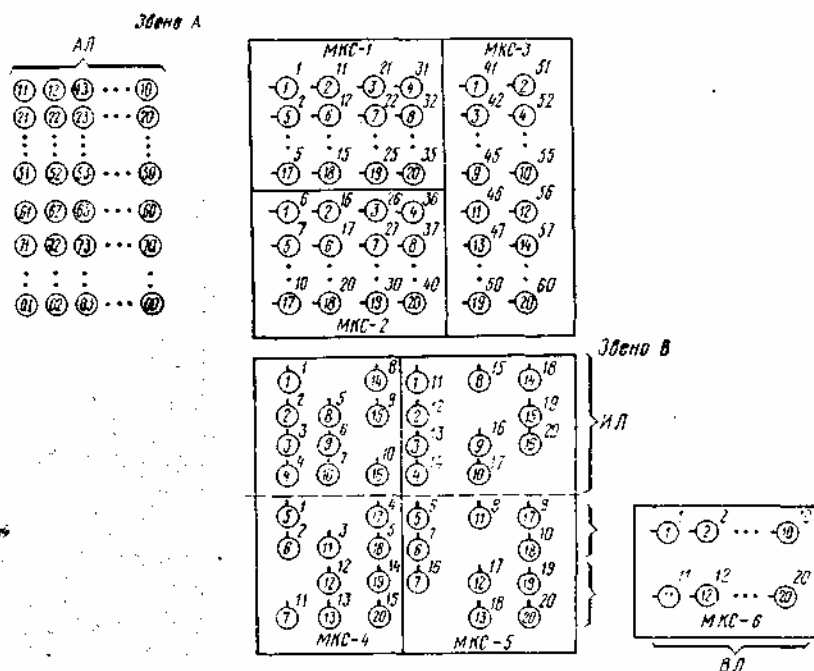


Рис. 7.2. Символическое изображение схемы группообразования блока ступени АИ

включенной в поля вертикалей № 1, 2, 3 и 4 первого МКС и № 1 и 2 третьего МКС звена *A*, доступны связанные с этими вертикалями ПЛ *AB* № 1, 11, 21, 31, 41 и 51. В свою очередь каждая из шести ПЛ *AB*, доступных одной АЛ, включается на звене *B* во вход одного из шести коммутаторов. В результате каждая АЛ имеет доступ ко всем выходам звена *B*, т. е. ко всем ИЛ и ПЛ *BC*. Например, АЛ № 11 через ПЛ *AB* № 1 может подключиться к выходам первого коммутатора звена *B*, т. е. к ИЛ № 1, 2, 3 и 4, через ПЛ *AB* № 11 — к ИЛ № 5, 6 и 7 и т. д. Таким образом, при установлении исходящего соединения для каждой АЛ можно использовать одну из шести доступных ей ПЛ *AB* и одну из 20 ИЛ. При этом соединение может быть установлено только через свободные и незаблокированные линии (ПЛ *AB* и ИЛ).

Каждой ВЛ доступно десять определенных ПЛ *BC*, которые в свою очередь связаны со всеми коммутаторами звена *B*. В результате при установлении входящего соединения имеется возможность использовать любой свободный из десяти соединительных путей. Например, если необходимо установить соединение от ВЛ № 1 к АЛ № 11, первый соединительный путь будет образован ПЛ *BC* № 1 и ПЛ *AB* № 1, второй — ПЛ *BC* № 2 и ПЛ *AB* № 1 и т. д. до десятого пути, который образуется из ПЛ *BC* № 10 и ПЛ *AB* № 51. Соединительный путь может быть использован, если обе образующие его ПЛ свободны.

При способе включения АЛ, показанном на рис. 7.1б и 7.2, на звене *A* образуется десять отдельных групп по десять АЛ в каждой. Каждая такая группа АЛ обслуживается отдельным пучком из шести ПЛ *AB*. В результате образуется десять небольших пучков. В реальном коммутационном блоке АИ станции АТС К-100/2000 применяется транспонированное включение АЛ, с помощью которого на звене *A* образуется единый неполнодоступный пучок из 60 ПЛ *AB* при доступности 6. Такой способ включения позволяет примерно на 20—25% увеличить пропускную способность блока без увеличения коммутационного оборудования, хотя и несколько усложняет внутриблочный монтаж и работу устройства управления. Число блоков АИ на станции АТС К-100/2000 определяется в зависимости от числа АЛ (емкость станции). Например, при емкости 800 номеров необходимо установить восемь таких блоков.

На станции *АТСК-У* (*АТСК*) ступень *A* строится из двухзвенных блоков двух типов: блоков абонентских линий (или блоков *AB*) и блоков входящих линий (или блоков *CD*). Блок *AB* (рис. 7.3а) имеет 100 входов для включения АЛ, 60 ПЛ *AB* и 40 выходов, 20 из которых используются для включения двадцати ИЛ, а остальные 20 — для включения двадцати ПЛ *BC* к блоку *CD*. Для построения блока применяются МКС $20 \times 10 \times 6$. Принцип построения схемы группообразования блока *AB* *АТСК-У* (*АТСК*) схож с принципом построения первых двух звеньев блока ступени АИ станции АТС К-100/2000. На станциях *АТСК-У* и *АТСК* также используется транспонированное включение АЛ, однако способы распределения АЛ между контактными группами вертикалей МКС звена *A* в блоке *AB* и блоке *АИ* АТС К-100/2000 несколько различны.

Блок *CD* (рис. 7.3б) имеет 30 входов, 40 ПЛ между звеньями *C* и *D*, а также 200 выходов. Во входы блока включены ВЛ от последней ступени ГИ, в выходы — линии к блоку *AB* (ПЛ *BC*). Для построения блока *CD* используются МКС $20 \times 10 \times 6$ на звене *C* и МКС $10 \times 20 \times 6$ на звене *D*. Схема группообразования блока приведена на рис. 7.3в и г.

Входы блока *CD* включаются во входы коммутаторов звена *D* (в вертикали МКС звена *D*), а в выходы этих коммутаторов (в поля вертикалей МКС звена *D*) — ПЛ *CD*. В соответствии с коммутационными возможностями вертикалей МКС звена *D* в поле этих вертикалей можно включить по 20 ПЛ *CD*. Поэтому коммутаторы звена *D* имеют по 20 выходов; для включения

всех сорока ПЛ *CD* требуется два таких коммутатора. Число входов в каждом из коммутаторов звена *D* равно $30:2=15$.

На звене *C* во входы коммутаторов (в вертикали МКС звена *C*) включаются ПЛ *CD*, а в выходы этих коммутаторов (в поля этих вертикалей) — выходы блока — ПЛ *BC*. В соответствии с коммутационными возможностями МКС звена *C* в поля этих вертикалей можно включить по 10 таких линий. Поэтому коммутаторы звена *C* имеют по 10 выходов. Для включения всех 200 ПЛ *BC* требуется $200:10=20$ коммутаторов. Число входов в каждом коммутаторе звена *C* равно $40:20=2$.

Оба коммутатора звена *D* имеют по 20 выходов для подключения ПЛ к двадцати коммутаторам звена *C*. Поэтому каждым коммутатором звена *D* связан с каждым из коммутаторов звена *C* —

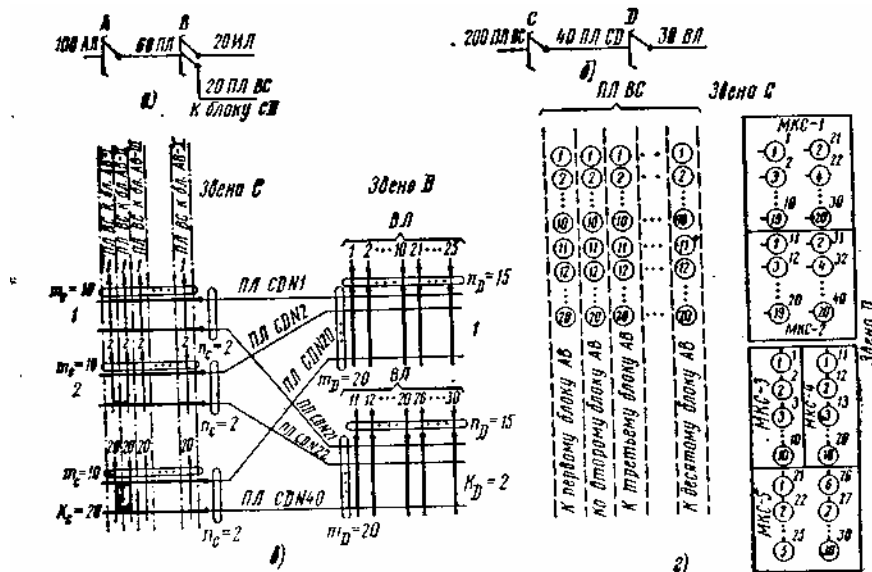


Рис. 7.3. Коммутационные блоки ступени АИ станции *АТСК-У*: а — функциональная схема блока *AB*; б — функциональная схема блока *CD*; в и г — схемы группообразования блока *CD*

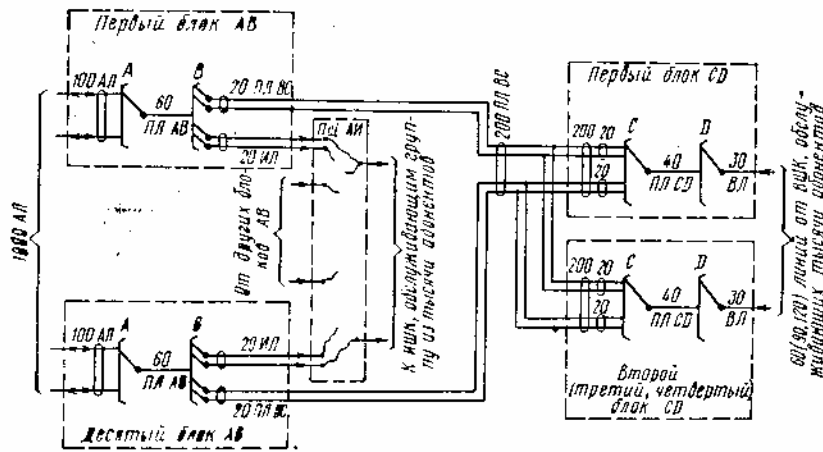


Рис. 7.4. Тысячелинейная абонентская группа ступени АИ станции АТСК-У

этому блок *CD* может быть связан с десятью блоками *AB* (рис. 7.4).

Как было показано в гл. 4, при делении выходов двухзвенной коммутационной системы на группы для уменьшения внутренних блокировок в одну группу выделяют выходы, включенные в разные коммутаторы. Поэтому двадцать ПЛ *BC*, идущих, например, к первому блоку *AB*, включаются в блоке *CD* в первые выходы всех двадцати коммутаторов звена *C*; двадцать ПЛ *BC* ко второму блоку *AB* — во вторые выходы двадцати коммутаторов звена *C* и т. д. (см. рис. 7.3в, з).

Исходящие соединения на ступени АИ АТСК-У (АТСК) устанавливаются через два звена—*A* и *B* (т. е. только через блоки *AB*), а входящие соединения — через четыре звена *A*, *B*, *C* и *D* (т. е. через единую четырехзвенную систему, образованную блоками *AB* и *CD*). При исходящем соединении возможности ступени АИ АТСК-У (АТСК) аналогичны возможностям ступени АИ АТСК-100/2000, т. е. каждой АЛ доступно шесть ПЛ *AB* и все 20 ИЛ, включенных в выходы звена *B*. При входящей связи каждой ВЛ, включенной во вход звена *D* блока *CD*, доступны определенные двадцать ПЛ *CD*. Например, ВЛ № 1, включенная в первую вертикаль третьего МКС, имеет доступ к ПЛ *CD* с номерами 1 — 20, включенным в контактные группы поля этой вертикали (см. рис. 7.3з). Через ПЛ *CD*, доступные каждой ВЛ, имеется возможность устанавливать соединения со всеми выходами блока *CD*, в том числе и с двадцатью выходами, в которые включены ИЛ *BC* к определенному блоку *AB*. В свою очередь каждая из двадцати ПЛ *BC* позволяет подключиться через определенные ПЛ *A* к любой АЛ данного блока *AB*. Таким образом, при установлении входящего соединения можно использовать 20 соединительных путей, образованных двадцатью ПЛ *CD*, двадцатью ПЛ *BC* и шестью ПЛ *AB*.

Рассмотренный принцип связи блоков *AB* и *CD* позволяет на ступени АИ АТСК-У (АТСК) образовывать отдельные группы оборудования, каждая из которых содержит до десяти блоков *AB*, соединенных с обслуживающими их блоками *CD*. Количество блоков *CD* в одной группе определяется нагрузкой, поступающей к абонентам группы, и может быть равно 2—4. При этом выходы всех блоков *CD* одной группы запараллеливаются, так что независимо от числа блоков *CD* (2, 3 или 4) в одной группе всегда будет только 200 ПЛ *BC* (см. рис. 7.4). Поскольку во входы десяти блоков одной группы можно включить максимально $10 \times 100 = 1000$ АЛ, такая группа оборудования на ступени АИ АТСК-У (АТСК) называется *тысячелинейной*.

Ступень группового искания. На ступенях ГИ станций АТСК-У (АТСК) и АТСК К-100/2000 используются двухзвенные коммутационные блоки (рис. 7.5). Принцип построения таких блоков и способы образования направлений подробно рассмотрены в гл. 4. В последние годы был разработан еще ряд блоков специального назначения, например для связи со спецслужбами и др.

Схема группообразования блока ГИ $30 \times 40 \times 200$ (блока ГИ, имеющего 30 входов, 40 ПЛ и 200 выходов), построенного на МКС $10 \times 20 \times 6$ (звено *A*) и МКС $20 \times 10 \times 6$ (звено *B*) и обеспечивающего шестипроводную коммутацию (рис. 7.5а), аналогична схеме группообразования блока *CD* ступени АИ АТСК-У (АТСК). Отличие заключается в том, что электрическое деление поля блока ГИ $30 \times 40 \times 200$, используемого на АТСК К-100/2000, позволяет образовать не только десять направлений с $D = 20$, но и направления с $D = 10$. Для каждого такого направления выделяется по одному выходу из половины всех коммутаторов звена *B*. Максимальное число направлений, которое можно образовать при $D = 10$, равно $200 : 10 = 20$. При этом в одном блоке можно образовать одновременно направления с $D = 10$ и $D = 20$. Необходимо только, чтобы сумма доступностей во всех направлениях не превышала 200, т. е. числа выходов одного блока.

На ступенях ГИ АТСК-У (АТСК) применяются блоки ГИ $60 \times 80 \times 400$, обеспечивающие шестипроводную коммутацию (рис. 7.5б), или блоки ГИ $80 \times 120 \times 400$, обеспечивающие трехпроводную комму-

одной ПЛ (связность $f = 1$). Это обеспечивает доступность всех выходов коммутаторов звена *C* (выходов блока *CD*) любому из входов коммутатора звена *D*, т. е. любому входу блока.

В выходы каждого блока *AB* включаются 20 определенных ПЛ *BC*, соединяющих блоки *AB* и *CD*. В связи с этим 200 выходов блока *CD* можно разделить на $200 : 20 = 10$ групп, каждая из которых содержит 20 ПЛ *BC*, идущих от блока *CD* к определенному блоку *AB*. По-

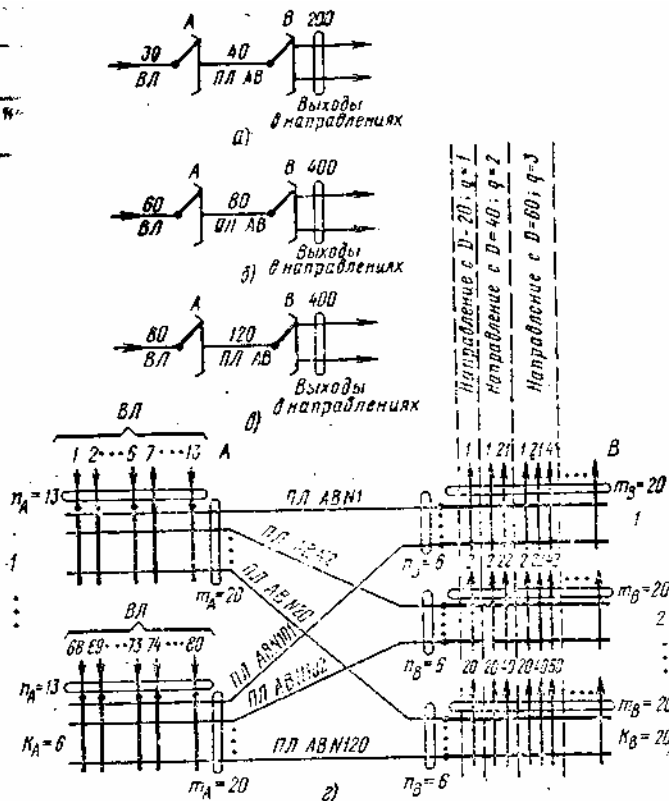


Рис. 7.5. Коммутационные блоки ступеней ГИ АТС К-100/2000 и АТСК-У: а, б и в — функциональные схемы; г — схема группообразования блока 80×120×400

ление поля блоков позволяет одновременно в каждом блоке образовать направления с $D=20$, $D=40$ и $D=60$. Необходимо только, чтобы сумма доступностей во всех образованных направлениях не превосходила бы 400.

Для построения блока ГИ 80×120×400 требуется 80 вертикалей на звене А (для подключения 80 входов) и 120 вертикалей на звене В (для подключения 120 ПЛ АВ), т. е. всего 80+120=200 вертикалей. Учитывая, что в одном МКС, применяемом в блоке, двадцать вертикалей, для построения блока ГИ 80×120×400 требуется 200:20=10 таких МКС. Таким образом, несмотря на большее число входов и большее число ПЛ АВ, для построения блока ГИ 80×120×400 требуется меньше МКС, чем для построения блока ГИ 60×80×400. Это объясняется тем, что МКС, использованный в блоке ГИ 80×120×400, имеет вдвое больше вертикалей, чем МКС блока 60×80×400.

Рассматриваемые блоки отличаются также коэффициентом расширения σ_A : в блоке ГИ 60×80×400 он равен $\sigma_A=80:60=1,33$, а в блоке ГИ 80×120×400 $\sigma_A=120:80=1,5$. В связи с этим пропускная способность блока ГИ 80×120×400 несколько выше. Однако проводность МКС блока ГИ 80×120×400 вдвое меньше ($l=3$), чем проводность МКС блока ГИ 60×80×400 ($l=6$). Поэтому блок ГИ 80×120×400 можно использовать только для коммутации двухпроводного разговорного тракта. Если же требуется коммутация четырех разговорных проводов (например, в случаях, когда и на входе, и на выходе блока

подключена аппаратура уплотнения), то необходимо применять блок ГИ 60×80×400.

Для ступеней ГИ, на которых не требуется образования направлений с большим числом линий, применяются блоки ГИ 60×60×200 и ГИ 40×40×200 (рис. 7.6а и б). Схемы группообразования этих



Рис. 7.6. Коммутационные блоки ступени ГИ АТСК-У с $f=2$: а — блок 60×60×200; б — блок 40×40×200

блоков построены при связности $f=2$. Этим обеспечивается снижение внутренних блокировок, что важно при установлении соединений в направлениях с небольшим числом линий. В блоках ГИ 40×40×200 и ГИ 60×60×200 предусмотрена возможность образования направлений с доступностями $D=10$ (максимально до 20 направлений) и $D=20$ (максимально до 10 таких направлений). Число блоков, необходимых для построения ступени ГИ, определяется числом входящих линий, которые необходимо включить во входы ступени.

Подключение регистров. Для приема адресной информации регистры должны иметь возможность подключаться к АЛ вызывающего абонента. На станциях небольшой емкости такое подключение может производиться без использования коммутационного оборудования, участвующего в создании разговорного тракта (рис. 7.7а). Однако для АТС средней и большой емкостей такое решение неэкономично и регистры на этих станциях подключаются к шнуровым комплектам, соединенным с выходами ступени АИ (рис. 7.7б). На отечественных координатных АТС применяют подключение регистров через специальные ступени регистрационного искания или жесткое закрепление регистров за комплектами.

В первом случае во входы ступени регистрационного искания включаются комплекты разговорного тракта, например ШК, а в выходы — линии к регистрам (см. рис. 7.7б). В зависимости от назначения и типа регистров ступени регистрационного искания комплектуются различными коммутационными блоками и могут иметь различные назначения. На станциях АТС К-100/2000 и АТСК применяются однозвенные коммутационные блоки РИ, имеющие по 20 входов и 5 выходов (рис. 7.8а).

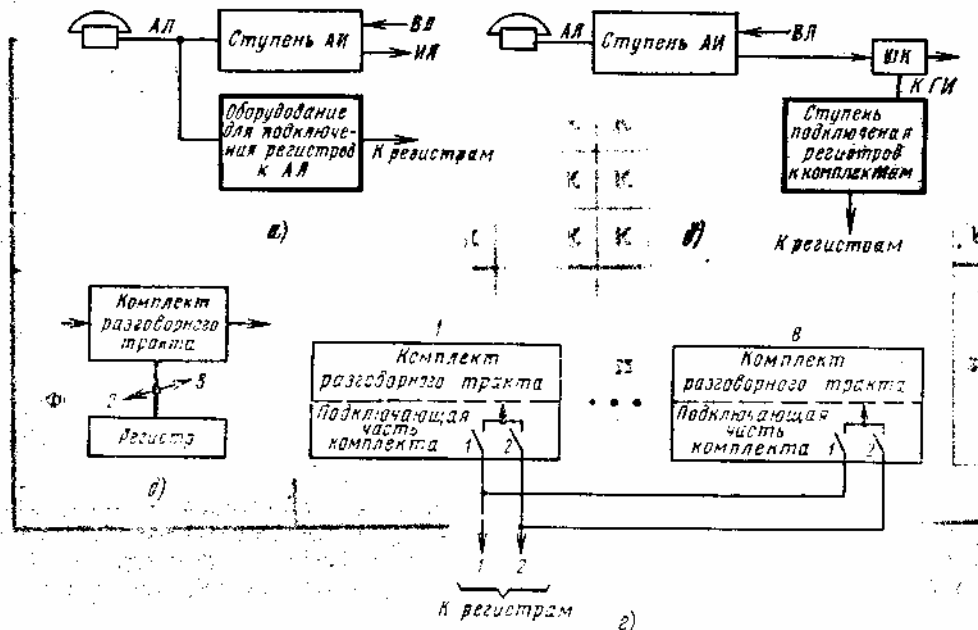


Рис. 7.7. Способы подключения регистров: а — непосредственно к АЛ; б — через ступень искания; в и г — жесткое подключение

комплектами через коммутационные блоки ступени РИА (ступень искания абонентских регистров). Каждый блок этой ступени имеет 120 входов, 60 ПЛ и 40 выходов (рис. 7.8б). Для подключения входящих регистров применяются двухзвенные блоки ступени РИВ (ступень искания входящих регистров). Блок ступени РИВ (рис. 7.8в) имеет 48 входов, 30 ПЛ и 20 выходов.

При жестком закреплении регистров (рис. 7.7в) подключающие коммутационные устройства находятся в тех комплектах, к которым должны подключаться регистры. Такие устройства очень просты и представляют собой группу реле; при срабатывании одного реле к комплектам разговорного тракта подключается один из обслуживаемых его регистров. Если контактов одного реле не хватает для коммутации всех необходимых проводов, то для подключения каждого регистра используются два реле. Чтобы не усложнять комплект, за ним закрепляется небольшое число регистров, как правило два. В результате появляется возможность образования группы комплектов, обслуживаемых одной парой регистров. На рис. 7.7в и г показан случай подключения двух регистров к восьми комплектам.

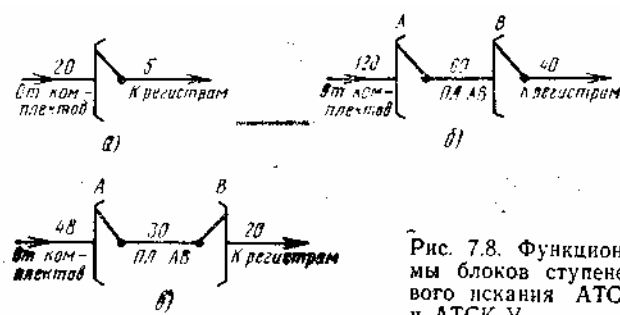


Рис. 7.8. Функциональные схемы блоков ступеней регистрационного искания АТС К-100/2000 и АТСК-У

коммутационному во вход блока, доступно небольшое число выходов, что требует специальных мер для повышения использования сложных и дорогостоящих регистров, соединенных с этими выходами.

На станции АТСК-У для подключения абонентских и входящих регистров используются двухзвенные коммутационные блоки разных типов. Абонентские регистры соединяются со шнуровыми комплектами

Число комплектов, с которыми связана эта пара регистров, может изменяться без всяких переделок в схемах. Возможно также образование неполнодоступных пучков регистров, обслуживаемых комплекты. Однако доступность по отношению к регистрам этого пучка будет невысокой (для рассмотренного случая она равна двум), следовательно, использование регистров при жестком

закреплении невелико. В связи с этим такой способ подключения применяется обычно из-за недостаточного быстрогодействия управляющих устройств ступени РИ или при небольшом числе регистров и линий, к которым эти регистры должны подключаться.

Жестким закреплением пользуются также для подключения и других приборов, если применять ступень искания по каким-либо причинам нецелесообразно.

7.3. Обмен информацией между регистрами и маркерами

Обмен информацией между регистрами и маркерами на АТСК-У (АТСК) и на АТС К-100/2000 осуществляется последовательным способом (см. гл. 5).

Для сокращения времени установления соединения (а следовательно, и для уменьшения времени непроизводительной задержки вызывающего абонента), а также для сокращения времени занятия общих устройств — регистров и маркеров — применяется быстродействующий способ передачи информации. На отечественных координатных АТС при образовании сигналов, передаваемых между регистрами и маркерами, используются полярно-числовой код (АТС К-100/2000) или многочастотные коды «2 из 6» и «2 из 5» (АТСК и АТСК-У). Прием и передача сигналов осуществляются специальными устройствами — кодовыми приемопередатчиками КПП. В передающей части КПП информация о передаваемой цифре или о команде маркера преобразуется в электрические сигналы, соответствующие принятому коду. В приемной части КПП выполняется обратное преобразование этих сигналов.

Для выполнения работы по кодированию и декодированию информации КПП должны закрепляться за регистрами и за теми маркерами, которые могут участвовать в обмене информацией. Каждый такой маркер имеет собственный КПП, так как КПП может потребоваться маркеру на разных этапах установления соединения в коммутационных блоках. Способ связи между КПП и регистрами зависит от применяемого на АТС кода. Так, при использовании многочастотного кода оказывается, что обмен информацией, в котором участвуют КПП, длится не более двух-трех секунд. При таких условиях закреплять отдельный КПП за каждым регистром нецелесообразно, так как в течение большей части времени занятия регистра

(от 6 до 14 с в зависимости от типа регистра и числа знаков принимаемого им номера) КПП регистру не нужен. Поэтому на АТСК, например, применяется жесткое закрепление двух КПП за группой за 10—12 регистров. При использовании полярно-числового кода, когда обмен информацией между регистрами и маркерами проходит примерно в 3—4 раза медленнее, доля времени, в течение которой регистр не нуждается в КПП, соответственно уменьшается. В этом случае становится целесообразно закреплять свой КПП за каждым регистром.

Принцип организации передачи и приема информации многочастотным кодом «2 из 6», с использованием импульсного челнока подробно рассматривается в гл. 5. Каждый сигнал образуется кратковременной (около 40 мс) передачей одновременно токов двух частот из группы в пять или шесть определенных частот. Так как частоты, используемые при передаче информации из регистров в маркеры и из маркеров в регистры, одинаково-

сигналы — СИГ УЛТСК-В. А. Смирнов
с 1981 г. № 1

Номер группы команд	Команды из маркеров	Частоты сигнала						Сигналы из регистров
		1 = 100 Гц	2 = 900 Гц	3 = 1000 Гц	4 = 1300 Гц	5 = 1800 Гц	6 = 1900 Гц	
I	Передать частотным способом первую цифру	1	■	■				1 Цифра 1
	Передать частотным способом следующую цифру	2	■		■			2 Цифра 2
	Подтвердить ранее переданную цифру частотным способом	3	■	■				3 Цифра 3
II	Вывод сигнала вызываемого абонента (свободна)	4	■		■			4 Цифра 4
	Разделение соединения (АБ вызываемого абонента занята)	5	■		■			5 Цифра 5
III	Подтвердить информацию, принятую с искажением	6		■	■			6 Цифра 6
	Отсутствует свободные соединительные пути	7	■			■		7 Цифра 7
IV	Передать номер декадным способом, начиная с первой цифры	8		■		■		8 Цифра 8
	Передать следующую и остальные цифры декадным способом	9			■	■		9 Цифра 9
	Подтвердить ранее переданную и передать остальные цифры дек. спос.	10		■		■		10 Цифра 0
		11	■			■		11
		12					■	12 Подтверждение
		13			■		■	13 Подтвердить информацию, принятую с искажением
		14				■		14
V	Отсутствие частотной информации	15					■	15

Рис. 7.9. Сигналы, передаваемые между регистрами и маркерами АТСК-У

вы, то значение сигнала зависит от того, в каком направлении передается этот сигнал. Так, сигнал № 1 (рис. 7.9), содержащий частоты 700 и 900 Гц, при передаче из регистра в маркер означает, что запрашиваемая маркером цифра номера равна 1. При передаче из маркера в регистр этот же сигнал означает команду, требующую передачи регистром первой цифры зафиксированного номера многочастотным кодом.

Для упрощения запоминания сочетания частот, образующих различные сигналы, всем частотам при формировании сигналов многочастотным кодом «2 из 6» присваиваются «веса», которые записываются обычно в виде индекса. Например, частота 700 Гц имеет «вес» 0 (f_0), частота 900 Гц — «вес» 1 (f_1) и т. д. до частоты 1700, имеющей «вес» 11 (f_{11}). Сумма «весов» частот равна номеру образуемого ими сигнала. Так, сигнал № 1 содержит частоты f_0 и f_1 (сумма «весов» равна $0+1=1$), сигнал № 2 — частоты f_0 и f_2 (сумма «весов» равна $0+2=2$) и т. д. Исключениями являются сигналы № 10, 14 и 15.

На рис. 7.9 приведены сигналы многочастотного кода «2 из 6», передаваемые при обмене информацией между регистрами и маркерами АТСК-У. Из рисунка видно, что для передачи команд из маркеров в регистры применяются 11 сигналов, эти команды можно условно разбить на четыре группы: для передачи команд первой группы используют сигналы № 1, 2 и 3, команд второй группы — сигналы № 8, 9 и 10, третьей группы — сигналы № 4 и 5, четвертой — сигналы № 6, 7 и 15. Первую группу составляют команды, требующие передачи регистром в маркеры ступеней искажения многочастотным кодом информации о необходимой для установления соединения цифре номера. Ко второй группе относятся команды, передаваемые маркерами ступени ГИ, если в дальнейшем будет устанавливаться соединение с абонентом АТС ДШ. Регистр, получив одну из этих команд, переходит на декадный (батарейный) способ выдачи информации. Кроме того, эти команды требуют передачи регистром последовательно друг за другом всех цифр номера, начиная с цифры, указанной соответствующей командой, а не одной, как при получении любой команды первой группы.

К третьей группе относятся команды, передаваемые в регистр после окончания установления соединения и указывающие состояние АЛ вызываемого абонента. В четвертую группу входят вспомогательные команды, назначение которых поясняется в § 7.6.

Необходимо отметить, что маркеры АТСК могут передавать в регистры только десять команд (сигналы с номерами от 1 до 10). Поэтому при образовании этих команд можно пользоваться кодом «2 из 5».

Для передачи информации из регистров в маркеры на АТСК-У и АТСК требуется 12 сигналов, из которых первые десять (сигналы № 1—№ 10) служат для передачи информации о цифре, запрашиваемой маркером, а два последних (сигналы № 12 и № 13) являются вспомогательными. Их назначение также будет рассмотрено в § 7.6.

При полярно-числовом коде, применяемом на АТС К-100/2000, по разговорным проводам a и b одновременно передаются сигналы, представляющие собой последовательности импульсов, имеющих одинаковые максимальные значения, но разные полярности. При этом полярности соответствующих импульсов на

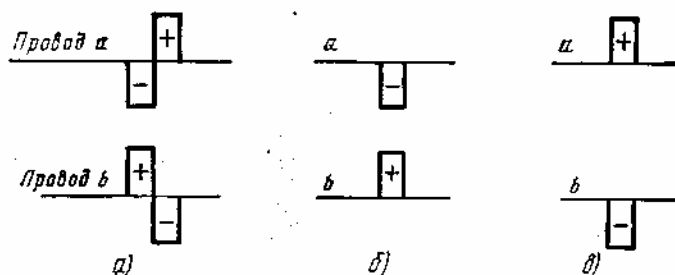


Рис. 7.10. Примеры сигналов, образованных полярно-числовым кодом: a — сигнал из двух импульсов; b и v — сигналы, состоящие из одного импульса, отличающиеся полярностями

проводах a и b противоположны (рис. 7.10). Как и при многочастотном коде «2 из 6», значения одинаковых сигналов при передаче из маркеров в регистры и из регистров в маркеры различны. Так, сигналы, приведенные на рис. 7.10а, б и в, передаются из регистра, если запрашиваемая маркером цифра соответственно четыре, пять или нуль. Однако при передаче из маркера в регистр сигнал, приведенный на рис. 7.10в, означает требование выдать в маркер полярно-числовым кодом первую цифру зафиксированного в регистре номера.

Число импульсов в одном сигнале для АТС К-100/2000 максимально равно пяти. Это дает возможность образовать десять сигналов, отличающихся числом импульсов (от одного до пяти) и полярностями импульсов (положительные или отрицательные). При передаче информации из регистров в маркеры используются все десять сигналов, при передаче команд из маркеров в регистры — девять. Длительность одного импульса при полярно-числовом коде составляет на АТС К-100/2000 примерно 40 мс, поэтому для передачи одного сигнала требуется от 40 до 200 мс.

Сигналы полярно-числового кода более подвержены искажениям под воздействием различных

помех, чем сигналы многочастотного кода «2 из 6». Поскольку полярно-числовой код является неравномерным, нельзя проверять правильность приема его сигналов, как при многочастотном коде. Наконец сигналы полярно-числового кода (в отличие от сигналов многочастотного кода «2 из 6») не могут непосредственно передаваться аппаратурой уплотнения. Однако полярно-числовой код не требует дополнительного дорогостоящего оборудования (генераторов, фильтров и т. п.), поэтому многочастотный код «2 из 6» применяется на координатных АТС большой емкости, на которых затраты на оборудование, связанное с организацией такого кодирования, составляют сравнительно небольшую долю в общей стоимости оборудования станции.

7.4. Регистры

Регистры координатных АТС осуществляют прием адресной информации, ее хранение, а также выдачу требуемой информации в маркеры. На координатных станциях могут использоваться как регистры, распределенные по ступеням искания, так и абонентские (общестанционные) регистры. В первом случае каждую ступень искания обслуживает отдельная группа регистров. Регистр, закрепленный, например, за ступенью ГИ, принимает из аппарата вызывающего абонента только ту часть номера аппарата вызываемого абонента, которая необходима для установления соединения на ступени ГИ. Далее этот регистр, не дожидаясь поступления следующих цифр номера, передает полученную информацию в маркер ГИ. После установления соединения на ступени ГИ следующую часть номера принимает один из регистров, закрепленных за следующей ступенью искания (например, ступенью АИ).

При распределении регистров по ступеням искания адресная информация на все ступени координатной станции может передаваться одним и тем же способом (обычно декадным) непосредственно из телефонного аппарата вызывающего абонента вне зависимости от типа станции, в которую включен аппарат вызывающего абонента.

Во втором случае регистр получает и запоминает весь набираемый вызывающим абонентом номер, а затем по командам выдает информацию всем маркерам, участвующим в установлении нужного соединения. Таким образом, абонентский регистр участвует в установлении соединения на всей станции и является в этом смысле общестанционным устройством.

При установлении соединения от АЛ, включенной в координатную АТС с абонентскими регистрами, к АЛ, включенной в декадно-шаговую АТС, требуется передать часть зафиксированного в регистре номера декадным способом на ступени искания декадно-шаговой станции. Необходимую информацию можно передать или непосредственно из абонентского регистра, который в связи с этим должен быть дополнительно приспособлен для выдачи информации декадным способом, или из специального исходящего регистра. Исходящий регистр подключается к СЛ, исходящей на декадно-шаговую станцию, получает адресную информацию быстродействующим способом из абонентского регистра, а затем передает ее декадным способом в управляющие устройства АТС ДШ.

При установлении на координатной АТС с абонентскими регистрами соединения от шаговой станции через входящую СЛ адресная информация передается декадным способом и поэтому не может сразу направляться в маркеры. В этом случае для приема информации используются либо абонентские регистры, которые тогда должны иметь возможность подключаться к входящим соединительным линиям, либо специальные входящие регистры. Входящие регистры подключаются к входящим соединительным линиям от АТС ДШ, принимают информацию, передаваемую декадным способом по этим линиям, а затем быстродействующим способом по командам выдают информацию в маркеры координатной станции.

На отечественных координатных АТС применяются абонентские регистры, так как они в большей мере, чем регистры, распределенные по ступеням искания, позволяют использовать преимущества косвенного управления. Это обеспечивается тем, что все цифры набранного номера хранятся в абонентском регистре и любая из этих цифр может быть многократно передана из регистра по соответствующей команде.

На станции АТС К-100/2000 число регистров относительно невелико, применение специальных входящих и исходящих регистров оказывается неэкономичным и при установлении всех видов соединений используются абонентские регистры. На станциях АТСК и АТСК-У число регистров велико и поэтому целесообразно для упрощения абонентских регистров применять входящие и исходящие регистры.

Действие регистра существенно зависит от его типа и от станции, для которой он предназначен. В качестве примера рассмотрим работу абонентского регистра, используемого на АТСК-У (АТСК).

Упрощенная структурная схема релейного регистра³ приведена на рис. 7.11.

Устройство занятия и приема импульсов набора при подключении регистра через ступени АИ и

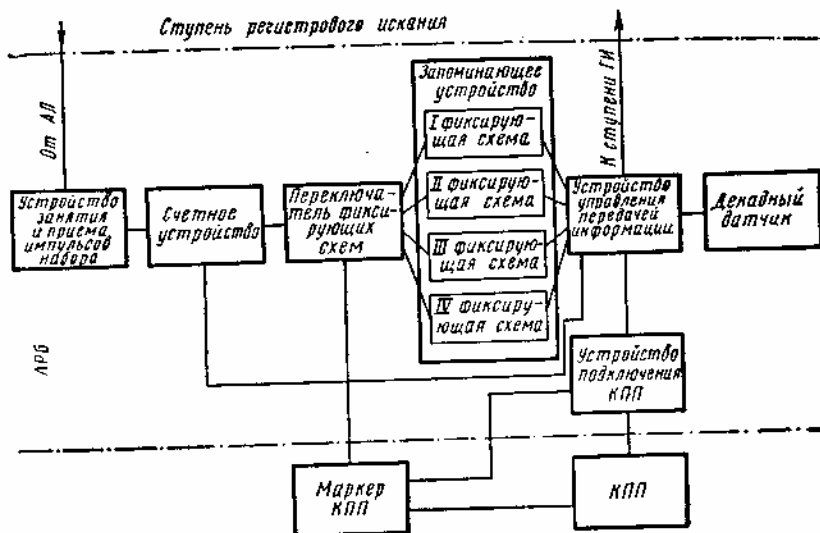


Рис. 7.11. Упрощенная структурная схема АРБ АТСК-У

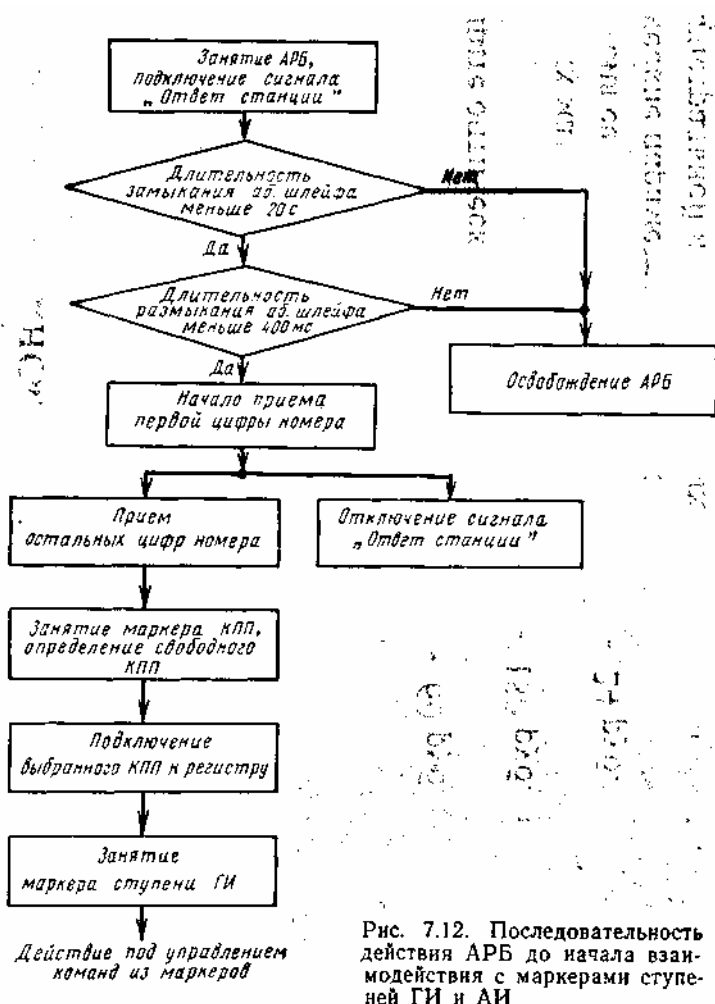


Рис. 7.12. Последовательность действия АРБ до начала взаимодействия с маркерами ступени ГИ и АИ

РИ к абонентской линии вызываемого абонента подготавливает регистр к дальнейшей работе, обеспечивает подачу в аппарат вызывающего абонента сигнала готовности к приему номера, а затем транслирует серии импульсов, соответствующие набираемым цифрам номера, в счетное устройство.

Счетное устройство определяет число импульсов в каждой серии, т. е. определяет набираемую цифру. В регистре используется только одно счетное устройство для приема всех серий импульсов номера, поэтому после окончания каждой серии импульсов информация о принятой цифре передается в запоминающее устройство, а счетная схема подготавливается к приему следующей серии импульсов. Исключением является последняя цифра номера, после приема которой нет необходимости в освобождении счетного устройства. Поэтому в регистрах координатных АТС последняя цифра номера запоминается самим счетным устройством.

Запоминающее устройство служит для фиксации каждой цифры, принятой счетным устройством (кроме последней цифры номера). Запоминающее устройство содержит несколько отдельных фиксирующих схем, каждая из которых запоминает определенную цифру номера. Так, первая фиксирующая схема запоминает первую цифру номера, вторая фиксирующая схема — вторую цифру номера и т. д. Запоминающее устройство на рис. 7.11 содержит четыре фиксирующих схемы, поэтому такой регистр может принимать пятизначные номера. Первые четыре цифры номера фиксируются в запоминающем устройстве, последняя, пятая — в счетном устройстве.

Переключатель фиксирующих схем позволяет передавать информацию о каждой из цифр номера из счетного устройства в соответствующую фиксирующую схему. Устройство управления передачей информации обеспечивает выдачу информации о хранящихся в запоминающем и счетном устройствах цифрах номера в управляющие устройства ступеней иска-

Переключателъ фиксирующих схем позволяет передавать информацию о каждой из цифр номера из счетного устройства в соответствующую фиксирующую схему.

Устройство управления передачей информации обеспечивает выдачу информации о хранящихся в запоминающем и счетном устройствах цифрах номера в управляющие устройства ступеней иска-

³ Для станции АТСК-У разработан электронный регистр, принцип действия и особенно структурная схема которого отличаются от действия и структуры релейного регистра.

ния.

Декадный датчик используется при выдаче информации на ступени искания шаговых АТС декадным способом. На АТСК и АТСК-У могут применяться также абонентские регистры, которые не содержат этого устройства и, следовательно, не могут выдавать информацию о номере декадным способом.

Устройство подключения КПП служит для подключения к абонентскому регистру одного из двух жестко закрепленных за ним КПП.

На рис. 7.11 показаны также устройства, не входящие в состав абонентского регистра, но тесно с ним связанные. К таким устройствам относится КПП, назначение которого уже было пояснено выше, и устройство, управляющее подключением к регистру кодового приемопередатчика, — *маркер кодовых приемопередатчиков (МКПП)*. Этот маркер, получив запрос из обслуживаемого им регистра, определяет состояния КПП, закрепленных за абонентским регистром, и сообщает в регистр (в устройство подключения КПП), какой из КПП может быть использован регистром.

Последовательность работы абонентского регистра до начала взаимодействия с маркерами ступеней искания показана на рис. 7.12.

В регистрах осуществляется контроль длительности замыкания и размыкания проводов *a* и *b* в телефонном аппарате вызывающего абонента (абонентского шлейфа). Если абонент в течение длительного времени (20—40 с) не приступает к набору номера или задерживает набор отдельных цифр номера, т. е. абонентский шлейф длительное время не размыкается импульсными контактами номеронабирателя, абонентский регистр принудительно освобождается. Это сделано для того, чтобы регистр как коллективное устройство не занимался одним абонентом слишком долго.

При наборе цифры импульсный контакт номеронабирателя производит, как известно, периодические размыкания абонентского шлейфа на время, примерно равное 60 мс. Когда абонент до или во время набора номера повесит микротелефонную трубку, абонентский шлейф размыкается контактами рычажного переключателя на сравнительно большое время — до следующего снятия трубки. Если абонентский шлейф размыкается на время, большее 400 мс, то это означает, что абонент повесил микротелефонную трубку и регистр должен быть освобожден.

После окончания приема всех цифр номера и подключения КПП из регистра посылается сигнал занятия в маркер ступени ГИ. Далее действия регистра в основном определяются командами из маркеров.

7.5. Маркеры

Маркеры координатных АТС выполняют задачи поиска и выбора соединительных путей через коммутационную систему, а также управляют коммутацией, необходимой для установления требуемых соединений.

На координатных АТС, коммутационная система которых разбивается на отдельные ступени искания, используются как маркеры, распределенные по отдельным ступеням искания, так и функциональные маркеры. В первом случае маркеры устанавливаются только в пределах определенной, закрепленной за ними, ступени искания, без учета состояния следующих ступеней. Во втором случае маркеры могут устанавливать соединения в пределах нескольких ступеней искания, выполняя определенные функции в процессе установления соединения. Например, маркеры, управляющие установлением соединений через ступени АИ и РИ, выполняют таким образом, функцию подключения АЛ к абонентскому регистру. Если коммутационная система координатной АТС не разбивается на отдельные ступени искания, то для установления соединений используются централизованные маркеры.

На таких станциях, как АТСК, АТСК-У, АТСК-100/2000, а также на ряде зарубежных координатных станций маркеры закрепляются за отдельными ступенями искания (управление по ступеням искания). Функциональные маркеры используются, например, на французской координатной станции «Пентаконта 1000В», а централизованные маркеры — на американской станции «Кроссбар № 5» и японской С400. На междугородных сетях СССР получили распространение координатные станции АРМ-20 (см. гл. 10), на которых также применяют централизованные маркеры. Особенности каждого из способов управления уже были рассмотрены в гл. 5, поэтому здесь необходимо только подчеркнуть, что при управлении по ступеням искания, использованном на АТСК, АТСК-У и АТСК-100/2000, маркеры относительно не сложны и дешевы.

Маркеры, обслуживающие отдельные ступени искания, могут по-разному закрепляться за блоками ступени. Например, один маркер может обслуживать несколько коммутационных блоков, или несколько маркеров обслуживают несколько коммутационных блоков, или один маркер обслуживает

только один коммутационный блок и т. д. В первом случае маркер должен иметь высокую надежность, так как выход его из строя ведет к заметному снижению качества обслуживания на ступени. Во втором случае необходимо обеспечить независимую работу всех маркеров в каждом из обслуживаемых блоков, что ведет к усложнению устройства подключения маркеров к коммутационным блокам. На АТСК, АТСК-У, АТСК-100/2000 один маркер закрепляется за одним коммутационным блоком. При этом не требуется специальных устройств подключения маркера к блоку, а выход из строя одного маркера (следовательно, отказ одного коммутационного блока) несущественно сказывается на обслуживании вызовов в целом на всей ступени искания.

Действие маркеров и их структурные схемы в основном определяются режимом искания, используемым при установлении соединения на обслуживаемой маркером ступени. Все маркеры обслуживают вызовы по системе с ожиданием, т. е. если вызов приходит в момент, когда маркер занят установлением предыдущего соединения, то вызов ожидает освобождения маркера. На рис. 7.13 приведена

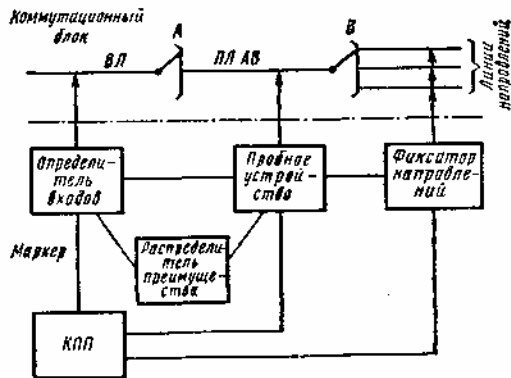


Рис. 7.13. Структурная схема маркера ступени ГИ

первых, он должен определить номер входа, по которому поступил вызов, а во-вторых, при одновременном поступлении нескольких вызовов выбрать

структурная схема маркера, работающего на ступени ГИ (МГИ). Такой маркер 1) определяет номер обслуживаемого входа; 2) обменивается информацией с регистром для определения требуемого направления ступени ГИ; 3) пробует и выбирает свободный соединительный путь через коммутационный блок; 4) включает электромагниты МКС.

Первая из этих задач связана с тем, что маркер является общим управляющим устройством, обслуживающим коммутационный блок с большим (несколько десятков) числом входов. При этом вызовы, требующие обслуживания, могут появляться одновременно на нескольких входах блока. Так как маркер обслуживает вызовы по одному, последовательно один за другим, то, во-

первых, он должен определить номер входа, по которому поступил вызов, а во-вторых, при одновременном поступлении нескольких вызовов выбрать для обслуживания один из входов. Это выполняется с помощью определителя входов. Выбор одного из входов, по которым одновременно поступают вызовы, осуществляется схемой распределения преимущества, входящей в состав определителя. Такая схема может быть построена, например, так, чтобы при одновременном поступлении вызовов по первому, второму и третьему входам блока маркер вначале обслужил первый вход, затем из второго и третьего входов выбрал для обслуживания второй и уже в последнюю очередь обслужил третий вход. Однако для надежной работы станции необходимо предусмотреть смену очередности выбора на обслуживание, т. е. смену преимущества на обслуживание. В противном случае появляются входы, поступающие по которым

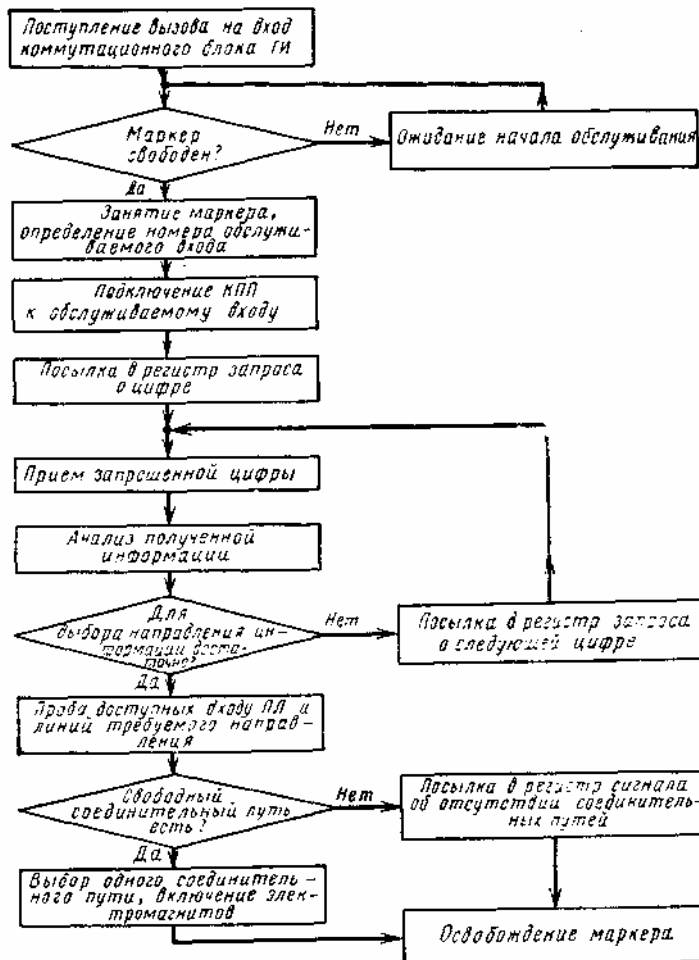


Рис. 7.14. Последовательность действия МГИ при установлении соединения на ступени ГИ

вызовы обслуживаются всегда в первую очередь. В приведенном выше примере таким входом оказывается первый. В результате при появлении неисправности, имитирующей поступление вызова по такому входу, маркер будет обслуживать только этот вход, вне зависимости от поступления вызовов по другим входам. Смена преимущества обеспечивается распределителем преимущества, изменяющим порядок выбора входов на обслуживание при каждом занятии маркера.

Для решения второй из указанных задач ко входу, выбранному для обслуживания, подключается КПП. В зависимости от адресной информации, получаемой по запросам из регистра, *фиксатор (или определитель) направлений* определяет группу выходов блока, в которые включены линии требуемого направления. Фиксатор направлений является тем устройством маркера, которое делает возможным электрическое деление поля коммутационного блока. Для поиска требуемой группы выходов в фиксатор направлений поступает определенная часть номера вызываемого абонента, характерная для номеров всех АЛ, с которыми можно установить соединение в данном направлении. Такая часть номера называется *кодом направления*. Маркеры ГИ могут выбирать направления на основе кодов, состоящих из одной, двух, трех и даже четырех цифр.

При выполнении третьей задачи в работу вступает *пробное устройство*. В маркерах используется обходный принцип пробы соединительных путей (*обходное установление соединений*). Состояние пробных линий проверяется без подключения к ним через коммутационный блок ступени, т. е. в обход его по специальным проводам. Этим достигается уменьшение времени, отводимого на пробу. Для повышения скорости работы релейного маркера в пробных устройствах осуществляется *одновременная проба* всех возможных путей. Это позволяет, например, за 20—25 мс определить состояние двадцати соединительных путей. Необходимость ускорения работы маркера очевидна, если учесть, что маркер как общее управляющее устройство должен успевать обслуживать большое число входов одного коммутационного блока.

Кроме того, при построении пробных устройств следует учитывать необходимость обусловленного искания в звеньевых системах коммутации, т. е. выбора, например в двухзвенном блоке ГИ, только того выхода в требуемом направлении, к которому можно подключиться через доступную входу и свободную ПЛ.

Для проведения пробы фиксатор направлений подключает к пробному устройству пробные провода требуемого направления. Одновременно из определителя входов поступает информация о том, какие ПЛ в соответствии со схемой группообразования блока доступны обслуживаемому входу. Информация о состоянии этих линий поступает в пробное устройство по специальным (обходным) проводам. При одновременной пробе всех возможных соединительных путей может быть найдено одновременно несколько свободных путей. Пробное устройство должно выбрать один путь, через который и будет установлено требуемое соединение. Для этого служат схемы распределения преимущества, а смену порядка распределения преимущества, необходимую для повышения надежности работы станции, обеспечивает распределитель преимущества.

Включение электромагнитов МКС осуществляется элементами определителя входов, пробного устройства и фиксатора направлений, так как все эти устройства необходимы для того, чтобы установить, какие электромагниты и в каких МКС должны быть включены.

При установлении соединения со станцией адресную информацию, на которую необходимо передавать, например, декадным способом, маркер должен послать в абонентский регистр команду о переходе на декадный способ выдачи информации (на АТСК и АТСК-У одну из команд № 8, 9 или 10, рис. 7.9). Такая команда при необходимости выдается после выбора свободного соединительного пути на основе анализа, выполняемого фиксатором направлений.

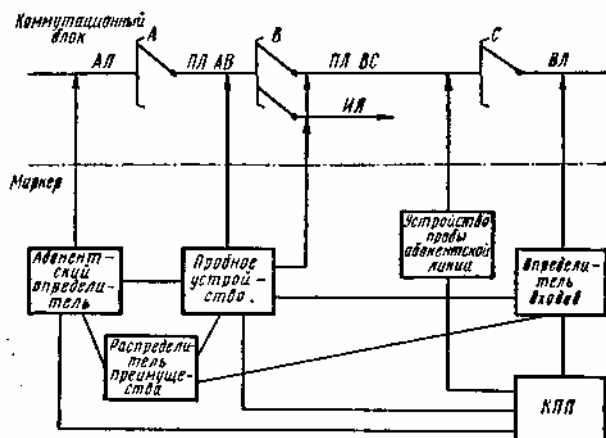


Рис. 7.15. Структурная схема маркера ступени АИ

Кроме того, в состав маркеров входит *контрольное устройство* (на рис. 7.13 не показано), которое следит только за длительностью занятия маркера. Если эта длительность превышает время занятия исправного маркера при установлении соединения, контрольное устройство принудительно освобождает маркер и сообщает о его неисправности. Последовательность работы маркера ГИ показана на рис. 7.14.

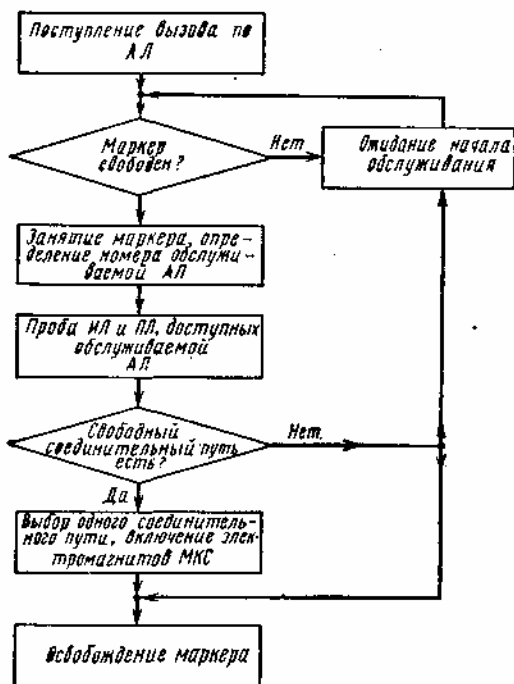


Рис. 7.16. Действие МАИ при установлении исходящего соединения на ступени АИ

кореня процесса пробы все возможные соединительные пути пробуются одновременно. Выбор одного из нескольких свободных соединительных путей выполняет пробное устройство совместно с распределителем преимущества. Электромагниты на звеньях *A* к *B* блока включаются элементами абонентского определителя и пробного устройства.

При установлении входящего соединения маркер АИ выполняет следующие операции: определяет номер обслуживаемого входа; обменивается информацией с регистром для определения требуемой АЛ; осуществляет пробу и выбирает свободный соединительный путь через коммутационный блок; осуществляет пробу состояний требуемой АЛ; включает электромагниты МКС. Последовательность работы маркера АИ при установлении входящего соединения показана на рис. 7.17. Вызов поступает в блок АИ со стороны ВЛ. При выполнении первой из перечисленных операций используются определитель входов и распределитель преимущества. Для обмена информацией с регистром к ВЛ подключается КПП. При этом по командам маркера из регистра передаются последние цифры номера, число которых зависит от числа АЛ, включенных в блок. Например, при включении в блок ста АЛ в маркер АИ должны быть переданы две последние цифры — цифры десятков и единиц. Эти цифры запоминает абонентский определитель, который используется в этом случае как запоминающее устройство маркера. Далее производится одновременная проба всех соединительных путей между обслуживаемой ВЛ и требуемой АЛ. Для осуществления обусловленного искания в пробное устройство из абонентского определителя поступает информация о том, какие ПЛ *AB* доступны требуемой АЛ, а из определителя входов — о том, какие ПЛ *BC* доступны обслуживаемой ВЛ. Информация о состоянии этих линий поступает в пробное устройство по обходным управляющим проводам. Затем осуществляется выбор одного свободного пути.

Проба состояния АЛ производится уже после частичного включения электромагнитов в блоке. В противном случае устройство пробы абонентской линии нужно было бы подключить к АЛ, число которых достаточно велико. Поэтому к требуемой АЛ при включении электромагнитов на звеньях *A* и *B* подключается промежуточная линия *BC*, к которой, в свою очередь, подключается устройство пробы абонентской линии. Число ПЛ *BC* значительно меньше числа АЛ, и, следовательно, подключить устройство пробы абонентской линии при этом проще. Для включения электромагнитов в блоке используются элементы абонентского определителя, пробного устройства и определителя входов. Контроль за работой маркера осуществляет контрольное устройство, которое по принципу действия аналогично контрольному устройству маркера ГИ.

На станциях АТСК и АТСК-У ступень АИ содержит блоки двух типов (см. рис. 7.3 и 7.4). За каждым блоком закрепляется свой маркер (рис. 7.18). При этом исходящие соединения устанавливаются под управлением маркера блока *AB* (МАВ), действия которого аналогичны соответствующим действиям маркера АИ.

Маркер ступени АИ (МАИ), схема которого показана на рис. 7.15, управляет установлением соединений двух видов — исходящих от АЛ вызываемого абонента и входящих к АЛ вызываемого абонента. При установлении исходящего соединения (рис. 7.16) вызов со стороны АЛ фиксируется в закрепленном за этой линией абонентском комплекте (АК), который занимает маркер АИ. Последний определяет номер входа, требующего обслуживания, производит пробу и выбирает свободный соединительный путь, затем включает электромагниты МКС. Номер входа, в который включена требующая обслуживания АЛ, определяет абонентский определитель маркера. При одновременном поступлении вызовов от нескольких линий абонентский определитель выбирает для обслуживания одну АЛ. Смену преимущества, необходимую для такого выбора, обеспечивает распределитель преимущества.

Для выполнения требований обусловленного искания пробное устройство, работающее в данном случае в режиме свободного искания, получает из абонентского определителя информацию о том, какие ПЛ АВ доступны обслуживаемой АЛ. Информация о состоянии этих ПЛ, а также о состоянии ИЛ передается в пробное устройство по обходным управляющим проводам. Для у-

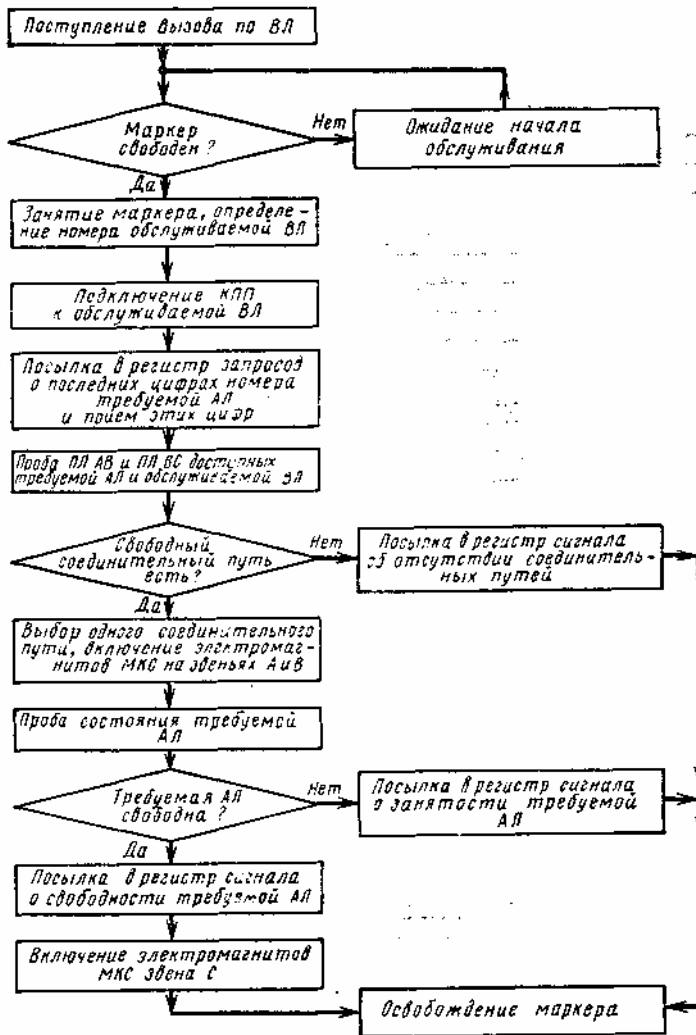


Рис. 7.17. Действие МАИ при установлении входящего соединения на ступени АИ

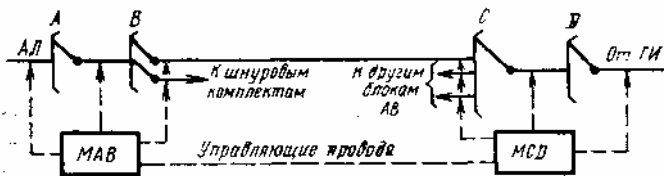


Рис. 7.18. Маркеры тысячелинейной абонентской группы ступени АИ АТСК-У

7.6. Городские координатные станции АТСК-У и АТСК

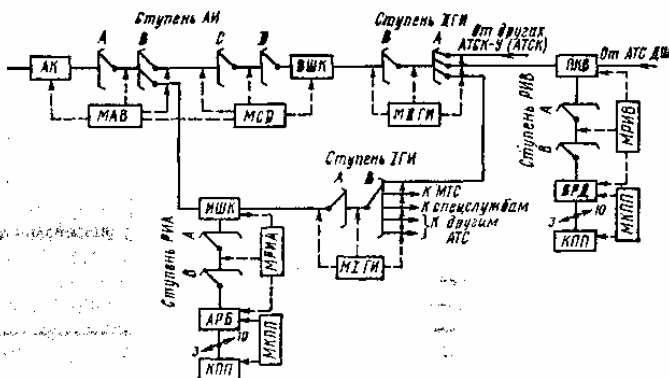


Рис. 7.19. Функциональная схема АТСК-У с двумя ступенями ГИ

Входящие соединения устанавливаются совместно маркерами AB и CD . Для этого маркеры блоков AB и CD , входящих в состав одной тысячелинейной группы, соединяются управляющими проводами и обмен информацией между маркерами осуществляется по многопроводному тракту. При установлении входящего соединения первым занимается маркер блока CD (MCD); после обмена информацией с регистром он определяет блок AB , в который включена АЛ вызываемого абонента, и подключается к маркеру этого блока. Проба и выбор соединительного пути между обслуживаемой ВЛ и требуемой АЛ осуществляются маркерами блоков AB и CD совместно. После включения электромагнитов на звеньях A , B и C находящегося в MCD устройство пробы абонентской линии производит пробу состояния АЛ, подключаясь для этого к ПЛ CD .

На координатных АТС применяются также маркеры других видов, например маркеры ступеней регистрового искания. Такие маркеры, работающие, как правило, в режиме свободного искания, несложны по схеме, а по принципу действия мало отличаются от маркера АИ при установлении исходящего соединения.

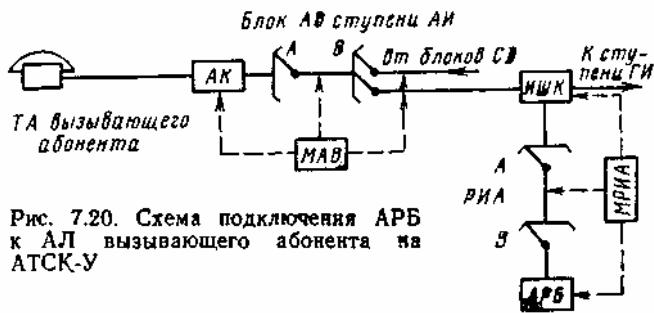


Рис. 7.20. Схема подключения АРБ к АЛ вызывающего абонента на АТСК-У

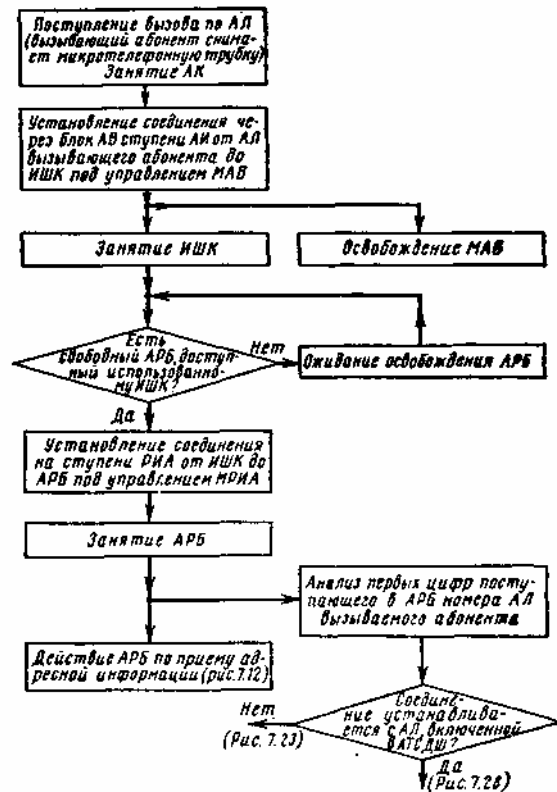


Рис. 7.21. Последовательность установления соединения АЛ вызывающего абонента с АРБ, и приема информации в АРБ АТСК-У

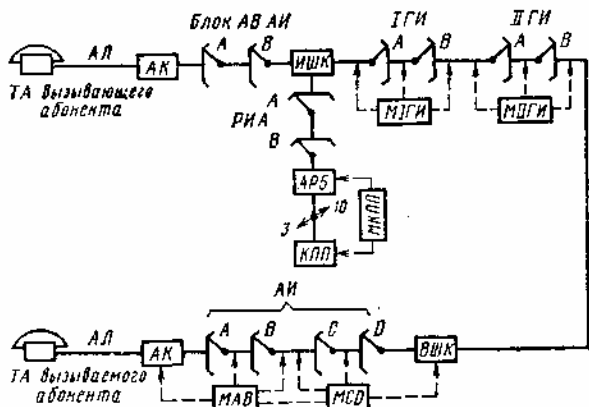


Рис. 7.22. Схема внутростанционного соединения на АТСК-У

Структурная схема станций. Станция АТСК-У (рис. 7.19) применяется на крупных городских телефонных сетях и представляет собой усовершенствованный вариант станции типа АТСК. Коммутационная система станции содержит ступени АИ, ГИ, РИА, РИВ. Работой каждого коммутационного блока управляет отдельный маркер. На АТСК-У могут устанавливаться абонентские регистры АР или АРБ. Регистры АР, в отличие от АРБ, не приспособлены для выдачи информации декадным способом,

поэтому при установке их на станции для исходящей связи с АТС ДШ применяются исходящие регистры ИРД. Для обслуживания входящих соединений от АТС ДШ применяются входящие регистры: ВРД или ВРДБ. Регистры ВРДБ отличаются от ВРД тем, что могут передавать информацию не только многочастотным, но и декадным способом.

На станции используются шнуrowые комплекты двух типов: исходящие ИШК, включаемые в ИЛ от ступени АИ, и входящие ВШК, включаемые в ВЛ ступени АИ. Линии от АТС ДШ подключаются к входящим регистрам через подключающие комплекты ПКВ. Кроме того, предусмотрено большое число комплектов соединительных линий и других типов.

Для образования схем неполнодоступного включения линий в выходы коммутационных блоков, например включения ИШК в ИЛ блоков АВ ступени АИ (см. рис. 7.4), используются промшты, которые с целью упрощения на рис. 7.19 не показаны.

На АТСК абонентские регистры подключаются через однозвенные блоки, входящие регистры жестко закреплены за входящими от АТС ДШ линиями. В остальном функциональные схемы АТСК и АТСК-У одинаковы. Однако во многие приборы АТСК-У внесены по сравнению с аналогичными приборами АТСК заметные усовершенствования.

Установление соединений на АТСК-У. При снятии абонентом микротелефонной трубки через ступени АИ (блоки АВ) и РИА, а также через ИШК к АЛ вызывающего абонента подключается регистр АРБ (рис. 7.20). Порядок установления этого соединения показан на рис. 7.21. После получения сигнала готовности из АРБ вызывающий абонент приступает к набору номера. Действие АРБ на этом этапе соединения было рассмотрено выше (см. рис. 7.11 и 7.12). Процессы установления соединений на АТСК-У при связи с АТС ДШ и с другими АТСК-У (в том числе и внутростанционные или с АТСК) несколько отличаются. Вследствие этого предусмотрен анализ первых цифр номера, являющихся индексом (кодом) станции. Такой анализ производится или непосредственно в АРБ, или (при большом числе станций на сети) в специальном устройстве — анализаторе кода станций. Если в результате анализа выясняется, что должно быть установлено внутростанционное соединение или соединение с абонентской линией, включенной в станцию, однотипную по способу передачи адресной информации, то подключение КПП к регистру и занятие МГИ производится

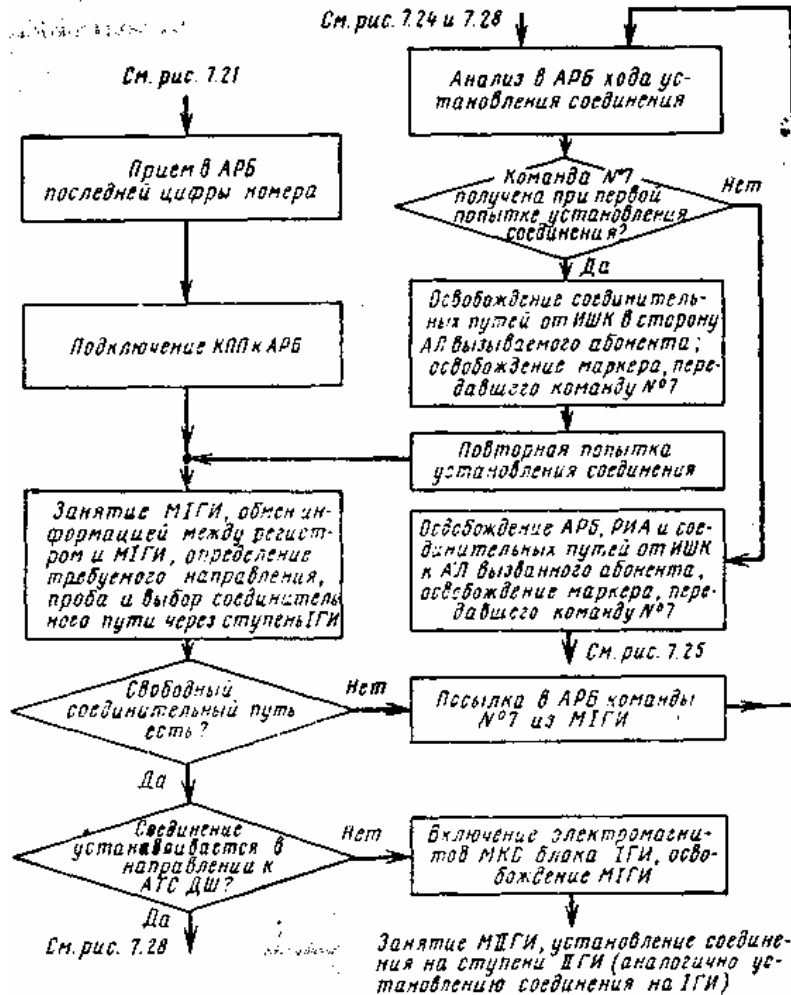


Рис. 7.23. Последовательность установления внутрисканционного соединения на ступени ГИ АТСК-У

после набора всех цифр номера.

На рис. 7.22 приведена схема, а на рис. 7.23 и 7.24 показана последовательность установления внутрисканционного соединения на АТСК-У. Действия маркеров ступеней ГИ и АИ при установлении соединения на соответствующих ступенях были рассмотрены выше.

После окончания соединения в случае свободы линии вызываемого абонента все дальнейшее обслуживание вызова осуществляется шнуrowыми комплектами ИШК и ВШК. Так, из ВШК передаются сигналы «Посылка вызова» и «Контроль посылки вызова» соответственно в аппараты вызываемого и вызывающего абонентов; при ответе вызываемого абонента передача этих сигналов прекращается. Комплекты ИШК и ВШК обеспечивают питание микрофонов в телефонных аппаратах обоих абонентов, а также питание удерживающих электромагнитов МКС всех участвующих в соединении ступеней искания. Окончание разговора, т. е. отбой со стороны любого из абонентов, также отмечается ВШК. Освобождение участвующих в соединении приборов производится без уча-

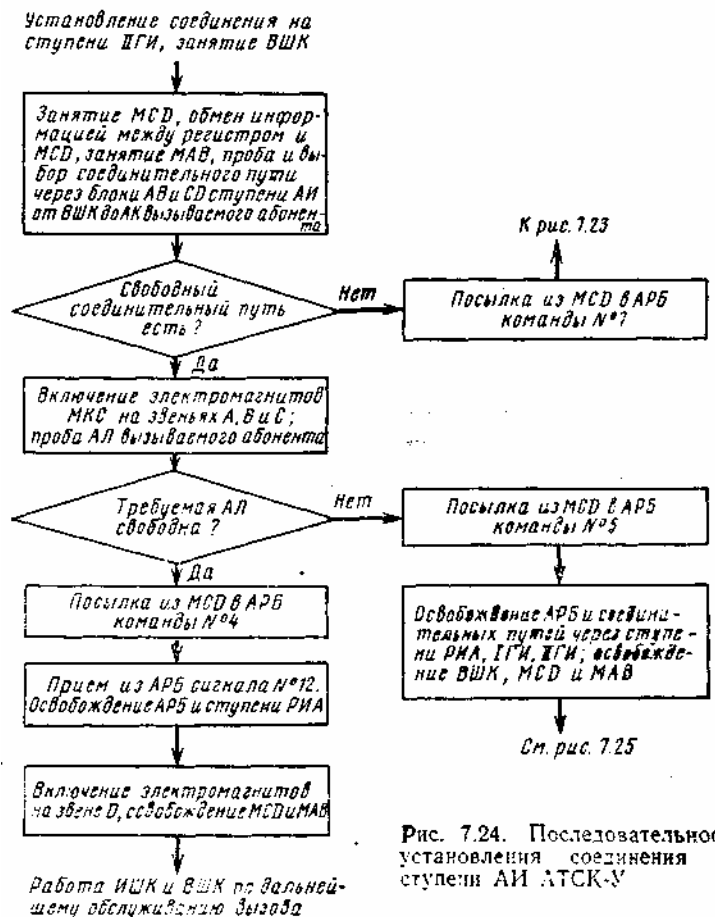


Рис. 7.24. Последовательность установления соединения на ступени АИ АТСК-У

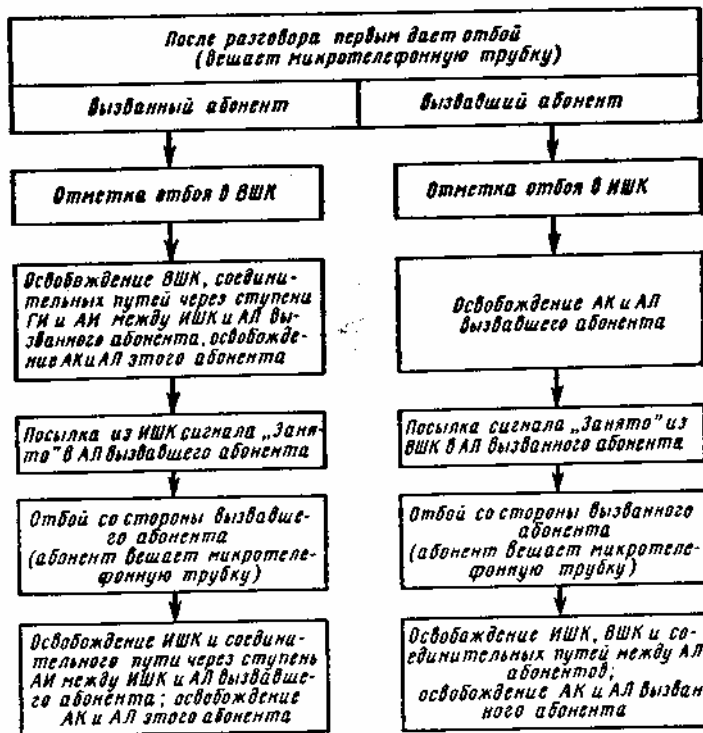


Рис. 7.25. Последовательность освобождения АЛ и приборов АТСК-У

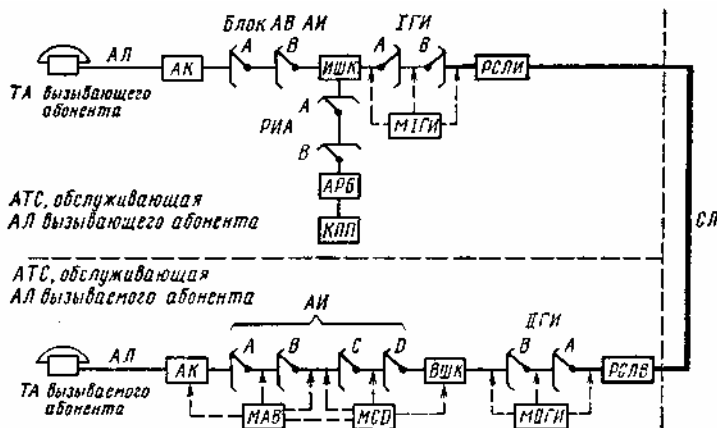


Рис. 7.26. Схема соединения АЛ, обслуживаемых двумя станциями АТСК-У

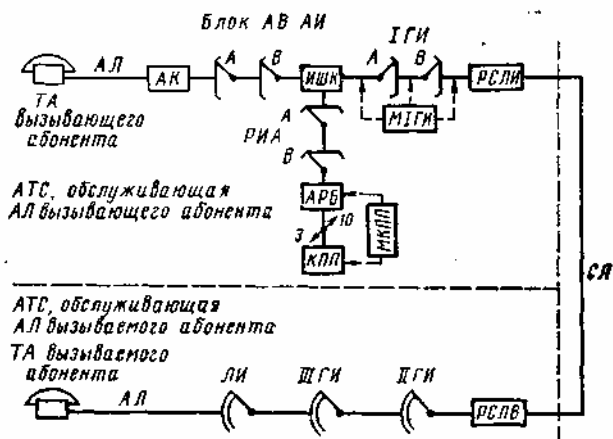


Рис. 7.27. Схема исходящего соединения от АТСК-У к АТС ДШ

ствия управляющих устройств. Как и на декадно-шаговых станциях, на АТСК-У предусмотрены различные системы освобождения приборов станции. Одна из них, аналогичная рассмотренной для АТС ДШ (см. рис. 6.5), показана на рис. 7.25. Однако, в отличие от шаговых АТС, после отбоя со стороны любого абонента освобождаются его АК и АЛ. В результате появляется возможность обслуживать любые новые вызовы этого абонента. Если первым вешает микрофонную трубку вызвавший абонент, то сохраняется существующий соединительный путь, в том числе и в том блоке АВ ступени АИ, во вход которого включена линия вызвавшего абонента. Это позволяет обнаруживать абонентов, создающих «злонамеренные» вызовы.

На АТСК-У предусмотрена возможность одной повторной попытки установления соединений (рис. 7.23 и 7.24). Ее введение позволяет улучшить качество обслуживания абонентов и снизить потери из-за блокировки свободных выходов блока. Повторная попытка установления соединения может потребоваться на АТСК-У и при полном пропадании посланного маркером или регистром двухчастотного сигнала. Так, если

маркер в течение 200 мс не получит ответа на команду, переданную им в регистр (что говорит о пропаже или команды, или ответа), то в регистр передается сигнал № 15 (см. рис. 7.9). После этого маркер освобождается, а регистр делает новую попытку установления соединения. Если регистр не получает команды из маркеров в течение времени, большего чем положено при нормальной работе, то, не посылая вспомогательных команд, он разрушает ранее установленное через ступени ГИ соединение и повторно пытается установить требуемое соединение.

В случае искажения сигналов, передаваемых регистрами или маркерами в процессе обмена информацией, на АТСК-У есть возможность восстановления искаженного сигнала. Например, если маркером принят искаженный сигнал, т. е. сигнал, содержащий не две, а одну или три и

более частот, то проверочное устройство КПП маркера обнаружит это и в регистр передается сигнал № 6 (см. рис. 7.9). Получив эту команду, регистр повторит выдачу ранее переданного двухчастотного сигнала. Если сбой произошел случайно, а не в результате какого-либо повреждения, повторный сигнал будет правильно принят маркером. Аналогичной цели служит и сигнал № 12 (см. рис. 7.9), передаваемый из регистра.

Исходящее соединение к однотипной АТС устанавливается аналогично, причем информация из АРБ передается в маркеры ступени II ГИ и АИ другой АТС (рис. 7.26) через СЛ. Аналогичное замечание может быть сделано и относительно процесса установления входящего соединения от однотипной станции.

Если в результате анализа индекса станции выяснится, что соединение должно устанавливаться к АЛ, обслуживаемой станцией, информация на которую должна передаваться декадным способом, например декадно-шаговой АТС (рис. 7.27)⁴, то подключение КПП к регистру и занятие маркера ступени ГИ производятся на АТСК-У сразу после приема цифр, определяющих код станции. При этом соединение на ступени I ГИ и далее устанавливается одновременно с приемом регистром всех остальных цифр номера (рис. 7.28). Таким образом, ускоряется процесс установления соединения с ша-

говой станцией, так как в случае начала установления такого соединения после приема всех цифр номера потребуется значительное время на выдачу части этих цифр медленным декадным способом. Прием сигнала № 12 (рис. 7.28) маркером ГИ подтверждает, что переданная в регистр команда № 8, № 9 или № 10 не пропала, а принята и будет выполнена, т. е. регистр не будет предпринимать повторной попытки установления соединения. Аналогичной цели служит прием сигнала № 12 маркером СД ступени АИ в случае установления соединения с абонентом однотипной АТС (см. рис. 7.24).

При входящем соединении от АТС декадно-шаговой системы (рис. 7.29) за время между двумя сериями импульсов через ступень РИВ к входящей соединительной линии подключается ВРД.

При этом необходимая скорость установления соединения (примерно 75 мс) на АТСК-У полностью обеспечивается электронным маркером РИВ. Последовательность установления входящего соединения от АТС ДШ показана на рис. 7.30.

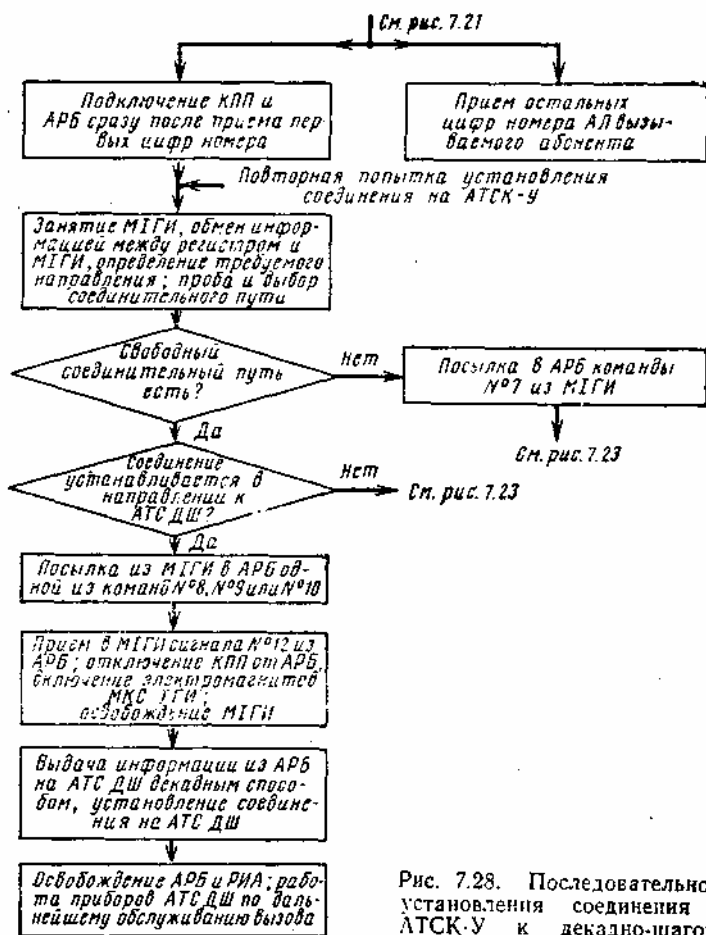


Рис. 7.28. Последовательность установления соединения от АТСК-У к декадно-шаговой АТС

Косвенное (регистраемое) управление в значительной степени расширяет возможность станции АТСК-У. Например, на сети с небольшим числом АТС можно использовать станцию АТСК-У не с двумя (см. рис. 7.17), а с одной ступенью ГИ. В этом случае оборудование одной ступени ГИ разбивается на две части. Одна из них (ИГИ) предназначается для установления внутрисканционных и исходящих соединений. Поэтому в выходы ИГИ включаются исходящие соединительные линии и линии во внутрисканционных направлениях — к тысячелинейным группам ступени АИ, Кроме того, линии к тысячелинейным группам, т. е. линии внутрисканционных направлений, включаются в выходы второй части оборудования ступени группового искания, которая предназначена для установления входящих соединений (ВГИ).

⁴ Здесь и далее предполагается, что функциональная схема АТС ДШ соответствует схеме, приведенной на рис. 6.6.

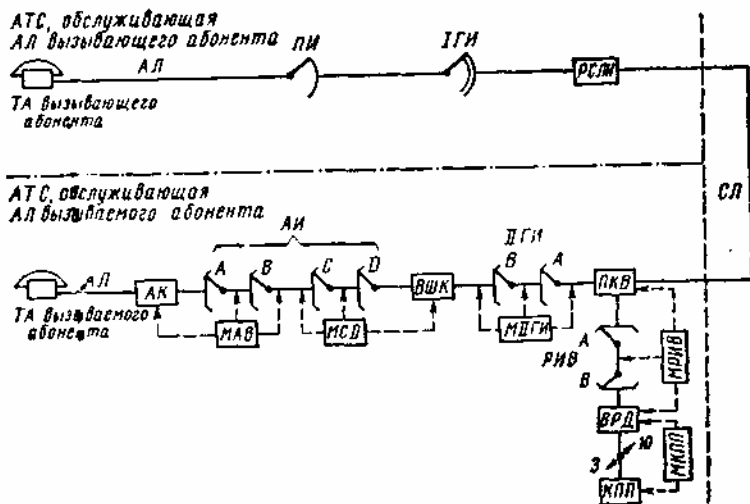
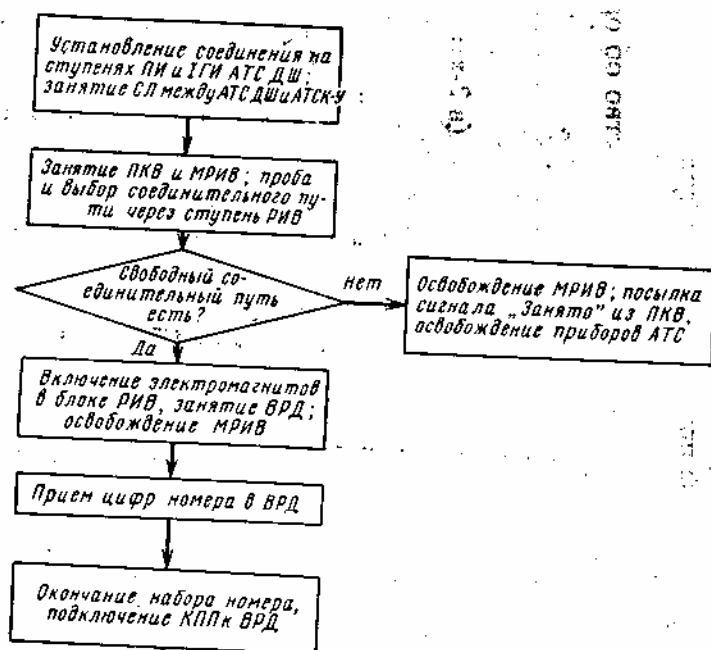


Рис. 7.29. Схема входящего соединения на АТС-У от АТС ДШ



Занятие МДГИ и установление соединения на ступенях ИГИ и АИ (аналогично установлению внутрисканционного соединения)

Рис. 7.30. Последовательность установления входящего соединения на АТС-У от декадно-шаговой АТС

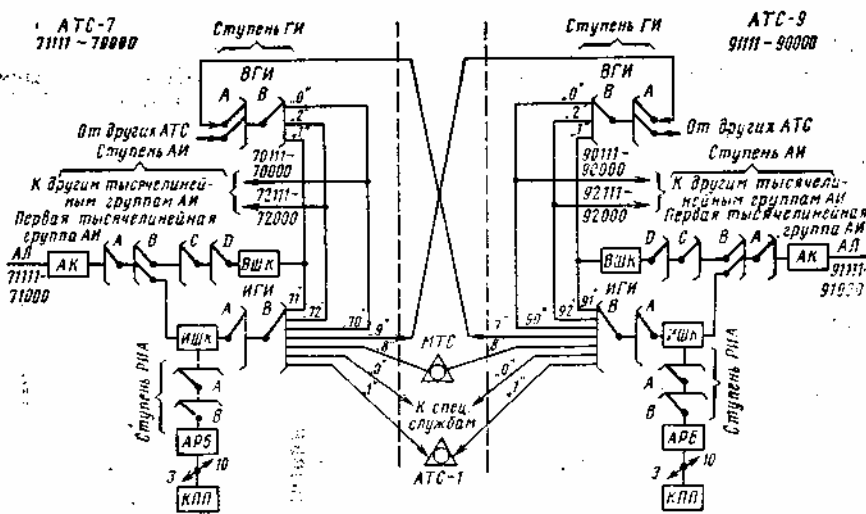


Рис. 7.31. Функциональная схема взаимосвязи двух станций АТС-У при одной ступени группового искания

В качестве примера на рис. 7.31 приведены схемы станций емкостью по 10000 АЛ каждая, причем номера АЛ состоят из пяти цифр, первая из которых является индексом станции, а следующие — номером АЛ на станции. Тогда на АТС-7 для выбора направления к АТС-9 маркеру ИГИ достаточно получить из регистра цифру 9 (код направления состоит из одной цифры). Следующая цифра номера — цифра тысяч — будет передана по соответствующему запросу в маркер ВГИ станции АТС-9. Телефонные аппараты, включенные в одну тысячелинейную группу ступени АИ, имеют номера с одинаковой цифрой тысяч, поэтому эта цифра позволяет на ВГИ определить направление к нужной тысячелинейной группе, т. е. будет кодом требуемого направления на ВГИ. Таким образом, как и на рис. 7.19, межстанционные соединения проходят через две ступени группового искания.

При установлении на АТС-7 внутрисканционного соединения в маркер ИГИ в качестве первой цифры номера поступит цифра 7. Одна эта цифра не может в данном случае определить направление, так как в блоках ИГИ организовано десять направлений к десяти тысячелинейным группам абонентов АТС-7 и номера АЛ в каждом из направлений начинаются с цифры 7. Поэтому для определения тысячелинейной группы, в которую включена линия вызываемого абонента, маркер должен запросить из регистра следующую цифру — цифру тысяч. В результате коды внутрисканционных направлений на АТС-7 составят из двух цифр; первая из них — 7 (индекс данной станции), а вторая определяется цифрой тысяч номера АЛ вызываемого абонента. Внутрисканционные соединения устанавливаются на такой АТС только через одну ступень группового искания. На рис. 7.31 указаны коды различных направлений, образованных на АТС-7 и АТС-9.

Число ступеней ИИ на станциях с косвенным

управлением, в том числе и на АТСК-У, определяется числом направлений, которые должны быть образованы на этих ступенях, и возможностями используемых на них коммутационных блоков. Например, если все необходимые направления с требуемой доступностью могут быть образованы среди выходов используемого коммутационного блока ГИ, то на станции устанавливают одну ступень группового искания независимо от числа знаков номеров АЛ.

Оборудование АТСК-У размещается на одинаковых стивах размером 2650×722×300 мм. Между собой стивы соединяются кабелями с ножевыми колодками, чем в значительной степени упрощается монтаж оборудования; так, для соединения стивов достаточно подключить ножевую колодку в соответствующую гнездовую колодку стива. Для удобства эксплуатации АТСК-У разработана автоматическая контролирующая и проверочная аппаратура.

В маркерах и регистрах используются реле РЭС-14, а в шнуровых комплектах и комплектах соединительных линий — более дешевые реле РПН. Кроме того, в различных устройствах АТСК-У (регистрах, маркерах, комплектах) широко используются высоконадежные электронные элементы; отдельные устройства, например маркер блока ступени РИВ и регистры, полностью выполнены на таких элементах. Коммутационные блоки ступеней искания АТСК-У построены на МКС 20×10×6; 10×20×6; 20×20×3; 10×12×12.

Электрические параметры линий и устройств питания АТСК-У в основном не отличаются от соответствующих параметров декадно-шаговых станций.

7.7. Координатная АТС К-100/2000

Станции АТСК К-100/2000 предназначены для сельской местности, а также для организации внутрипроизводственной связи в учреждениях и на промышленных предприятиях. Упрощенная функциональная схема АТС К-100/2000 приведена на рис. 7.32. Сведения о построении коммутационных блоков ступеней АИ, ГИ и РИ этой станции были приведены выше. Каждый из коммутационных блоков обслуживается своим маркером. Абонентские регистры станции участвуют в установлении внутривычислительной связи, входящих и исходящих соединений. В маркеры своей станции регистры выдают информацию полярно-числовым кодом, а на другие АТС — де-

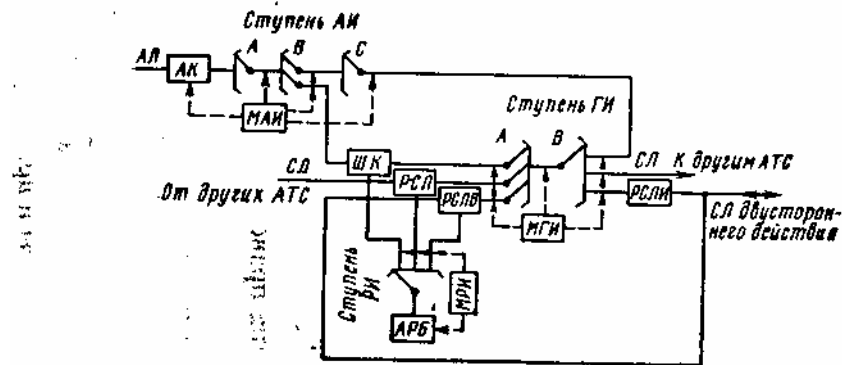


Рис. 7.32. Функциональная схема АТС К-100/2000 с одной ступенью ГИ

кадным. Соединительные линии включаются в ступень ГИ через комплекты соединительных линий, при этом используется большое число различных комплектов, тип которых зависит от числа проводов в линии, способа передачи информации и т. д. Особенностью соединительных линий, применяемых в сельской местности, является возможность использования некоторых из них для установления как исходящих, так и входящих соединений. Каждая такая двусторонняя СЛ на станции АТСК К-100/2000 включается одновременно во вход и в выход ГИ через соответствующие комплекты.

Особенностью АТС К-100/2000 является возможность обратных блокировок шнуровых комплектов со стороны доступных им регистров при установлении исходящих соединений на ступени АИ. Обратной блокировкой называется искусственная отметка занятым такого свободного шнурового комплекта, которому в данный момент недоступны свободные абонентские регистры. В результате при установлении исходящего соединения на ступени АИ такой шнуровой комплект не будет использоваться. Возможность возникновения обратных блокировок на АТС К-100/2000 объясняется применением однозвенного блока на ступени РИ (см. рис. 7.8а), имеющего всего пять выходов. Поэтому каждому шнуровому комплекту на этой станции доступно максимально только пять регистров. Если отказаться от обратных блокировок, то АЛ вызываемого абонента к шнуровому комплекту будет подключаться без учета состояния доступных ему регистров. При этом не будет обеспечиваться высокое использование регистров, так как при больших нагрузках на каждый регистр вероятность того, что заняты одновременно все пять регистров, доступных выбранному при установлении исходящего соединения на ступени АИ шнуровому комплекту, становится слишком большой. В результате снижается качество обслуживания абонентов АТС. Таким образом, обратные блокировки позволяют учесть состояние регистров, доступных шнуровым комплектам, и повысить использование абонентских регистров, хотя и усложняют условия установления исходящего соединения на ступени АИ.

Аналогичное решение принято и на АТСК, где также применяются однозвенные коммутационные блоки РИ. В остальном процессы установления соединений на АТС К-100/2000 типичны для координатных АТС с управлением по ступеням искания и поэтому здесь не рассматриваются.

Оборудование станции АТС К-100/2000 размещается на однотипных стativaх размером 2200×755×440 мм. Сравнительно небольшая высота стativaов позволяет устанавливать их в помещениях с невысокими потолками, что очень важно как в сельской местности, так и в учреждениях. Коммутационное оборудование позволяет строить станции емкостью от 100 номеров (емкость блока АИ). При разработке станции из экономических соображений за максимальную емкость была принята емкость 2000 номеров, однако оборудование АТС К-100/2000 позволяет строить станции большей емкости. Для коммутационных блоков использованы МКС 20×10×6; 10×20×6 и 10×10×12. Управляющие устройства выполнены на реле РЭС-14, комплекты (АК, ШК, РСЛ) — на реле РПН. В последние годы для этой станции разработано значительное число автоматических контрольных и проверочных устройств, упрощающих ее эксплуатацию. Необходимо отметить также, что специфика использования станции оказала воздействие и на ее электрические характеристики. Например, электропитание станции может обеспечиваться источником с номинальным напряжением 60 В при допустимых колебаниях 54—72 В. Эти допуски шире, чем для городских АТС, и позволяют использовать более дешевые устройства электропитания.

8.1. Общие сведения

Новейшие достижения в развитии электронной и вычислительной техники позволили создать качественно новые системы автоматической коммутации. Характерной особенностью таких систем является высокая степень централизации функций управления на основе применения электронной техники (применения специализированных ЭВМ) и использования в качестве элементов коммутационной системы различных быстродействующих приборов (герконовых реле, феридов и др.). Автоматические телефонные станции с электронным централизованным управлением, в коммутационной системе которых применяются быстродействующие реле, получили название *квазиэлектронных* (т. е. почти электронных) АТС.

Одновременно с квазиэлектронными системами коммутации разрабатываются полностью электронные системы коммутации с временным делением каналов БД и импульсно-кодовой модуляцией ИКМ (или дельта-модуляцией). Обычно системы такого типа называются *интегральными системами* (или интегрально-цифровыми системами связи ИЦСС), поскольку в основу ее построения положен единый способ как передачи, так и коммутации дискретных импульсов. Другой стороной интеграции является то, что такие системы коммутации позволяют коммутировать как телефонные, так и другие каналы (передачи данных, телеграфные). Электронные системы коммутации являются наиболее перспективными системами, однако внедрение их в существующую телефонную сеть сдерживают трудности при осуществлении совместной работы электронных и действующих АТС.

Совершенствование коммутационной техники как в Советском Союзе, так и за рубежом ведется в следующем направлении:

повышения надежности системы за счет применения электронных элементов и герметизированных контактов, которые имеют большой срок службы, в значительной степени защищены от воздействия окружающей среды и могут работать в более сложных климатических условиях без соблюдения особого режима в помещении (температуры, влажности); повышению надежности функционирования оборудования способствует также применение интегральных схем;

уменьшения потребляемой мощности, габаритов и массы оборудования за счет применения миниатюрных герконов в коммутационной системе квазиэлектронных АТС и интегральных схем в управляющих устройствах; в еще большей степени уменьшению габаритов оборудования способствует применение в электронной системе коммутации с временным разделением каналов компактных коммутационных блоков;

автоматизации и централизации эксплуатационно-технического обслуживания станции и уменьшения эксплуатационных расходов: с этой целью создаются центры технической эксплуатации, из которых производится контроль за функционированием коммутационных узлов с помощью специальных программных и аппаратурных средств;

уменьшения производственных расходов за счет применения элементов микроэлектроники, унификации и прогрессивной технологии изготовления оборудования;

введения новых и совершенствования существующих дополнительных видов обслуживания ДВО, создающих удобства абонентам и способствующих повышению производительности труда.

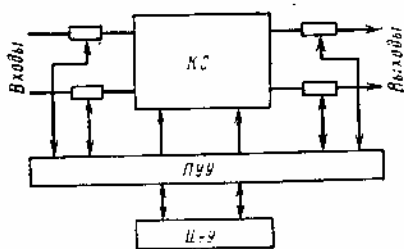


Рис. 8.1. Общая структурная схема квазиэлектронной АТС

В настоящее время в различных странах выпускаются городские, учрежденческие и междугородные узлы коммутации квазиэлектронной системы, имеющие различное структурное построение. В качестве примера на рис. 8.1 приведена в упрощенном виде структурная схема квазиэлектронной АТС (АТСКЭ), типичная для современных АТСКЭ с управлением по записанной программе. Такая квазиэлектронная АТС состоит из трех основных частей: коммутационной системы (КС), центрального управляющего устройства (ЦУУ), периферийных управляющих устройств (ПУУ).

8.2. Коммутационная система квазиэлектронной АТС

Коммутационная система квазиэлектронных АТС построена по звеньевому принципу с пространственным разделением каналов, в качестве коммутационных элементов чаще всего используются герконовые реле или фериды, имеющие два устойчивых состояния. Рабочему состоянию элемента присваивается значение 1, а свободному 0. На базе используемых коммутационных элементов выполняются соединители, являющиеся конструктивной основой коммутационной системы. Матричные соединители схемно представляют собой коммутаторы с числом входов и выходов, кратным 2^n ($n=1, 2, 3, \dots$), например 4×4 , 4×8 , 8×8 и др. Выбор двоичного принципа построения матричных соединителей определяется принципом действия управляющего устройства, использующего двоичную систему счисления. Путем звеньевого включения таких матричных соединителей создаются стандартные коммутационные блоки. С помощью матричных соединителей можно построить стандартные звеньевые коммутационные блоки различной емкости, подобно тому, как это делается в технике координатных АТС.

Для построения коммутационной системы

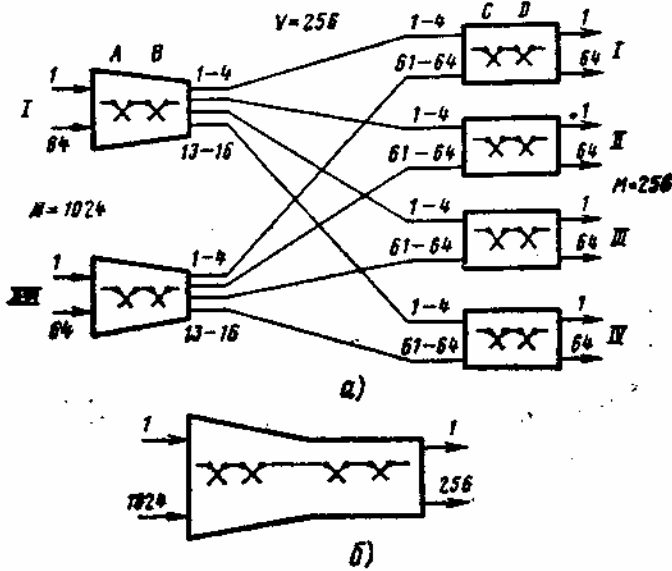


Рис. 8.4. Блок абонентских линий 1024×256 : а — структурная схема; б — условное изображение

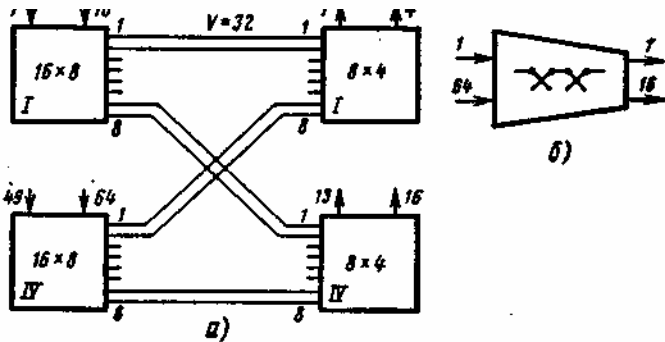


Рис. 8.2. Двухзвенная схема концентрации 64×16 : а — схема группообразования; б — условное изображение

в квазиэлектронной АТС используются в основном коммутационные блоки двух типов: блоки концентрации и блоки смешивания. На рис. 8.2 показана двухзвенная схема группообразования блока концентрации на 64 входа и 16 выходов, построенного на матрицах 16×8 в звене А и 8×4 в звене В. Структурные параметры такого блока следующие: $n_A=16$; $m_A=8$; $k_A=4$; $n_B=8$; $m_B=4$; $k_B=4$; общее число входов $N=64$; число промежуточных линий $V_{пл}=32$; общее число выходов $M=16$; коэффициент связности $f=2$; коэффициент сжатия $\sigma=0,25$.

Блоки смешивания также имеют двухзвенное включение. На рис. 8.3 показана схема блока смешивания, построенного на коммутаторах 8×8 и имеющего следующие структурные параметры: $n_A=8$; $m_A=8$; $k_A=8$; $n_B=8$; $m_B=8$; $k_B=8$; $N=64$; $M=64$; $V_{пл}=64$; $f=1$; $\sigma=1$.

С помощью блоков концентрации и смешивания можно построить более крупные коммутационные блоки, которые в современных квазиэлектронных станциях имеют две разновидности: блок абонентских линий (БАЛ) для включения абонентских линий и блок соединительных линий (БСЛ) для включения различных служебных комплектов и входящих и исходящих линий к другим АТС и узлам. Структура этих блоков зависит от емкости, удельной поступающей нагрузки и принятых норм потерь. Блоки абонентских и соединительных линий в современных квазиэлектронных АТС в основном имеют трехзвенную или четырехзвенную структуру. На рис. 8.4 приведена четырехзвенная структурная схема БАЛ на 1024 входа и 256 выходов. Такой блок используется для построения коммутационной системы квазиэлектронной АТС средней емкости (до 10000 номеров).

Блоки абонентских линий предназначены для концентрации и смешивания исходящей абонент-

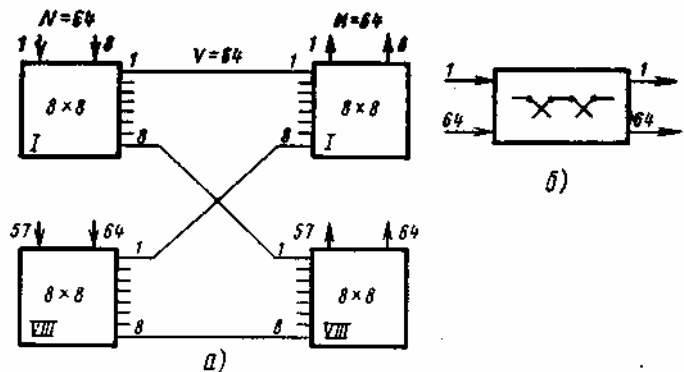


Рис. 8.3. Двухзвенная схема смешивания 64×64 : а — структурная схема; б — условное изображение

ской нагрузки; поэтому первые два звена (A и B) выполняют функции концентрации (сжатия), а вторые два звена (C и D) — функции смешивания нагрузки. На АТС большой емкости (несколько десятков тысяч номеров) применяются БАЛ с параметрами 4096×1024 (рис. 8.5).

Блоки соединительных линий предназначены для смешивания нагрузки без концентрации, поэтому число входов у таких блоков равно числу выходов. На рис. 8.6 показана четырехзвенная структурная схема БСЛ на 256 входов и 256 выходов. Такой блок применяется в АТС средней емкости. На АТС большой емкости используются блоки соединительных линий, имеющие 1024 входа и 1024 выхода. На рис. 8.7 в упрощенном виде показан вариант схемы коммутационной системы квазиэлектронной АТС, близкой по построению к структуре КС отечественной системы квазиэлектронного узла коммутации. Коммутационная система содержит четырехзвенные БАЛ и БСЛ. Во входы БАЛ включены абонентские комплекты АК, а в выходы — шнуровые комплекты ШК и межблочные линии для связи с БСЛ. В выходы БСЛ включаются исходящие и входящие комплекты ИКСЛ и ВКСЛ, которые участвуют в установлении исходящих и входящих соединений с другими станциями. Кроме указанных комплектов в выходы БСЛ включаются также специальные служебные комплекты СК, предназначенные в основном для приема и передачи различных акустических сигналов и сигналов управления и взаимодействия в процессе установления соединения. Основными служебными комплектами являются: комплекты приема номера КРН; комплекты приема цифр номера, поступающих по соединительным линиям КПр; комплекты передачи цифр номера, передаваемые по соединительным линиям КПер; комплекты посылки вызова КПВ; комплекты контроля посылки вызова ККПВ;

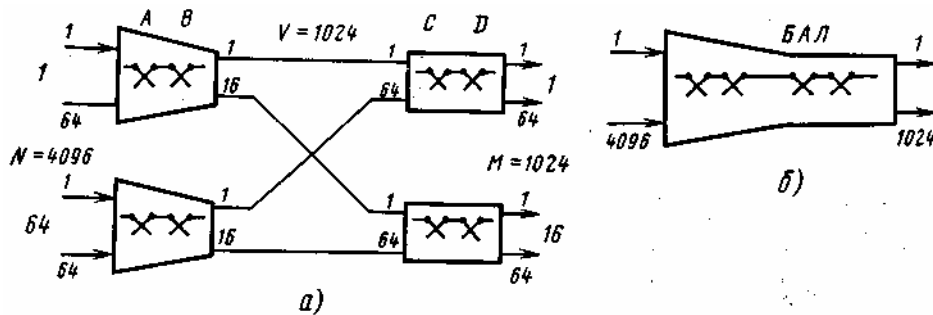


Рис. 8.5. Блок абонентских линий 4096×1024: а — структурная схема; б — условное изображение

комплекты посылки сигнала занятости КПЗ.

Количество БАЛ и БСЛ, с помощью которых образуется КС, определяется емкостью станции и заданной величиной нагрузки. Представленная на рис. 8.7 схема КС позволяет осуществлять как внутростанционные, так и

исходящие, входящие и транзитные соединения. При установлении внутростанционного соединения используются лишь блоки абонентских линий БАЛ. Связь между абонентами осуществляется через ШК, который подключается к вызывающему и вызываемому абонентам через четырехзвенную схему. Таким образом, связь между абонентами при внутростанционной связи производится через восемь звеньев КС.

Шнуровой комплект ШК осуществляет питание микрофонов аппаратов абонентов, а также отмечает отбой со стороны любого абонента.

Одному состоянию ШК, когда он занят и обеспечивает питание микрофона аппарата абонента, присваивается значение 1, а второму состоянию (состоянию свободы) — значение 0. Шнуровые комплекты могут включаться как в один БАЛ, так и в разные БАЛ, чем обеспечивается возмож-

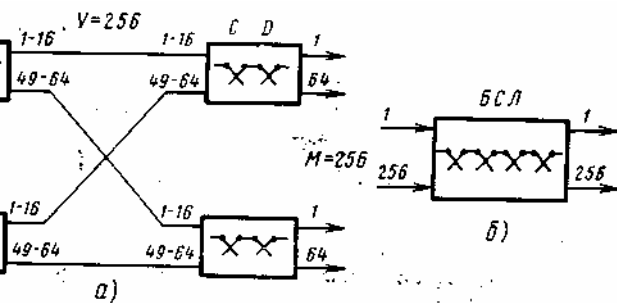
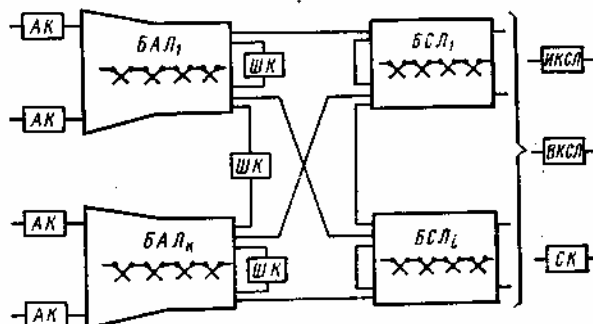


Рис. 8.6. Блок соединительных линий 256×256: а — структурная схема; б — условное изображение

Отбой характеризуется нарушением цепи питания микрофона при повешении абонентом трубки. Одно-

ному состоянию ШК, когда он занят и обеспечивает питание микрофона аппарата абонента, присваивается значение 1, а второму состоянию (состоянию свободы) — значение 0. Шнуровые комплекты могут включаться как в один БАЛ, так и в разные БАЛ, чем обеспечивается возмож-

Рис. 8.7. Построение коммутационной системы квазиэлектронной АТС



ность соединения абонентов, включенных в один и тот же БАЛ и в разные блоки. Шнуровые комплекты используются лишь при внутростанционных соединениях.

Абонентские комплекты выполняют только одну функцию — отмечают момент снятия абонентом телефонной трубки, т. е. отмечают момент поступления вызова со стороны абонента. Таким об-

разом АК так же, как и ШК, имеют два состояния, одному из которых (рабочему) присваивается 1, а другому—0.

При исходящей связи соединительный путь складывается через точки коммутации БАЛ и БСЛ и исходящий комплект соединительной линии ИКСЛ, откуда осуществляется питание микрофона вызвавшего абонента. Занятость и свобода ИКСЛ здесь также отмечаются двумя состояниями, которым присваивается значение 1 и 0 соответственно. Аналогично образуется соединительный путь при входящей связи. В этом случае питание микрофона аппарата вызванного абонента осуществляется через входящий комплект соединительной линии ВКСЛ. В построении соединительного пути при транзитном соединении участвуют коммутационные элементы БСЛ, а также ВКСЛ и ИКСЛ, обеспечивающие питание микрофона аппаратов вызвавшего и вызванного абонентов. Во всех рассмотренных случаях, т. е. при установлении внутростанционной, исходящей, входящей и транзитной связей, соединительный тракт образуется через одинаковое число звеньев. В нашем примере (см. рис. 8.7) через восемь звеньев. Такое многозвенное включение характеризуется полным смешиванием нагрузки и позволяет значительно повысить использование соединительных путей, а также, что очень важно, соединительных линий и комплектов.

8.3. Управляющая система квазиэлектронной АТС

Современная коммутационная техника развивается в направлении централизации системы управления, т. е. создании такой системы управления, когда установление соединения в пределах всей станции осуществляется одним централизованным управляющим устройством ЦУУ. В качестве ЦУУ используются специализированные электронно-вычислительные машины, которые по структуре аналогичны и близки к универсальной ЭВМ. Однако применяемые в технике автоматической электросвязи машины отличаются рядом специфических особенностей, и поэтому они получили название электронных управляющих машин ЭУМ. Помимо ЦУУ, в процессе установления соединения принимают участие также и периферийные управляющие устройства ПУУ, являющиеся промежуточным оборудованием между коммутационной системой и центральным управляющим устройством (см. рис. 8.1) и служащие для согласования временных и энергетических параметров сигналов при обмене информацией между ЦУУ и КС.

Оборудование ЦУУ и ПУУ представляет собой комплекс функциональных блоков (ФБ), выполняющих определенные операции по установлению соединения согласно соответствующему алгоритму (программе) управления.

Различаются два способа связи между функциональными блоками. Один из них характеризуется непосредственными функциональными связями между ФБ, при котором каждый ФБ вступает в действие после окончания действия ФБ, выполнившего предыдущую операцию (рис. 8.8). Такой порядок работы схемы управления (схемы взаимосвязи между ФБ) принят, например, в координатных АТС. Очередность работы ФБ обеспечивается жесткими связями между ними согласно заранее заданному постоянному порядку их функционирования. При такой организации связи между ФБ для изменения порядка обслуживания вызовов, т. е. для изменения последовательности работы функциональных блоков, требуется изменить функциональные связи (монтаж) между отдельными ФБ, что связано с серьезными трудностями.

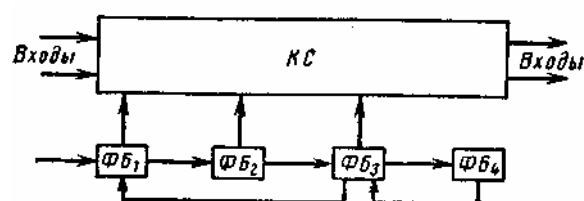


Рис. 8.8. Построение УУ с непосредственными функциональными связями между ФБ

Другой способ построения функциональных связей между ФБ применяется в системах с централизованным программным управлением. В этом случае непосредственные функциональные связи между отдельными блоками отсутствуют. Взаимодействие между ними и последовательность работы в процессе установления соединения обеспечиваются специальным программным устройством ПУ (рис. 8.9), которое имеет функциональные связи со всеми ФБ. Такая структура управления позволяет не только упростить схему взаимодействия различных функциональных блоков (а следовательно, упростить и общий монтаж узла коммутации), но и обеспечивает возможность без особых трудностей изменять программы обслуживания абонентов и вводить новые программы.

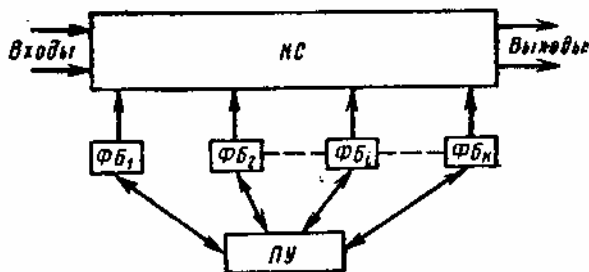


Рис. 8.9. Построение УУ с программным управлением (ПУ)

Другими словами, при таком способе организации связи с функциональными блоками можно при необходимости добавлять ФБ и менять очередность их работы, не внося особых изменений в действующую схему. Наличие центрального программного управления позволяет значительно более простым путем, чем в системах с непосредственными связями между ФБ, решать многие важные эксплуатационно-технические вопросы. В частности, появляется возможность, например, изменять категории абонентов или при необходимости вводить новые виды обслуживания абонентов, например обслуживание вне очереди, установление соединения по обходным путям, в случае занятости или неисправности основных путей и др., причем введение новых видов обслуживания обеспечивается простым добавлением соответствующих функциональных блоков, без изменения ранее действующих ФБ. В эксплуатационном процессе изменяется лишь порядок функционирования ПУ, т. е. порядок включения программным устройством тех или иных ФБ.

К функциональным блокам относятся все периферийные управляющие устройства, непосредственно связанные с объектами коммутационной системы. В состав ПУУ, как правило, входят: определители абонентских комплектов (ОАК), определители шнуровых комплектов (ОШК), определители исходящих комплектов соединительных линий (ОИКСЛ), определители входящих комплектов соединительных линий (ОВКСЛ), устройства управления коммутационной системой (УУКС), устройства управления комплектами (УУК) и др. Определители предназначены для обнаружения изменений в состоянии различных абонентских, шнуровых и служебных комплектов и передачи полученных данных в ЦУУ. Комплекты каждого типа обслуживаются своим определителем; при большом числе комплектов одного типа (на крупных узлах коммутации) для их обслуживания используется несколько определителей.

Устройства управления коммутационной системой (УУКС) предназначены для выполнения команд, подаваемых ЦУУ с целью включения коммутационных элементов, образующих разговорный тракт. Аналогичные функции выполняют УУК, которые включают или выключают требуемые комплекты по командам, поступающим из ЦУУ. Таким образом, УУКС и УУК являются исполнительными функциональными блоками и вводятся в действие на основе команд, выдаваемых ЦУУ. В системах коммутации с программным управлением, в процессе установления соединения принимают участие две группы функциональных блоков. К первой группе относятся ФБ, обеспечивающие проверку состояний различных комплектов и передающие информацию об этом в ЦУУ. Такие ФБ (к ним относятся различные определители и устройства пробы) называются *логическими функциональными блоками ЛФБ*. Ко второй группе ФБ относятся те исполнительные функциональные блоки, которые на основе полученных из ЦУУ команд включают необходимые цепи, т. е. управляют тем или иным процессом установления соединения. Такие ФБ (к ним относятся УУКС, УУК) называются *операционными блоками ОФБ*.

Команды из ЦУУ в периферийные управляющие устройства передаются по системе шин. *Шинной* называется совокупность электрически независимых цепей (проводов), предназначенных для одновременной передачи разрядов одного слова информации. Количество цепей в шине равно длине (количеству разрядов) передаваемого слова. В качестве примера на рис. 8.10 показан в упрощенном виде вариант структуры связи между ЦУУ и ПУУ. Различают шины трех категорий: командные, ответные и адресные. По командным шинам из ЦУУ в блоки периферийных управляющих устройств передаются команды, требующие выполнения определенных операций, а по ответным шинам информация из ПУУ о результатах выполнения данной операции поступает в ЦУУ.

Все ПУУ подключены параллельно к командным информационным шинам, однако в каждый момент времени находится в связи с ЦУУ лишь одно из них, т. е. в процессе приема команды из ЦУУ

должно участвовать лишь одно определенное ПУУ. Поэтому производится предварительный выбор одного определенного ПУУ, для которого должна быть образована электрическая цепь приема команды из ЦУУ. Эту задачу предварительного выбора требуемого ПУУ выполняет центральный импульсный распределитель ЦИР, который имеет отдельные цепи непосредственной связи с каждым ПУУ. До выдачи команды в ПУУ электронная управляющая машина сообщает ЦИР адрес требуемого ПУУ. Центральный импульсный распределитель по линии индивидуальной связи выдает в этот ПУУ разрешающий сигнал, подготавливающий схему ПУУ к приему команды. После этого ЦУУ передает в соответствующие ПУУ команду на выполнение требуемой операции. Другие ПУУ, подключенные к общей командной шине, не реагируют на эту команду, так как не получили разрешающего сигнала из ЦИР.

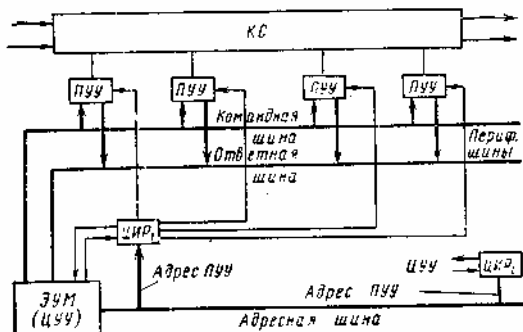


Рис. 8.10. Упрощенная схема связи между ЦУУ и ПУУ

На АТС большой емкости требуется иметь большое число ПУУ различных типов. В связи с этим на таких станциях используется не один ЦИР, а несколько, каждый из которых обслуживает в свою очередь группу ПУУ. Центральное управляющее устройство (ЭУМ) имеет отдельную непосредственную связь с каждым ЦИР, и в зависимости от того, в какой группе находится требуемое ПУУ, занимается соответствующий ЦИР путем подачи из ЦУУ сигнала выборки данного ЦИР. Вслед за этим

по адресной шине в выбранный ЦИР подается адрес требуемого ПУУ с целью под подготовки его к приему команд из ЦУУ. Из схемы связи ЦУУ— ПУУ (см. рис. 8.10) видно, что блоки ПУУ, как функциональные блоки (ФБ), не имеют между собой непосредственной связи и последовательность их функционирования определяется ЦУУ, с которым они имеют связь через общую шину. В данном случае ЦУУ можно рассматривать как центральный блок управления ЦБУ, который координирует работу всех периферийных блоков в процессе установления соединения.

Логические функциональные блоки ЦУУ по характеру своей работы делятся на *пассивные* и *активные*. Действия пассивных функциональных блоков осуществляются под непосредственным управлением ЦУУ. Пассивные ФБ, как правило, выполняют элементарные операции и являются относительно простыми (дешифраторы, шифраторы и т. п.), так как не имеют своих собственных управляющих устройств. Активные функциональные блоки могут после получения команды из ЦУУ на отдельном этапе процесса обслуживания вызова работать самостоятельно. Такие блоки имеют свои местные устройства управления, обеспечивающие автономную работу блока независимо от ЦУУ до окончания выполнения определенной последовательности операций или по команде включения, поступившей из ЦУУ.

Работу ФБ в пассивном и активном режимах можно рассмотреть на примере действия определителя абонентских линий, который может быть как пассивным, так и активным. Если применяется пассивный определитель, то для выявления поступивших вызовов от абонентов осуществляется систематическая проверка состояния (сканирование) абонентских комплектов. Эта проверка производится по команде ЦУУ, причем с целью ускорения проверяется обычно не каждая отдельная линия (абонентский комплект), а одновременно целая группа абонентских линий (например, группа из 16 или 32 линий). Для проверки каждой группы из ЦУУ в определитель подается команда на сканирование; результат сканирования передается по ответным шинам в ЦУУ в виде многоразрядного информационного слова (16- или 32-разрядное слово). Обращение к каждой группе комплектов производится через строго установленный промежуток времени, называемый *периодом сканирования*. Анализ полученной ответной информации позволяет ЦУУ определить, поступил ли вызов от абонента данной группы. При обнаружении вызова (или вызовов) выясняется, от какого абонента (или абонентов) данной группы он поступил, и информация об этом записывается в память ЭУМ для последующей обработки (обслуживания). Так, последовательно проверяются все группы абонентских комплектов. В этом случае, если имеется, например, K групп абонентских комплектов, из ЭУМ (ЦУУ) в определитель поступит серия из K команд и столько же ответных сигналов из определителя в ЭУМ. Из сказанного следует, что при использовании пассивного определителя требуется многократное обращение ЭУМ к определителю в процессе обслуживания вызовов, а следовательно, и значительные затраты временных ресурсов машины.

При применении активного определителя достаточно передать из ЭУМ лишь одну команду для включения определителя в действие. После этого начинается функционирование определителя под автономным управлением с целью выявления наличия вызовов и номера входа, по которому поступил вызов. Весь процесс проверки абонентских комплектов на предмет поступления вызовов осуществ-

ствляется активным определителем самостоятельно без воздействия ЭУМ. При последующем обращении ЭУМ к определителю производится считывание номера (или номеров) вызвавшего абонента, найденного определителем. В этом случае временные ресурсы ЭУМ расходуются более экономно, так как исключается многократное обращение ЭУМ к определителю при выполнении операции поиска линии вызвавшего абонента. Однако нельзя забывать, что активные ФБ значительно сложнее и дороже пассивных ФБ из-за наличия устройств автономного управления, и поэтому выбор режима работы ФБ должен иметь технико-экономическое обоснование.

8.4. Многоэтапный принцип установления соединений

Процесс установления соединения включает в себя ряд этапов, каждый из которых соответствует определенному состоянию коммутационной системы. Переход КС из одного состояния в другое осуществляется в результате воздействия ЭУМ, которое выражается в выдаче команд для включения (выключения) элементов КС и комплектов. В качестве примера на рис. 8.11 в графическом виде показаны варианты последовательности этапов при установлении внутрисканционного соединения.

Исходное состояние, т. е. момент времени до поступления вызова со стороны абонента, можно назвать нулевым этапом (рис. 8.11а). При поступлении вызова изменяется лишь состояние абонентского комплекта. Обслуживание поступившего вызова начинается операцией обнаружения возникшего вызова, т. е. после сканирования абонентских комплектов. Получив информацию о номере линии вызывающего абонента, ЭУМ производит выбор свободного соединительного пути к коммутационной системе для подключения линии вызывающего абонента А к КПН. Это осуществляется путем формирования и выдачи команд в ПУУ о включении точек коммутации в блоках БАЛ и БСЛ и подключения выбранного КПН к абонентскому комплекту (рис. 8.11б). На этом завершаются процессы, связанные с переводом коммутационной системы из состояния нулевого этапа в состояние первого этапа, начало которого характеризуется посылкой абоненту из схемы КПН сигнала готовности (сигнала «Ответ станции»), приглашающего его к набору номера.

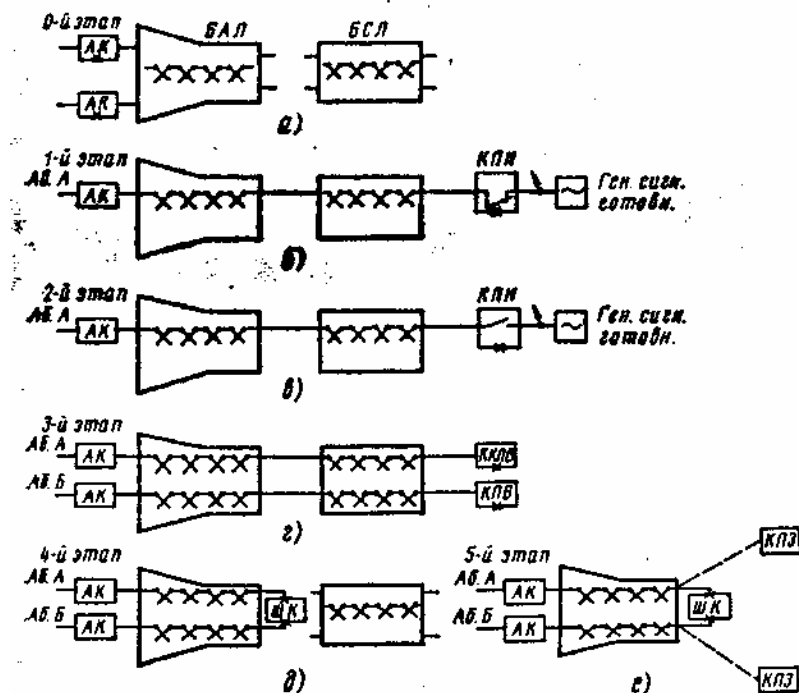


Рис. 8.11. Этапы установления внутрисканционного соединения

ется состояние приемного элемента, который переходит во время импульсного процесса из одного состояния в другое. На рис. 8.11 контрольные точки отмечены знаком X. Каждая контрольная точка имеет два состояния: 0 и 1. Эти два состояния тождественны наличию сигнала в линии (цепь замкнута) или отсутствию сигнала в линии (цепь разомкнута).

В тех случаях, когда КПН как функциональный блок является пассивным, никаких подсчетов импульсов или анализа номера в его схеме не производится.

Комплект приема номера представляет собой весьма простое устройство, выполняющее лишь функцию транслятора импульсов в ЭУМ, причем пассивного транслятора, а сама машина путем сканирования (опроса) контрольной точки КПН принимает каждую цифру номера и записывает их в специальные регистры. Этот процесс является процессом ввода или приема информации электронной управляющей машиной. Первой сформированной ЭУМ и переданной в ПУУ командой в период поступления номерной информации является команда выключения в схеме КПН цепи подачи абоненту сигнала готовности станции. Эта команда подается в ПУУ в самом начале импульсного процесса, по-

тем формирования и выдачи команд в ПУУ о включении точек коммутации в блоках БАЛ и БСЛ и подключения выбранного КПН к абонентскому комплекту (рис. 8.11б). На этом завершаются процессы, связанные с переводом коммутационной системы из состояния нулевого этапа в состояние первого этапа, начало которого характеризуется посылкой абоненту из схемы КПН сигнала готовности (сигнала «Ответ станции»), приглашающего его к набору номера.

На первом этапе установления соединения производится прием цифр номера вызываемого абонента, во время которого импульсы набора поступают в схему КПН. При поступлении токовой части импульса замыкается цепь приемного элемента КПН, (контрольной точки опроса). При паузе цепь размыкается. Таким образом, изменя-

сле поступления в ЭУМ первого импульса номерной информации. На рис. 8.11*в* показано новое состояние системы (второй этап), отличающееся от предыдущего (первого этапа) тем, что в схеме КПН нарушается цепь включения генератора сигнала готовности.

На основе анализа принятого номера ЭУМ производит выбор свободного соединительного пути через КС для подключения к вызываемому абоненту. Вслед за этим в ПУУ подается набор команд, в результате которых соединение полностью перестраивается. Прежде всего от линии вызывающего абонента отключается КПН (набор номера окончен), к линии вызываемого абонента подключается служебный комплект посылки вызова КПВ, а к линии вызывающего абонента — служебный комплект контроля посылки вызова ККПВ (рис. 8.11*з*). На этом (третьем) этапе установления соединения вызываемому абоненту *Б* подается сигнал посылки вызова, а вызываемому абоненту *А* — сигнал контроля посылки вызова. Ответ абонента отмечается изменением состояния контрольной точки КПВ, что обнаруживается ЭУМ при очередном сканировании; в соответствии с этим формируется и подается команда в ПУУ для включения элементов КС, образующих соединительный путь между вызывавшим абонентом *А* и вызванным абонентом *Б* через определенный шнуровой комплект ШК. На этом этапе соединения (четвертом), являющемся разговорным (рис. 8.11*д*), ранее включенные комплекты КПВ и ККПВ отключаются и освобождаются, а к линиям абонентов подключается шнуровой комплект, обеспечивающий питание микрофонов аппаратов. Шнуровой комплект имеет две контрольные точки опроса, одна из которых находится в цепи питания вызывавшего абонента *А*, а другая в цепи питания вызванного абонента *Б*. Во время разговора эти элементы контроля находятся в возбужденном состоянии (состояние 1) и характеризуют продолжение разговора. При повешении трубок абонентами цепи питания микрофонов нарушаются и контрольные элементы ШК переходят в невозбужденное состояние (состояние 0). При очередном сканировании ЭУМ обнаруживает эти изменения состояний контрольных точек НТК и воспринимает их как поступление сигнала отбоя от абонентов.

После того как один из абонентов повесил трубку, к линии другого абонента подключается комплект посылки сигнала занятости КПЗ. На рис. 8.11*е*. подключение КПЗ через КС к линии абонентов показано пунктирной линией. При поступлении отбоя со стороны обоих абонентов, что устанавливается при сканировании контрольных точек ШК, из ЭУМ поступает в ПУУ команда для освобождения всех комплектов и КС, занятых для данного соединения. Отбой и разъединение является последним (в данном случае пятым) этапом в процессе обслуживания вызова, после чего все комплекты и элементы КС перейдут в исходное состояние нулевой этап).

С целью упрощения здесь рассматриваются не все возможные случаи, которые могут возникнуть в процессе установления соединения, например не рассмотрены случаи занятости абонента или отсутствия свободных промежуточных линий и других объектов соединительного пути (ШК).

8.5. Работа ЭУМ в реальном времени; многопрограммное управление

Управляющая система, работающая в реальном режиме, обслуживает заявки по мере их поступления с достаточно высокой скоростью, определяемой нормами на время ответной реакции (ответа) на эту заявку. Время ответа в общем виде можно характеризовать как интервал времени между моментами возникновения некоторого события и откликом (ответной реакцией) системы на это событие. Например, время ответа станции при поступлении вызова от абонента определяется интервалом времени от момента изменения состояния абонентского комплекта при снятии абонентом трубки до подачи абоненту сигнала ответа станции (сигнала готовности).

Работа в реальном времени требует согласования скорости действия ЭУМ с интенсивностью потока поступающих вызовов. Необходимо, чтобы темп действия машины по обслуживанию вызовов совпадал или в некоторой степени превышал темп поступления вызовов. В противном случае могут возникнуть очереди вызовов, что приведет к недопустимой задержке обслуживания вызовов сверх заданного времени. В коммутационных центрах большой емкости должны применяться машины очень высокого быстродействия, особенно если в качестве ПУУ используются пассивные ФБ. Это приводит к недопустимо высокой стоимости ЭУМ, а следовательно, и узлов коммутации в целом.

При *однопрограммной системе* обслуживания ЭУМ до тех пор пока не будет закончено обслуживание одной заявки, не перейдет к обслуживанию следующей заявки. Таким образом, обслуживание каждого очередного вызова начинается после завершения обслуживания предыдущего. Однопрограммный режим работы машины (ЦУУ) характеризуется низким коэффициентом использования оборудования из-за возникающих вынужденных простоев отдельных блоков и устройств ЦУУ в процессе обслуживания поступившего вызова. Это объясняется тем, что при последовательном выполнении операций по установлению данного соединения в каждый момент времени будет находиться в

действию лишь один из функциональных блоков машины, а остальные будут ждать окончания его действия, т. е. находиться в состоянии ожидания (простоя). Особенно это сказывается при совместной работе быстродействующих блоков машины с медленно действующими функциональными блоками, когда ЦУУ не может продолжать работу до тех пор, пока не получит ответную информацию о завершении работы медленно действующего блока.

С целью исключения простоев машины для повышения ее пропускной способности, т. е. повышения эффективности ее действия (что особенно важно при работе ЭУМ в реальном времени) применяется *многопрограммная система* обслуживания заявок (вызовов). Эта система характеризуется параллельной, одновременной обработкой нескольких вызовов. В периоды действия медленно действующих блоков в процессе обслуживания одного вызова при многопрограммном управлении ЭУМ может перейти к обслуживанию других вызовов и тем самым исключить возможные вынужденные простои быстродействующих блоков машины. Через некоторое время ЭУМ возвращается к обслуживанию вызова, прерванного при переходе на другую программу. С этой целью при каждом прерывании должно отмечаться состояние программы в момент прерывания установления данного соединения, с тем чтобы при возвращении к его обслуживанию была сохранена достаточная информация. Если медленно действующее устройство не успело еще закончить свою работу, ЭУМ, освободившись от выполнения очередной операции, может перейти к установлению другого соединения. Таким образом, можно сказать, что управляющая система работает в многопрограммном режиме, если в системе одновременно находится на обслуживании несколько вызовов и выполнение одного из них может быть прервано для перехода к выполнению программ обслуживания другого вызова с последующим возвращением к прерванной программе.

Следует иметь в виду, что не все программы должны выполняться с одинаковой степенью срочности. Поэтому помимо указанных плановых прерываний возможны вынужденные прерывания, связанные с необходимостью выполнения срочных и более важных программ, например программ определения возникших неисправностей. Очередность выполнения программ определяется степенью их срочности, т. е. вводится система приоритетов.

Разделение времени работы управляющего оборудования узла и многопрограммный режим работы ЭУМ в процессе обслуживания вызовов должны быть организованы в реальном времени. При этом вводятся ограничения на время реализации машиной вызова на каждом этапе обслуживания. Нарушения этих ограничений могут привести к ухудшению качества обслуживания абонентов или даже к потере вызова.

8.6. Структура ЭУМ и управляющих комплексов

Управление процессами функционирования коммутационного узла осуществляется ЭУМ на основе заданного алгоритма, представляемого в виде программ. На рис. 8.12 приведена структурная схема ЭУМ, в состав которой входят: оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), процессор (Пр), внешние устройства (ВУ), каналы ввода-вывода (КВ-В).

Современные управляющие машины содержат ЗУ нескольких типов, отличающиеся как своим функциональным назначением, так и некоторыми характеристиками. Все ЗУ можно разделить на основные (внутренние) и внешние. Основные ЗУ в свою очередь подразделяются на два типа: оперативные запоминающие устройства (ОЗУ) и постоянные запоминающие устройства (ПЗУ). *Оперативные ЗУ* служат для кратковременного хранения и выдачи информации, постоянно меняющейся в процессе обслуживания вызовов. В ОЗУ записывается, хранится и затем считывается информация о состоянии абонентских и соединительных линий, служебных и шнуровых комплектов промежуточных линий, информация о номере вызываемого абонента, установленных соединениях и др. *Постоянное ЗУ* служит для хранения и считывания информации, не изменяющейся в процессе обслуживания вызовов, т. е. программ, определяющих алгоритмы функционирования ЭУМ на различных фазах обслуживания вызовов, информация о категориях абонентов и др.

Процессор является центральным устройством ЭУМ, осуществляющим сбор исходной информации, необходимой для обслуживания поступивших вызовов, а также устройством, координирующим работу всех основных узлов ЭУМ. Последовательность работы процессора и содержание его действий по приему и обработке информации определяется программой, записанной в ПЗУ. Завершается действие процессора при обслуживании вызовов формированием и выдачей команд в ПУУ узла коммутации.

К внешним устройствам относятся внешние запоминающие устройства (ВЗУ) и устройства ввода-вывода (УВВ). В современных квазиэлектронных и электронных узлах коммутации средней и большой емкости часть информации, которая используется редко (например, справочные данные),

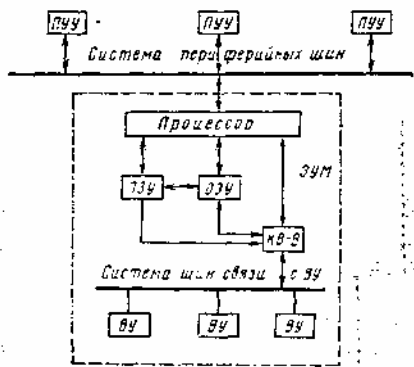


Рис. 8.12. Структурная схема ЭУМ

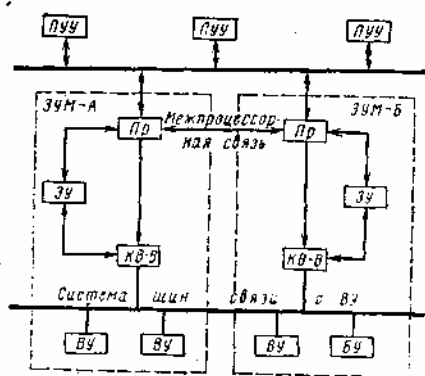


Рис. 8.13. Структурная схема двухмашинного управляющего комплекса

хранится в более дешевых ВЗУ. В качестве ВЗУ в ЭУМ узлов коммутации используются накопители на магнитных барабанах (НМБ), магнитных дисках (НМД) и магнитных лентах (НМЛ). Устройства ввода-вывода применяются в процессе наладки оборудования и программ ЭУМ, а также в процессе эксплуатационно-технического обслуживания узла коммутации.

В качестве УВВ обычно используются телетайп (Т/Т), устройства визуального отображения (дисплей) и др. Внешние устройства ЭУМ не имеют непосредственной связи с процессором. Передача информации из ВУ в процессор осуществляется через ОЗУ и оборудование канала ввода-вывода КВ-В, которое, подключается к ВУ через унифицированную систему шин связи (рис. 8.12).

Канал ввода-вывода предназначен для управления передачей информации между ОЗУ и ВУ. Поскольку внешние устройства по сравнению с процессором и ОЗУ имеют низкую скорость действия, необходимо совместную работу ОЗУ и ВУ при передаче информации осуществлять без участия процессора, чтобы избежать лишних затрат временных ресурсов процессора на выполнение операции ввода-вывода. С этой целью все действия по управлению передачей информации между ВУ и ОЗУ при выполнении операции ввода-вывода возлагаются на КВ-В, а процессор используется лишь для запуска КВ-В, имеющего свое автономное управление. Таким образом, процессор освобождается от участия в управлении процессом взаимной передачи информации между ОЗУ и ВУ. Канал ввода-вывода представляет собой устройство обработки информации, работающее автономно на основании программ канала, записанных в ПЗУ. Каждая программа соответствует определенной операции ввода-вывода (выбор внешнего устройства, запись информации, вывод информации и т. п.). На основании управляющей информации, полученной из ПЗУ, КВ-В вырабатывает последовательность сигналов и вводит в действие определенное ВУ, которое начинает выполнять соответствующую операцию по вводу (записи) или выводу (чтение) информации. В дальнейшем работа КВ-В протекает в темпе, определяемом скоростью действия ВУ. Высокая степень централизации управления в квазиэлектронных и электронных узлах коммутации требует высокой надежности работы ЦУУ. Это требование выполняется программными и аппаратными средствами, в частности путем резервирования. В связи с этим создается так называемый *управляющий комплекс УК*, состоящий из нескольких ЭУМ. В зависимости от количества ЭУМ, входящих в состав УК, различают *двухмашинные* и *многомашинные УК*. В технике автоматической коммутации в основном получили распространение двухмашинные УК.

Известны различные варианты построения управляющих комплексов в зависимости от режимов их работы. На рис. 8.13 показан упрощенный вариант схемы двухмашинного УК. Управляющий комплекс состоит из двух машин (ЭУМ-А и ЭУМ-Б), которые связаны между собой системой шин межпроцессорной связи, обеспечивающей возможность обмена информацией и управляющими сигналами. Кроме того, каждая ЭУМ имеет доступ через систему шин к периферийным управляющим устройствам ПУУ и внешним устройствам ВУ.

При поступлении вызова обе ЭУМ параллельно (синхронно) и независимо производят прием и обработку вызова и на определенных этапах обработки осуществляют сравнение промежуточных результатов. Если, например, сравнение производится на уровне выдачи периферийных команд, то ЭУМ работают параллельно до момента появления в их программе команды выдачи информации в ПУУ (периферийной команды). Далее через шины межпроцессорной связи производится сравнение информации, подготовленной обеими ЭУМ для выдачи в ПУУ. Периферийная команда выдается только при совпадении (идентичности) информации, подготовленной каждой ЭУМ. При несовпадении результатов сравнения ЭУМ поочередно выключаются из работы с целью выявления неисправностей. Обычно сбои в работе машин происходят очень редко.

При работе УК в параллельном (синхронном) режиме трудности возникают при взаимодействии ЭУМ, ПУУ и внешних устройств, например из-за невозможности одновременного выполнения одним

ПУУ команд от двух ЭУМ (см. рис. 8.13). Обычно эта проблема решается разделением машин на активную и пассивную. Активная ЭУМ (например, ЭУМ-А) может как принимать, так и выдавать информацию, т. е. выдавать команды в периферийные управляющие устройства. Пассивная ЭУМ (в нашем случае ЭУМ-Б) может принимать и обрабатывать информацию по обслуживанию вызовов одновременно с активной ЭУМ, но не имеет доступа к ПУУ в режиме передачи периферийных команд. Таким образом, ПУУ работает лишь под управлением одной (активной) машины. При выходе из строя активной ЭУМ обслуживание продолжает вторая ЭУМ, которая с этого момента становится активной по отношению к ПУУ. После устранения неисправности первоначальный режим совместной работы обеих машин восстанавливается.

Достоинством синхронного режима работы двухмашинного управляющего комплекса является высокая достоверность обслуживания вызовов, вследствие чего этот режим работы УК в настоящее время находит наибольшее применение. Отечественная квазиэлектронная АТС также имеет двухмашинный управляющий комплекс.

В последние годы появились АТС с так называемой *многопроцессорной* системой управления коммутационным узлом. На рис. 8.14 показан один из возможных вариантов многопроцессорного управляющего комплекса. Такая система управления характеризуется тем, что все процессы обслуживания вызовов распределяются между так называемыми специализированными процессорами СПр. При этом каждый СПр выполняет строго определенные функции, связанные с обслуживанием вызовов, не совпадающие с функциями, выполняемыми другими СПр. Например, один СПр может выполнять функции сканирования линейных, и служебных комплектов и выдавать соответствующие периферийные команды, другой СПр — функции приема, анализа и передачи цифровой информации, третий СПр — функции поиска свободных комплектов и соединительных путей в коммутационной системе и т. д. Все специализированные процессоры связаны с ПУУ системой периферийных шин.

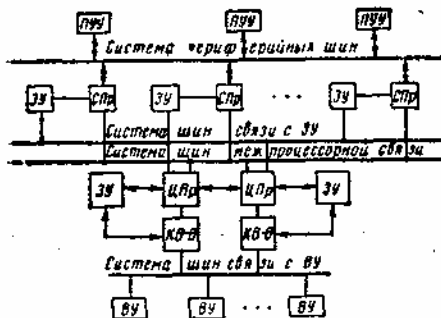


Рис. 8.14. Структурная схема многопроцессорного управляющего комплекса с центральным процессором

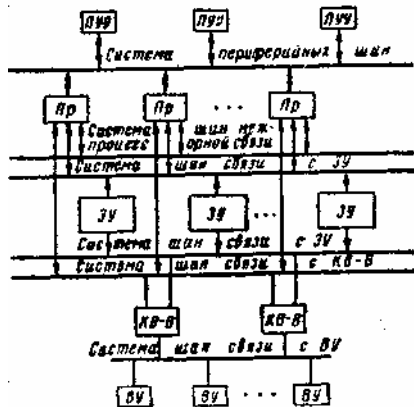


Рис. 8.15. Структурная схема многопроцессорного управляющего комплекса без центрального процессора

Координируют и управляют работой СПр центральные процессоры ЦПр. Обмен информацией и управляющими сигналами между ЦПр и группой СПр осуществляется через систему межпроцессорной связи. Кроме того, ЦПр снабжают специализированные процессоры необходимой информацией, полученной от внешних ЗУ, так как СПр не имеют связи с ВУ. В функции центральных процессоров входит также замена неисправного СПр исправным. При выходе из строя одного из основных СПр соответствующие программы и данные по указанию ЦПр переписываются в ЗУ одного из свободных и исправных резервных СПр, который с этого момента начинает выполнять функции неисправного основного СПр.

Известны системы многопроцессорного управления, не содержащие центральных процессоров (рис. 8.15). В этом случае каждый процессор самостоятельно управляет своей работой и координирует свои действия с другими Пр через систему шин межпроцессорной связи. Отличительной особенностью данной многопроцессорной системы управления является то, что все процессоры равноправны, и обладают одинаковой структурой, и выполняют одни и те же функции. Здесь нет распределения функций между процессорами. Каждый Пр выполняет все функции, связанные с обслуживанием вызовов. Другой особенностью является то, что программа и данные хранятся в общей памяти (в основном в ЗУ) и одинаково доступны всем процессорам, в то время как в ранее рассмотренной системе (рис. 8.14) каждый специализированный процессор имеет свое ЗУ. Связь с внешними устройствами каждый Пр осуществляет самостоятельно через систему шин связи с КВ-В. Требуемая надежность функционирования системы управления обеспечивается резервированием Пр и ЗУ.

Основными достоинствами многопроцессорной системы управления является высокая технологичность производства за счет физической однородности процессоров и блоков ЗУ, а также высокая эффективность использования общих дорогостоящих ЗУ, полностью доступных для всех Пр. Особенно широкое распространение получила многопроцессорная система управления в последние годы в связи с изготовлением промышленностью сравнительно дешевых и компактных микропроцессоров,

приспособленных для работы в управляющих системах. В связи с этим возникло новое направление в построении управляющих устройств узлов коммутации, основанное на так называемом принципе распределенного управления. Распределенное управление представляет собой дальнейшее развитие системы управления со специализированными процессорами, когда в качестве сравнительно сложных СПр используются микропроцессоры. Благодаря этому появляется возможность максимально приблизить спецпроцессоры к управляемым объектам с целью конструктивного и схемного их объединения. В этом случае увеличение емкости узла коммутации может осуществляться модулями, содержащими как коммутационное оборудование, так и устройства управления в виде микропроцессоров. В настоящее время система с распределенным управлением, основанная на применении микропроцессоров, привлекает особое внимание специалистов в области автоматической электросвязи.

8.7. Принципы построения электронных АТС

Коммутационные системы электронных АТС могут быть построены как с *пространственным*, так и с *импульсно-временным разделением каналов*. При пространственном разделении каналов в качестве устройств коммутационной системы применяются электронные соединители, построенные по принципу электромеханических координатных соединителей. В каждой точке пересечения (коммутации) соединителя устанавливается электронный контакт. Электронный соединитель (рис. 8.16) имеет n входов и m выходов, расположенных в виде координатной сетки (матрицы). Для подключения любого входа к любому выходу должен открыться соответствующий электронный контакт ЭК. Состоянием ЭК управляет общее электронное управляющее устройство. Такие соединители, называемые электронными соединителями с пространственным разделением каналов, по принципу построения аналогичны электромеханическим соединителям.

Основным недостатком подобных соединителей является большое количество электронных элементов. Если соединитель имеет n входов и m выходов, то общее число электронных контактов составит при двухпроводной схеме коммутации $2nm$. Другим недостатком электронных соединителей с пространственным разделением каналов является то, что используемые в качестве коммутационных элементов электронные контакты в состоянии пропускания имеют определенное сопротивление, которое вносит заметное затухание в разговорную цепь. Это особенно сказывается в тех случаях, когда разговорный тракт строится в соответствии со схемой группообразования на основе последовательно включенных контактов на ступенях искажения. В электромеханических системах коммутации такое построение КС не вносит сколь-нибудь заметного ухудшения качества разговорного тракта, так как металлические контакты давления, обеспечивающие коммутацию цепи, имеют практически нулевое сопротивление в замкнутом состоянии. В электронных системах последовательное включение электронных контактов приводит к

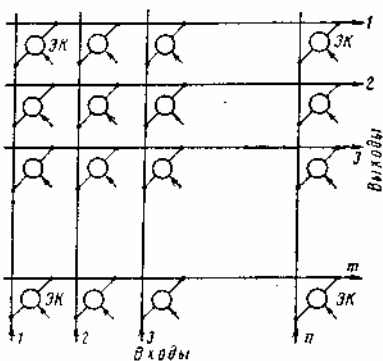


Рис. 8.16. Построение электронного соединителя с пространственным разделением каналов

заметному ухудшению качества разговорного тракта. Чем больше контактов участвует в образовании разговорного тракта, тем больше затухание этого тракта. Учитывая сказанное, электронные АТС с пространственным разделением каналов находят применение лишь для построения станции малой емкости.

При применении временного разделения каналов разговорные токи коммутируются не в аналоговой форме, а в дискретной — с применением импульсно-кодовой модуляции (ИКМ). Процесс преобразования аналогового сигнала с помощью ИКМ состоит из трех последовательных операций: дискретизации аналоговых сигналов по времени, квантования по уровню и кодирования. Дискретизация представляет собой амплитудно-импульсную модуляцию (АИМ). Операция квантования сводится к преобразованию мгновенных значений аналогового сигнала в цифровые. Далее каждый дискретный сигнал кодируется с помощью двоичного кода, причем число уровней шкалы квантования устанавливается равным 2^n , где n — целое число.

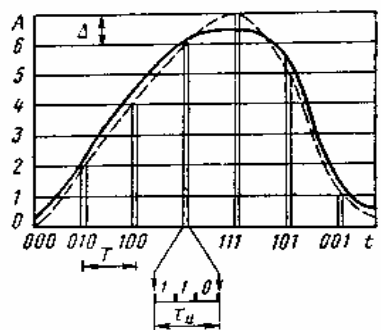


Рис. 8.17. Преобразование непрерывного (аналогового) сигнала

В качестве примера на рис. 8.17 показан принцип преобразования аналогового сигнала посредством импульсно-кодовой модуляции. Дискретизация по времени осуществляется импульсной последовательностью с параметрами T и r_n . Шкала квантования содержит восемь уровней ($n=3$) с шагом квантования Δ . После преобразования непрерывного сигнала в линию передается номер уровня амплитуды, в который попадает вершина импульса. Этот номер передается в двоичном виде. Например, номер уровня 6 (см. рис. 8.17) передается в виде 110. На приемном конце по переданным кодовым значениям восстанавливаются дискретные значения передаваемого непрерывного сигнала. Однако на передающем конце не все принятые значения уровней шкалы квантования могут соответствовать амплитудным значениям непрерывного сигнала. Поэтому, в линию сигнал может поступать с некоторыми искажениями, вызванными процессом квантования (см. пунктирную кривую на рис. 8.17). Величина этих искажений определяется шагом квантования Δ . Для уменьшения искажений необходимо уменьшить шаг квантования.

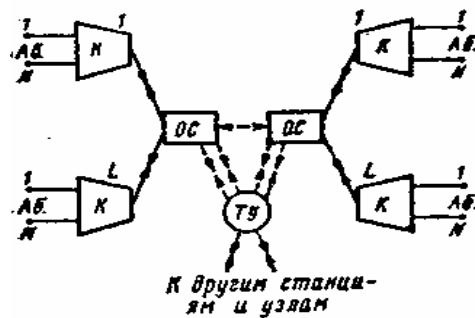


Рис. 8.18. Построение сети при использовании электронной системы коммутации

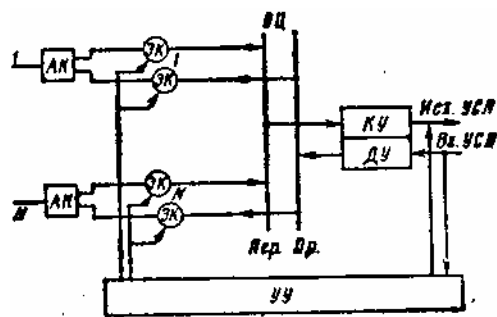


Рис. 8.19. Упрощенная структурная схема концентратора

В настоящее время на соединительных линиях ГТС широкое распространение получила 32-канальная система ИКМ. Для качественной передачи аналоговой информации в этой системе принято 256 уровней квантования, которое обеспечивается применением 8-разрядного кода. Один из 32 временных каналов отводится для целей синхронизации и еще один — для передачи сигналов управления, а остальные 30 каналов являются разговорными. Поэтому данная система ИКМ иногда называется 32/30-канальной системой ИКМ.

Принцип ИКМ открывает новые возможности в части создания электронных АТС, коммутационная система которых строится на основе временного разделения каналов. При этом передача информации по соединительным линиям и коммутация каналов на станции осуществляются в цифровой форме. Поскольку в основу построения системы положен единый способ как передачи, так и коммутации дискретных сигналов, она называется интегрально-цифровой системой связи (ИЦСС). Такая унифицированная система передачи и коммутации позволяет коммутировать не только телефонные каналы, но и телеграфные, передачи данных и другие, работающие на едином импульсном принципе. На рис. 8.18 показан принцип построения сети, содержащей электронные системы коммутации с временным разделением каналов. В состав такой сети входят концентраторы (К), опорные станции (ОС) и транзитные узлы (ТУ), применяемые на больших сетях. Концентраторы осуществляют концентрацию поступающей по абонентским линиям нагрузки и поэтому располагаются в непосредственной близости от абонентов. Концентратор соединяется с опорной станцией ОС четырехпроводной уплотненной соединительной линией (УСЛ), содержащей 32 временных ИКМ каналов. По существу, концентратор связывается с опорной станцией двумя двухпроводными уплотнениями соединительными линиями, одна из которых используется для передачи информации в направлении от концентратора к ОС (Исх. УСЛ), а другая в обратном направлении — от ОС к концентратору (Вх. УСЛ). Число абонентских линий, включаемых в каждый концентратор, определяется удельной абонентской нагрузкой. В большинстве случаев емкость одного концентратора составляет 200—300 абонентских линий. В функции концентратора входит установление соединения между любой абонентской линией и любым свободным каналом системы ИКМ.

На рис. 8.19 в упрощенном виде показана структурная схема абонентского концентратора. Индивидуальная часть концентратора содержит абонентские комплекты ($АК_1—АК_N$), число которых равно числу АЛ. Абонентские комплекты подключаются через электронные контакты ЭК к общей цепи ОЦ. Электронные контакты обеспечивают преобразование поступающего разговорного сигнала в импульсы, модулированные по амплитуде. При этом каждому вызвавшему абоненту выделяется определенная временная позиция (канал).

В состав коллективной части концентратора входят общие для всех абонентов кодирующее (КУ) и декодирующее (ДУ) устройства. С помощью КУ осуществляется получение цифрового сигнала, а с помощью ДУ — обратная операция. При исходящей связи аналоговые — разговорные сигналы вначале преобразуются в амплитудно-импульсно-модулированные сигналы, которые в дальнейшем, после кодирования преобразуются в ИКМ сигналы. При входящей связи производится обратное преобразование, сначала ИКМ сигналов в АИМ сигналы, а затем при вторичном преобразовании — в раз-

говорные сигналы.

Концентратор содержит также управляющее устройство (УУ), которое под руководством ЦУУ опорной станции производит необходимые операции по установлению соединений. Опорная станция представляет собой ЭАТС с временным делением каналов (ВД-ИКМ). На этой станции осуществляется коммутация импульсных каналов входящих и исходящих СЛ от концентраторов, а также СЛ от узлов и других опорных станций при наличии непосредственной связи между ними (см. пунктирную линию на рис. 8.18). Все оборудование ЭАТС так же, как и квазиэлектронной АТС, можно разделить на три части: коммутационную систему КС, периферийные управляющие устройства ПУУ и центральное управляющее устройство ЦУУ (рис. 8.20). Коммутационную систему опорной станции можно представить в виде квадратной матрицы, в горизонтали которой включены входящие СЛ, а в вертикали — исходящие СЛ. В точках пересечения горизонталей и вертикалей матрицы включаются электронные контакты, которые под действием управляющего устройства открываются в определенной временной позиции и соединяют соответствующие входящие и исходящие каналы.

Процессом установления соединения на опорной станции управляет центральное управляющее устройство ЦУУ, которое, как и в квазиэлектронной телефонной станции, представляет собой электронную управляющую машину ЭУМ.

Периферийные управляющие устройства ПУУ осуществляют согласование между ЦУУ и КС. В состав ЦУ входят различные устройства, число которых зависит от емкости станции, величины обслуживаемой нагрузки и заданной нормы потерь. Основными ЦУУ являются устройства приема УПР и передачи УПД управляющей информации, устройство передачи акустических сигналов УПАС,

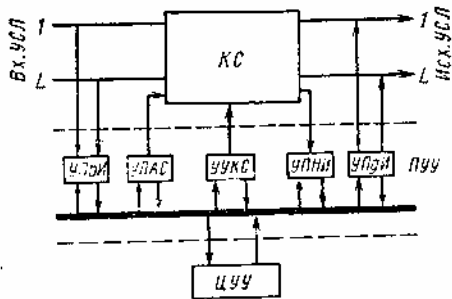
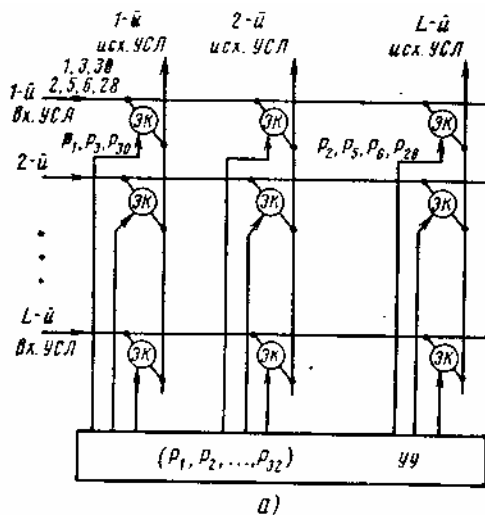


Рис. 8.20. Структурная схема электронной опорной станции (ОС)



устройство приема номерной информации УПНИ и устройство управления коммутационной системой УУКС. Устройство приема номерной информации УПНИ должно быть подключено к коммутационной системе так, чтобы оно было доступно любому каналу любой входящей СЛ. Устройство передачи акустических сигналов УПАС представляет собой устройство формирования всех акустических сигналов, посылаемых абонентам в процессе установления соединений. К коммутационной системе УПАС подключено так, чтобы оно имело возможность подсоединиться к любому каналу любой исходящей СЛ. Устройства УПР и УПД предназначены для приема и передачи сигналов управления

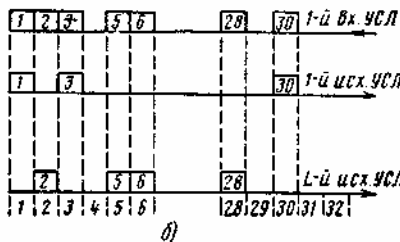


Рис. 8.21. Схема коммутационной системы пространственного вида (П)

и взаимодействия по всем СЛ, включенных в коммутационную систему опорной АТС. Поэтому УПР должно быть связано со всеми сигнальными каналами входящих СЛ, а УПД — со всеми сигнальными каналами исходящих СЛ.

Центральное управляющее устройство осуществляет управление соединением как на опорной АТС, так и на концентраторах. В последнем случае УУ концентратора

представляет собой вынесенный в концентратор функциональный блок ФБ промежуточного оборудования опорной станции. Транзитные узлы ТУ строятся по такому же принципу, что и опорные станции ОС, и для них справедливы те же условия, что и для опорных станций. Через ТУ обеспечивается взаимное соединение всех ОС, объединяемых этим узлом.

На опорной АТС с временным делением каналов различают коммутацию двух видов: пространственную (П) и временную (В).

При пространственной коммутации устанавливается соединение определенных входящих и исходящих УСЛ, а при временной коммутации обеспечивается соединение между временными каналами этих УСЛ. На рис. 8.21 представлена коммутационная система, построенная по принципу пространственного разделения каналов. Такая коммутационная система представляет собой квадратную мат-

рицу (коммутатор), во входы которой включены входящие и исходящие линии ($L_{вх}$ УСЛ и $L_{исх}$ УСЛ). В качестве точек коммутации используются ЭК, управляемые импульсными последовательностями P_i , временные положения которых синхронизированы с временными положениями каналов системы ИКМ. Каждый ЭК может управляться любой последовательностью P_i , где $i=1, 2, \dots, n$, т. е. может открываться в любом из $n=32$ временных положений. Если подать на ЭК, соединяющий первую входящую УСЛ с первой исходящей УСЛ, импульсную последовательность P_1, P_3, P_{30} , то ЭК будет открыт в 1; 3 и 30 временных положениях и закрыт во всех остальных. В этом случае произойдет соединение перечисленных каналов первой входящей УСЛ с одноименными каналами первой исходящей УСЛ. Одновременно с этим, если, например, требуется соединить каналы 2, 5, 6 и 28-й первой входящей УСЛ с одноименными же каналами L -й исходящей УСЛ, то необходимо подать на ЭК, соединяющей эти УСЛ, импульсные последовательности P_2, P_5, P_6 и P_{28} (рис. 8.21а и б).

Эквивалентная по коммутационным возможностям схема группообразования пространственной коммутационной системы (П) приведена на рис. 8.22. Система позволяет путем выделения $n=32$ каналов входящих и исходящих УСЛ создать $n=32$ коммутатора. Число входов и выходов в каждом коммутаторе равно числу УСЛ (L входов и L выходов). В каждом коммутаторе возможна коммутация только одноименных линий.

Подобные коммутационные системы обеспечивают коммутацию только одноименных (синхронных) каналов, т. е. каналов, занимающих в коммутируемых входящих и исходящих УСЛ одинаковые временные позиции. Коммутационная система такой структуры отличается простотой построения, однако обладает существенным недостатком — низкой пропускной способностью из-за наличия внутренних блокировок. Этому недостатка лишена коммутационная система, позволяющая осуществлять

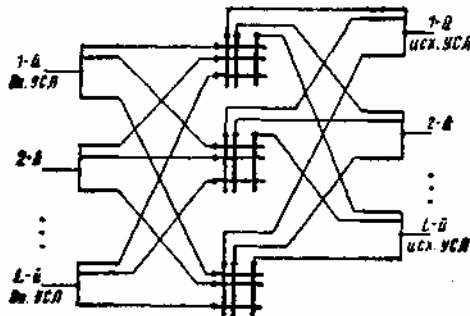


Рис. 8.22. Эквивалентная схема группообразования коммутационной системы пространственного вида (П)

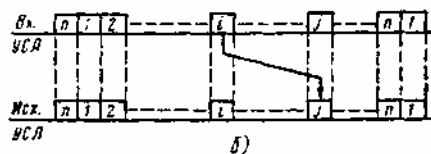
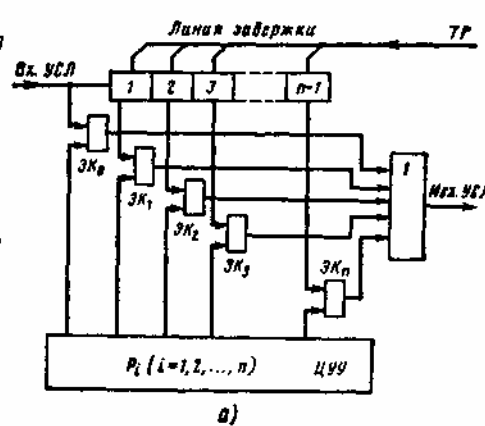


Рис. 8.23. Построение сдвигающего устройства (СУ) при перестановке каналов

соединение любого временного канала входящей УСЛ с любым каналом любой исходящей УСЛ. В такой системе производится не только пространственная коммутация в точках соединения УСЛ, но и временная коммутация с перестановками (перемещениями) каналов из одного временного положения в другое (рис. 8.23). Для этой цели

предусматриваются специальные запоминающие (сдвигающие) устройства, которые позволяют фиксировать приходящие на станцию дискретные разговорные сигналы (импульсы кодовой группы) и передавать их далее в любом из свободных временных положений (*асинхронная коммутация*).

Принцип коммутации каналов, имеющих различные временные положения, можно показать на примере сдвигающего устройства (СУ), предназначенного для переноса информации из одного временного канала в любой другой канал. Основной частью СУ является линия задержки, ко входу которой подключается входящая УСЛ (рис. 8.23а). Исходящая УСЛ включается к выходу собирательной схемы ИЛИ. Линия задержки состоит из $n-1$ элементов и управляется тактовым генератором ТГ, под действием которого сигналы ИКМ передвигаются из одного элемента в другой. В качестве элементов задержки в СУ используются схемы типа сдвигающих регистров с числом разрядов, равным числу разрядов в кодовой группе. В системе ИКМ 32/30 каждый регистр должен иметь 8 разрядов, а полная схема СУ $(32-1) \times 8 = 248$ разрядов. Тактовый генератор работает синхронно с каналобразующим оборудованием так, что каждый сигнал ИКМ (кодовая группа) сохраняется в элементе задержки в течение времени, равного интервалу, отводимому для одного временного канала t_n .

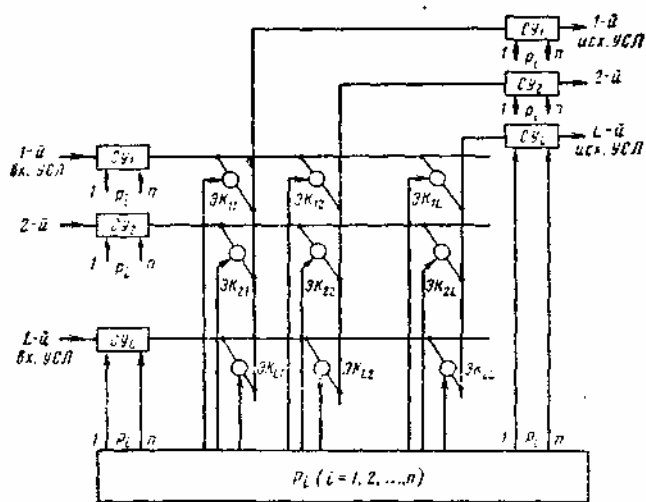


Рис. 8.24. Структурная схема КС, построенная по принципу ВПВ

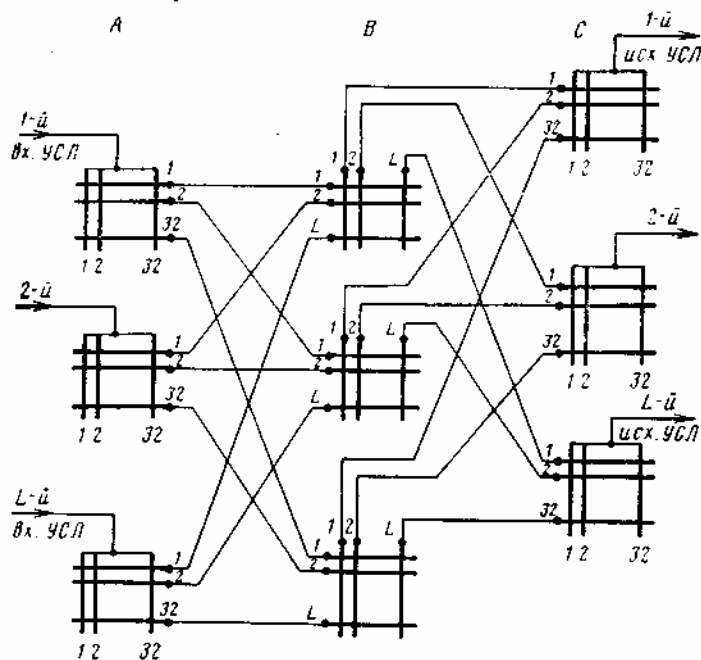


Рис. 8.25. Эквивалентная схема группообразования коммутационной системы ВПВ

В обычных условиях, когда в опорную станцию включается большое число уплотненных соединительных линий, применяются различные коммутационные системы с обязательным сочетанием временной и пространственной коммутации. Это делается с целью уменьшения внутренних блокировок, т. е. с целью повышения пропускной способности КС. На рис. 8.24 приведена структурная схема коммутационной системы, построенной по принципу временная коммутация — пространственная коммутация — временная коммутация (ВПВ). В такой КС сдвигающие устройства закрепляются за каждой входящей и каждой исходящей УСЛ. Сдвигающие устройства создают эффект, аналогичный введению дополнительного звена коммутации, так как дают возможность перенести информацию из любого временного канала в любой исходящий канал. Эквивалентная пространственная схема этой коммутационной системы имеет вид обычной трехзвенной схемы, в которой на звеньях *A* и *C* осуществляется временная коммутация, а на звене *B* — пространственная коммутация уплотненных линий (рис. 8.25). Звено пространственной коммутации состоит из $n = 32$ коммутаторов. Число входов и выходов каждого коммутатора соответственно равно числу входящих и исходящих уплотненных линий.

В схему СУ входят также электронные контакты (ЭК), число которых равно числу временных каналов (n) одной уплотненной соединительной линии. Один из входов ЭК подключается к соответствующему элементу линии задержки. На другой вход каждого ЭК из управляющего устройства УУ может подаваться одна из управляющих последовательностей P_i $i=1, 2, \dots, n$. Такая схема задержки обеспечивает возможность перестановки принятой информации из одного временного положения в другое, т. е. из одного канала в другой. Если, например, кодовую группу, поступающую по входящей УСЛ в пятом временном положении (канале), необходимо передать в восьмой канал исходящей УСЛ, то следует поступающую кодовую группу задержать на время трех временных каналов ($3\tau_n$) или трех тактов ТГ. В этом случае, когда поступающая кодовая группа последовательно передана в третий элемент задержки, из УУ подается управляющая последовательность восьмого канала P_8 , откроется ЭК₃ и информация, содержащаяся в третьем элементе задержки, выдана через схему ИЛИ в исходящую УСЛ (см. рис. 8.23). Так производится временная коммутация (коммутация вида В) каналов, занимающих любые временные положения. Коммутация одноименных каналов (синхронная коммутация) осуществляется через ЭК₀ без сдвига во времени.

В обычных условиях, когда в опорную станцию включается большое число уплотненных соединительных линий, применяются различные коммутационные системы с обязательным сочетанием временной и пространственной коммутации. Это делается с целью уменьшения внутренних блокировок, т. е. с целью повышения пропускной способности КС. На рис. 8.24 приведена структурная схема коммутационной системы, построенной по принципу временная коммутация — пространственная коммутация — временная коммутация (ВПВ). В такой КС сдвигающие устройства закрепляются за каждой входящей и каждой исходящей УСЛ. Сдвигающие устройства создают эффект, аналогичный введению дополнительного звена коммутации, так как дают возможность перенести информацию из любого временного канала в любой исходящий канал. Эквивалентная пространственная схема этой коммутационной системы имеет вид обычной трехзвенной схемы, в которой на звеньях *A* и *C* осуществляется временная коммутация, а на звене *B* — пространственная коммутация уплотненных линий (рис. 8.25). Звено пространственной коммутации состоит из $n = 32$ коммутаторов. Число входов и выходов каждого коммутатора соответственно равно числу входящих и исходящих уплотненных линий.

ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕЛЕФОННЫХ СЕТЕЙ И СИСТЕМЫ НУМЕРАЦИИ

9.1. Общие сведения

Сеть телефонной связи называется совокупность узлов коммутации (телефонных станций), оконечных абонентских устройств и соединяющих их каналов и линий связи. В отдельных случаях телефонные сети содержат не все перечисленные элементы. Так, в состав общегосударственной междугородной телефонной сети входят лишь узлы коммутации и соединяющие их каналы связи. Линейные сооружения содержат системы каналообразующего оборудования, позволяющие организовать мощные пучки телефонных каналов по кабельным, радиорелейным и спутниковым линиям связи.

Сети могут иметь различную структуру, т. е. отличаться числом и расположением узлов, а также характером их взаимосвязи. Для получения оптимальной структуры сети необходимо прежде всего определить целесообразную взаимосвязь узлов, обеспечивающую наиболее рациональный маршрут доставки информации адресату. Кроме того, должен быть произведен выбор емкости пучков каналов между узлами для передачи требуемого объема информации при заданном качестве обслуживания, обеспечивающей и наиболее эффективное использование каналов и оборудования сети.

Различают телефонные сети следующих видов: международные, междугородные, зонавые, городские и сельские.

Сеть последних двух видов объединяются общим названием — местные телефонные сети.

Междугородные и местные сети должны строиться на основе единых технических и эксплуатационных принципов и требований. Главными из этих требований являются:

простота конфигурации сети и минимальные материальные затраты на строительные работы и эксплуатационно-техническое обслуживание;

быстрое и безошибочное установление соединения между любыми абонентами единой сети;

надежность и живучесть сети, при этом надежность определяется внутренними факторами, приводящими к отказам отдельных элементов сети, а живучесть предполагает воздействие внешней среды;

соблюдение норм затухания как по отдельным участкам, так и в пределах всего тракта передачи информации;

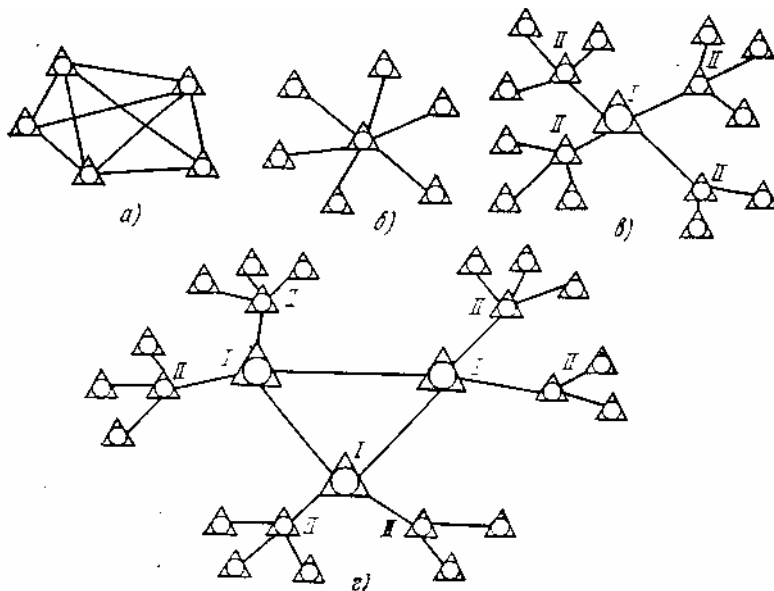


Рис. 9.1. Способы построения сетей

сеть, построенная по этому способу, является наиболее дорогостоящей, так как требуется большое число пучков каналов. При этом каждый пучок имеет малую емкость и, следовательно, при заданном качестве обслуживания низкую пропускную способность.

При радиальном способе построения телефонной сети (рис. 9.1б) связь между всеми станциями осуществляется через один центральный узел. Радиальное построение сети резко сокращает общее число пучков каналов и позволяет создавать мощные пучки каналов, вследствие чего возрастает пропускная способность каждого канала в пучке. Наиболее существенным недостатком этого способа

гибкость сети, позволяющая при необходимости организовать обходные пути связи.

Телефонная сеть может быть построена по одному из следующих способов, определяющих связь между ее узлами (станциями): «Каждая с каждой», радиальным, радиально-узловым и комбинированным.

Способ построения «каждая с каждой», когда существует непосредственная связь между всеми станциями (рис. 9.1а), позволяет получить наиболее гибкую и надежную сеть, так как при повреждениях на отдельных участках всегда можно организовать обходную связь, имея всего лишь одно транзитное соединение. В то же время

является отсутствие возможности создания обходных путей. Поэтому повреждения на отдельных участках сети или в центральном пункте могут вызвать нарушение связи на отдельных направлениях или всей системы в целом. Радиальный принцип может быть использован лишь при построении сети на небольшой территории.

На большой территории сеть связи строится по радиально-узловому способу. В этом случае связь организуется через коммутационные узлы двух и более классов. На рис. 9.1в приведена структурная схема сети, построенной по радиально-узловому способу через узлы двух классов.

Увеличение числа классов позволяет сократить расстояния между узлами и повысить использование каналов за счет объединения нагрузки. Однако увеличение числа классов коммутационных узлов вызывает увеличение транзитных пунктов, что может привести к ухудшению электрических характеристик разговорного тракта и замедлению процесса установления соединения. Учитывая сказанное, выбор числа классов узлов должен обосновываться технико-экономическими расчетами.

При комбинированном способе построения сети узлы I класса соединяются между собой непосредственно по принципу «каждый с каждым» и являются центрами радиально-узлового построения сети (рис. 9.1г). Сеть, построенная по этому способу, является более надежной, так как выход из строя одной узловой станции не нарушает работу всей сети.

9.2. Принципы построения общегосударственной автоматически коммутируемой телефонной сети СССР

В связи со значительным ростом количества каналов и широким внедрением автоматического способа установления соединений в Советском Союзе принята Единая система построения между-

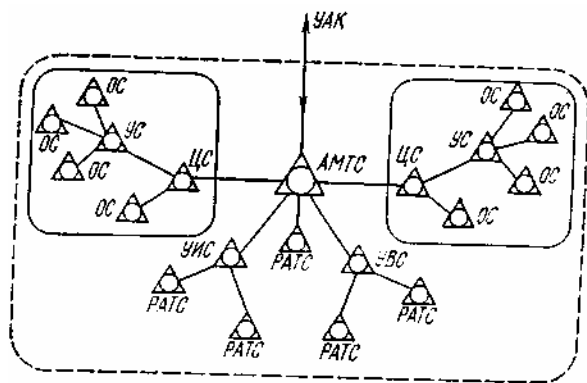


Рис. 9.2. Принцип построения зонной телефонной сети с одной АМТС

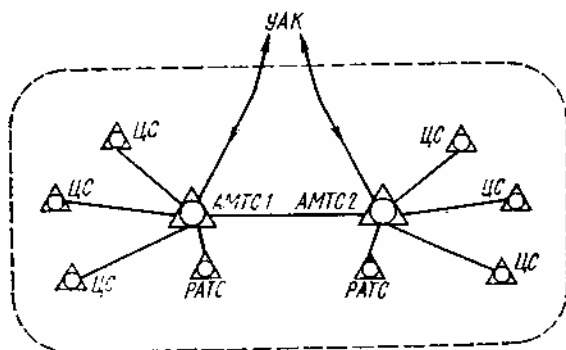


Рис. 9.3. Принцип построения зонной телефонной сети с двумя АМТС

городной телефонной сети, основанная на новых принципах ее структурной организации. Эта сеть, названная *Общегосударственной автоматически коммутируемой телефонной сетью (ОАКТС)*, предусматривает возможность автоматического установления соединения между двумя любыми абонентами страны. Сеть ОАКТС предназначена в основном для передачи телефонных разговоров, однако может быть использована также для передачи факсимильных и телеграфных сообщений и другой цифровой информации. *Общегосударственная автоматически коммутируемая телефонная сеть* представляет собой совокупность автоматических

телефонных станций, узлов автоматической коммутации и каналов, соединяющих эти станции и узлы между собой. Создание ОАКТС, являющейся частью разрабатываемой в СССР Единой автоматизированной системы связи страны (ЕАСС), представляет собой важную народнохозяйственную задачу.

В соответствии с новыми принципами построения телефонной сети, вся территория страны делится на зоны с единой системой нумерации абонентов в пределах зоны. Территория зоны, как правило, совпадает с территорией области, в некоторых случаях края или республики. В зависимости от телефонной плотности несколько областей могут быть объединены в одну зону, и, наоборот, одна область может быть разделена на две и более зоны. Основным критерием образования зоны является количество абонентов, которое определяется единой семизначной нумерацией в пределах одной зоны. Учитывая это, крупнейшие города страны с семизначной нумерацией выделяются в самостоятельные зоны.

Каждая зонная сеть включает в себя городские и сельские телефонные сети. Коммутационным

центром зоны является автоматическая междугородная телефонная станция АМТС, через которую осуществляется связь между местными сетями зоны. На рис. 9.2 представлена схема построения зонной телефонной сети. Как видно из рисунка, зонная сеть строится по радиально-узловому способу, где роль узла первого класса выполняет АМТС, которая в то же время является оконечной станцией междугородной сети. Выход за пределы зоны осуществляется только через АМТС своей зоны. В коммутационный центр зонной сети включаются центральные станции сельской сети (ЦС) и районные АТС (РАТС) городских телефонных сетей. Центральные станции имеют непосредственную связь с коммутационным центром зоны — АМТС. Городские телефонные станции (РАТС) в пунктах размещения АМТС соединяются с последними или непосредственно или через узлы городской сети (УИС, УВС). В зоне может быть несколько АМТС, но одна из них, являющаяся главной, должна быть установлена в административном центре, например в областном центре. Если в зоне несколько АМТС, то они соединяются между собой по принципу «каждая с каждой». В качестве примера на рис. 9.3 приведена схема зонной сети с двумя АМТС. Связь в единой общегосударственной автоматически коммутируемой телефонной сети осуществляется через узлы автоматической коммутации двух классов (первого класса — УАК I и второго класса — УАК II и автоматические междугородные телефонные станции (АМТС), являющиеся центрами зон. Принцип построения автоматически коммутируемой междугородной телефонной сети СССР показан на рис. 9.4. Каждый УАК I является центром сети, построенной по радиально-узловому способу построения, и обслуживает определенный территориальный район, объединяющий группу УАК II и АМТС. Все узлы автоматической коммутации первого класса (УАК I) соединяются между собой непосредственно, т. е. по принципу «каждый с каждым», а АМТС включаются в общегосударственную сеть через УАК II. При увеличении числа обходных путей и наличии достаточной нагрузки предусматривается также связь АМТС с УАК II соседнего района и даже непосредственно с УАК I.

При наличии достаточно большого взаимного тяготения друг к другу могут быть образованы непосредственные связи между АМТС различных зон. Такой принцип построения сети весьма существенно повышает надежность и живучесть сети. Как видно из рис. 9.4, связь между АМТС разных зон может производиться различными путями. Прежде всего используется непосредственная связь, если эти АМТС соединены между собой. Этот путь, показанный на рисунке пунктирной линией, является самым коротким путем и называется *основным путем* или *путем первого выбора*. Он является *путем*

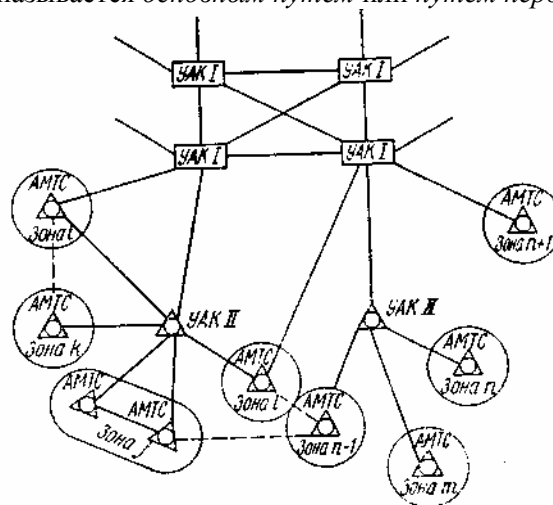


Рис. 9.4. Принцип построения общегосударственной автоматически коммутируемой телефонной сети СССР

высокого использования. Все остальные пути называются *обходными*, или *путями последующего выбора*. Если первый путь выбора, предусматривающий прямое соединение АМТС, занят, то соединение осуществляется по одному из обходных путей. При этом обходные пути выбираются в строгой последовательности — по мере увеличения числа коммутируемых участков. Поэтому в первую

очередь занимаются более короткие обходные пути (с меньшим числом транзитов), и только в случае занятости прямого и всех коротких обходных путей занимает самый длинный обходный путь, который называется *путем, последнего выбора*.

При проектировании сети основные пути связи рассчитываются на большие потери ($P=0,2\div 0,3$). В результате количество каналов на участке основного пути умышленно принимается явно ниже, чем требуется для удовлетворения поступающей нагрузки при установленном качестве обслуживания. Однако такое решение на качество обслуживания вызовов не влияет, так как вся избыточная нагрузка, не пропущенная каналами основного пути, будет направлена через обходные пути, в том числе через пути последнего выбора, которые рассчитываются на малые потери ($P=0,01$). При этом надо иметь в виду то, что подавляющая часть нагрузки пропускается по прямым путям, чем обеспечивается высокое использование каналов этих пучков.

9.3. Принципы построения городских телефонных сетей

Городские телефонные сети (ГТС) предназначены для обслуживания телефонной связью населения городов и ближайших пригородов. Каждому абоненту городской телефонной сети через соответствующее коммутационное оборудование должна обеспечиваться возможность телефонной связи со всеми абонентами ГТС. Соединения между абонентами должны устанавливаться достаточно быстро, безошибочно, с обеспечением хорошей слышимости. При этом общие затраты как на строительство всех сооружений ГТС в целом, так и на их эксплуатацию должны быть минимальными. Эти требования могут быть выполнены, если выбран оптимальный вариант построения городской телефонной сети, применено оборудование перспективных систем АТС и соблюдены установленные технологические нормы, относящиеся к величине потерь сообщения, затуханию тракта и др.

Простейшей городской телефонной сетью является нерайонированная ГТС. На такой сети устанавливается одна телефонная станция, куда включаются все абонентские линии ГТС; соединения между абонентами осуществляются приборами этой станции (рис. 9.5а). Основная часть расходов при сооружении ГТС (свыше 60%) приходится на ее линейные сооружения. Поэтому ГТС с одной телефонной станцией целесообразно строить в городах с небольшой территорией.

При увеличении числа абонентов ГТС и размеров обслуживаемой территории с целью уменьшения затрат на линейные сооружения целесообразно строить городскую телефонную сеть по принципу районирования. В этом случае территорию города разделяют на ряд районов. В каждом из таких районов размещается районная АТС (РАТС), в которую включаются абоненты этого района; соединения между РАТС осуществляются по соединительным линиям СЛ (рис. 9.5б).

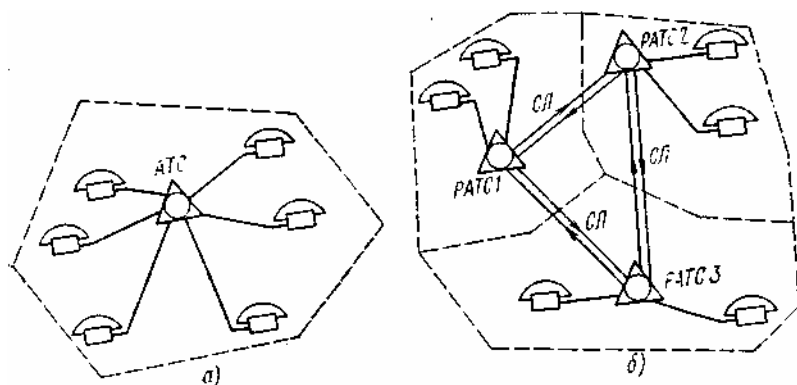


Рис. 9.5. Принцип построения городской телефонной сети: а — нерайонированной; б — районированной

между РАТС осуществляются по соединительным линиям СЛ (рис. 9.5б).

При районировании ГТС капитальные затраты на линейные сооружения значительно сокращаются за счет существенного уменьшения протяженности абонентских линий, имеющих низкое использование (в среднем до 0,1 Эрл в ЧНН), и введения соединительных линий с высоким использованием (0,6—0,8 Эрл в ЧНН).

При существующих в настоящее время стоимостях станционных и

линейных сооружений наивыгоднейшая емкость РАТС находится в пределах 6000—10000 номеров. Поэтому при районировании номерная емкость каждой РАТС принимается равной 10000 номеров и при пятизначной нумерации первая цифра, соответствующая десяти тысячной группе, будет кодом РАТС. На ГТС при пятизначной нумерации количество РАТС обычно не превышает шести. Районные РАТС в этом случае соединяются между собой по способу «каждая с каждой».

При большом числе РАТС связь по способу «каждая с каждой» становится неэкономичной, так как в этом случае образуется большое число мелких пучков СЛ. Каждая РАТС должна иметь непосредственное соединение со всеми РАТС сети, поэтому общее число пучков СЛ $N = n \times (n - 1)$, где n — число РАТС на сети. Так, при наличии на сети трех РАТС общее число пучков СЛ составит $N = 3 \times (3 - 1) = 6$ (см. рис. 9.5б); при семи РАТС уже необходимо $N = 7 \times 6 = 42$ пучка СЛ и т. д. Пусть $Y_{\text{внешн}}$ — нагрузка, направляемая от абонентов рассматриваемой РАТС к абонентам других РАТС, — величина постоянная, и нагрузки, направляемые к каждой из этих станций сети, равны между собой. Тогда нагрузка на один пучок СЛ к другой РАТС сети составит $Y_{\text{внешн}}/n - 1$ и при трех РАТС на сети будет равна $Y_{\text{внешн}}/2$, при семи $Y_{\text{внешн}}/6$ и т. д. Поскольку нагрузка на пучок СЛ снижается, будет уменьшаться и его емкость, а при этом будет существенно уменьшаться и среднее использование линий в пучке (см. рис. 4.14). Таким образом, с ростом числа РАТС на сети растет число пучков СЛ, а использование линий в этих пучках падает, и поэтому резко возрастает общее количество СЛ на сети. Поэтому на крупных ГТС связь между РАТС устанавливается не непосредственно друг с другом, а через узлы входящего сообщения (УВС) при емкости ГТС до 400—500 тыс. номеров, а при еще большей емкости — через узлы исходящего и входящего сообщения (УИС—УВС). Узлы способствуют объединению нагрузки групп РАТС, в результате чего повышается использование СЛ и снижаются затраты на строительство ГТС.

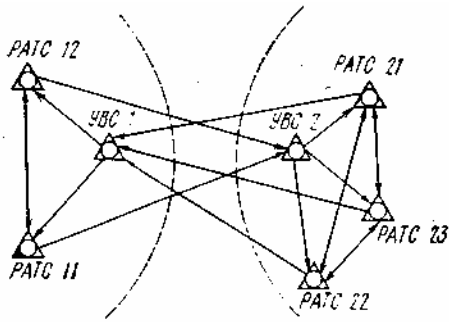


Рис. 9.6. Районированная ГТС с УВС

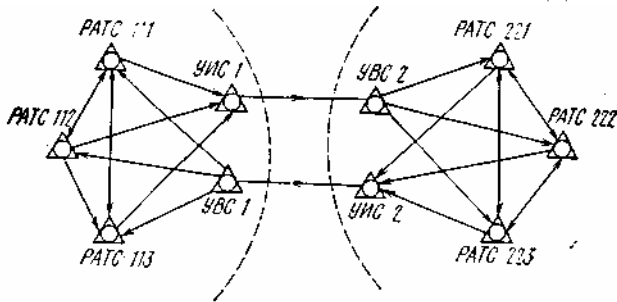


Рис. 9.7. Районированная ГТС с УВС и УИС

Для образования сети с УВС (рис. 9.6) территория города делится на узловы районы. В каждом узловом районе может быть установлено до десяти РАТС, которые соединяются между собой по принципу «каждая с каждой», соединения абонентов разных узловых районов устанавливаются через УВС. Каждая РАТС соединяется с УВС других узловых районов исходящими СЛ, а со своим УВС — входящими СЛ. Нумерация на таких сетях — шестизначная, первая цифра является кодом узла, а первая и вторая цифры вместе — кодом РАТС. Соединительный тракт на сети с УВС состоит из следующих семи участков: Аб. л., РАТС, СЛ, УВС, СЛ, РАТС, Аб. л.

Для построения ГТС с применением УВС и УИС (рис.

9.7) территория города делится на зоны, каждая из которых может включать в себя до десяти узловых районов емкостью до ста тысяч номеров каждый. Связь РАТС своего узлового района выполняется по принципу «каждая с каждой», а с другими узловыми районами — через

УИС и УВС. При таком построении сети принята семизначная нумерация. Первая цифра номера определяет выход к соответствующей зоне — миллионной группе абонентов, вторая — выход к узловому району выбранной миллионной группы, а третья — выход к РАТС, в которую включена линия вызываемого абонента. Соответственно каждая РАТС на такой сети имеет трехзначный код. Соединительный тракт на сети с УВС и УИС включает в себя следующие девять участков: Аб. л., РАТС, СЛ, УИС, СЛ, УВС, СЛ, РАТС, Аб. л.

При построении ГТС часто возникает необходимость телефонизации компактно расположенных групп абонентов, удаленных на сравнительно большое расстояние от АТС. С целью уменьшения затрат на абонентские линии в этом случае оказывается целесообразным «вынести» ступень абонентского искания АИ за пределы РАТС и расположить в непосредственной близости от абонентских пунктов. Такое «вынесенное» станционное оборудование называют *подстанцией (ПС)*. Нумерация абонентских линий ПС входит в номерную емкость опорной АТС. Длина абонентских линий при использовании ПС сокращается, чем достигается существенное снижение капитальных затрат на линейные сооружения.

При этом число соединительных линий между ПС и опорной АТС сравнительно мало. Так, если емкость ПС составляет 1000 абонентских линий, то при потерях сообщения 0.005 достаточно 140—160 соединительных линий между ПС и опорной АТС. В СССР разработаны и выпускаются координатные подстанции ПСК-1000 и ПСК-100 емкостью соответственно на 1000 и 100 номеров. Такие подстанции могут включаться в

Рис. 9.8. Схема включения координатной подстанции ПСК-100 в декадно-шаговую АТС с использованием двухпроводных линий

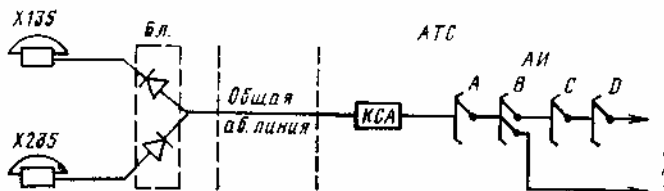
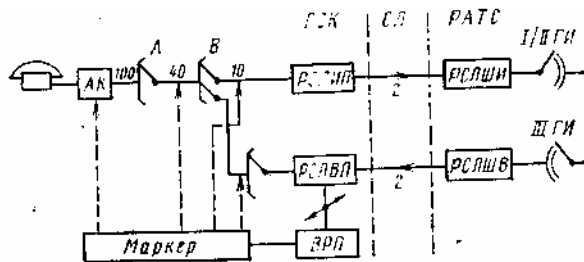


Рис. 9.9. Схема спаренного включения телефонных аппаратов в координатную АТС

декадно-шаговые или координатные опорные АТС. Функциональная схема включения ПСК-100 в РАТС декадно-шаговой системы показана на рис. 9.8 (междугородная связь не показана). Экономичность применения ПС будет тем выше, чем дальше она расположена от опорной АТС.

Затраты на абонентские линии могут быть сокращены при использовании спаренного включения телефонных аппаратов, т. е. если два телефонных аппарата подключаются к одной общей телефонной линии, однако каждому аппарату присваивается свой абонентский номер. Спаренное включение аба-

нентских аппаратов производится с помощью несложных диодных приставок (блокираторов), смонтированных в спаренных телефонных аппаратах. На станции, например, АТСК общие линии включаются через комплекты спаренных аппаратов КСЛ в выделенные коммутационные блоки *AB* ступени абонентского искания (рис. 9.9). При разговоре по одному аппарату второй отключается от общей абонентской линии с помощью диодов блокиратора. Диоды изменяют свою проводимость в зависимости от полярности напряжения, подключаемого к абонентской линии стационарным комплектом КСА. Избирательность вызова одного абонента и выключение второго при занятии общей линии исходящим или входящим соединением обеспечивается изменением полярности напряжения на проводах *a* и *b*; общей линии, поскольку устанавливаемые на входах аппаратов диоды включены противоположно друг другу. При этом номера спаренных аппаратов отличаются цифрой тысяч и сотен.

Эффективность применения спаренного включения абонентских аппаратов определяется экономией, полученной благодаря сокращению числа абонентских линий. Однако, учитывая дополнительные расходы, связанные с установкой блокираторов и КСА, применение спаренных включений становится целесообразным по капитальным затратам, как показывают расчеты, начиная примерно с 0,7—1,0 км.

В условиях недостаточного развития линейной сети спаренное включение аппаратов является эффективным способом снижения затрат на абонентские линии. Однако удобства в пользовании телефонной связью для абонентов при этом снижаются, так как при разговоре одного из абонентов, имеющих спаренный аппарат, другой абонент отключается от линии и не может вызывать и быть вызванным. Поэтому доля спаренных аппаратов на городских телефонных сетях, по мере их развития, должно уменьшаться.

В последние годы на телефонных сетях Советского Союза начали применять аппаратуру высокочастотного уплотнения абонентских линий (АВУ), обеспечивающую возможность подключения телефонных аппаратов к одной абонентской линии. При этом абоненты, пользующиеся одной линией, могут одновременно вести разговоры, не мешая друг другу, так как их разговорные цепи имеют частотное разделение. Аппаратура высокочастотного уплотнения абонентских линий рассчитана для работы на кабельных линиях, затухание которых не превышает 4,3 дБ. Один канал является низкочастотным ФН, а второй высокочастотным.

9.4. Принципы построения сельских телефонных сетей

Сельская телефонная сеть (СТС) предназначена для установления телефонной связи между любыми абонентами в пределах данного сельского административного района, а также для предоставления абонентам данного района выхода на зонную и междугородную сеть. Сельские телефонные сети имеют ряд особенностей, которые в значительной степени определяют принципы построения этих сетей. Как правило, СТС охватывает значительную территорию, на которой абоненты размещаются небольшими группами на значительном расстоянии одна от другой. Это обуславливает применение телефонных станций малой емкости (от нескольких десятков до нескольких сотен номеров) и использование мелких пучков межстанционных линий большой протяженности. Указанные особенности СТС могут привести к высоким капитальным затратам и эксплуатационным расходам, в связи с чем здесь требуются иные способы построения сети и методы ее эксплуатации, чем для городских телефонных сетей. С целью удешевления линейных сооружений на СТС применяются следующие меры:

производится рациональное размещение телефонных станций, благодаря чему создаются условия объединения потоков телефонного сообщения и укрупнения пучков межстанционных линий, а следовательно, и повышения их использования;

допускаются повышенные нормы потерь телефонного сообщения по сравнению с нормами, принятыми на ГТС;

применяются межстанционные линии двустороннего действия и системы частотного и временного уплотнения соединительных линий;

больше чем на городских сетях используется спаренное включение телефонных аппаратов.

Аналогичные меры принимаются и для снижения эксплуатационных расходов на сельских станциях. Так, сельские АТС малой емкости делают необслуживаемыми, а АТС средней емкости — частично обслуживаемыми. С этой целью для сельских АТС используются наиболее надежные коммутационные устройства — многократные координатные соединители, реле, электронные элементы. Оборудование АТС размещается на пылезащищенных стативах шкафного типа. Допускаются большие колебания питающего напряжения. Предусматривается дистанционная сигнализация о повреж-

дениях необслуживаемых АТС и дистанционная проверка оборудования с центрального пункта. Особое значение придается принципам построения СТС. Очевидно, что из-за большой территории, охватываемой одной сельской телефонной сетью, нецелесообразно непосредственное включение всех абонентских линий в одну станцию. Сельская телефонная сеть строится по наиболее экономичной радиально-узловой системе с центральной станцией ЦС в районном центре. Центральная станция является главным коммутационным узлом СТС и одновременно выполняет функции городской телефонной станции райцентра. В населенных пунктах района устанавливаются оконечные станции (ОС), которые включаются непосредственно в ЦС. Такая схема построения сети называется одноступенчатой (рис. 9.10а).

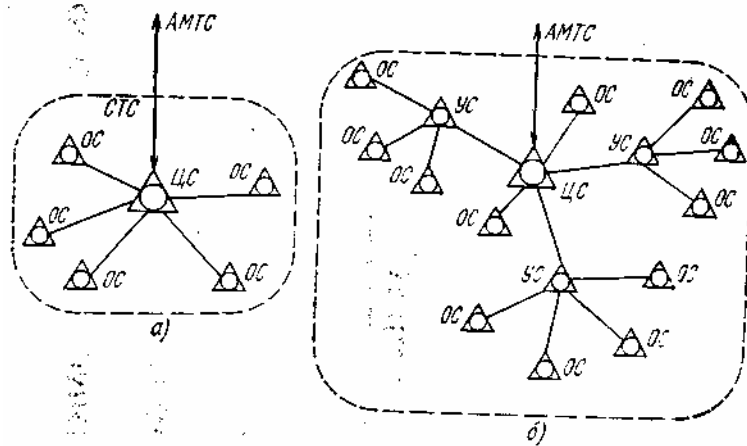


Рис. 9.10. Структуры сельских телефонных сетей

и ЦС выполняют функции телефонной станции для абонентов своего населенного пункта. Помимо укрупнения пучков СЛ, двухступенчатое построение сети позволяет приблизить оконечную станцию к абонентским пунктам и тем самым сократить длину абонентских линий.

Как видно из рис. 9.10б, количество транзитных пунктов будет максимальным при установлении соединения между абонентами оконечных станций различных узлов (ОС—УС—ЦС—УС—ОС). Возможна и непосредственная связь ОС и ЦС, если оконечная станция находится сравнительно недалеко от районного центра. Центральная станция сельской сети ЦС связывается заказно-соединительными и соединительными линиями с междугородной телефонной станцией. Абонентам СТС предоставляется междугородная связь только через ЦС по одному из трех маршрутов: ЦС—МТС, ОС—ЦС—МТС или ОС—УС—ЦС—МТС.

Однако двухступенчатое построение сети имеет и свои недостатки. Прежде всего следует указать на то, что многоступенчатость построения сети вносит дополнительное затухание в разговорный тракт, увеличивает время установления соединения, усложняет и увеличивает объем оборудования сельских АТС и вносит дополнительные потери сообщения. Кроме того, многоступенчатость сети приводит к усложнению организации системы нумерации. Следует также учесть, что чем меньше транзитных пунктов участвует в образовании разговорного тракта, тем лучше качество разговорного тракта и выше надежность функционирования системы.

В перспективе, при более широком применении аппаратуры уплотнения на СТС каналы связи станут более дешевыми. Вместе с этим, по мере укрупнения населенных пунктов в сельской местности и увеличения телефонной плотности, емкость станции увеличится, и поэтому возникнет возможность применения одноступенчатого способа построения сети (ОС—ЦС), что соответствует основным положениям развития системы телефонной связи в Советском Союзе.

9.5. Распределение затухания по участкам разговорного тракта

Анализируя структуру общегосударственной телефонной сети, можно видеть, что она строится по комбинированному принципу с применением узлов различных классов. Благодаря узлообразованию достигается сокращение расходов на линейные сооружения. Однако увеличение числа транзитных пунктов может привести к существенным недостаткам, и в частности к ухудшению качества разговорного тракта, к увеличению его рабочего затухания. Учитывая это, на крупных телефонных сетях число транзитных пунктов ограничивается.

Для общегосударственной автоматически коммутируемой телефонной сети Советского Союза соединительный путь на междугородной сети должен проходить максимально через пять коммутационных участков и не более чем через четыре узла. Это решение вызвано общим требованием, чтобы

соединение на всей коммутируемой сети страны состояло не более, чем из 11 коммутационных участков. Такое максимальное количество коммутационных участков возможно при установлении соединения между двумя абонентами сельской сети, включенными в АТС различных территориальных районов страны. В этом случае маршрут связи будет иметь вид ОС—УС—ЦС—АМТС—УАКП—УАКЛ—УАКМ—УАКН—АМТС—ЦС—УС—ОС. Участки абонентских линий здесь не учитываются.

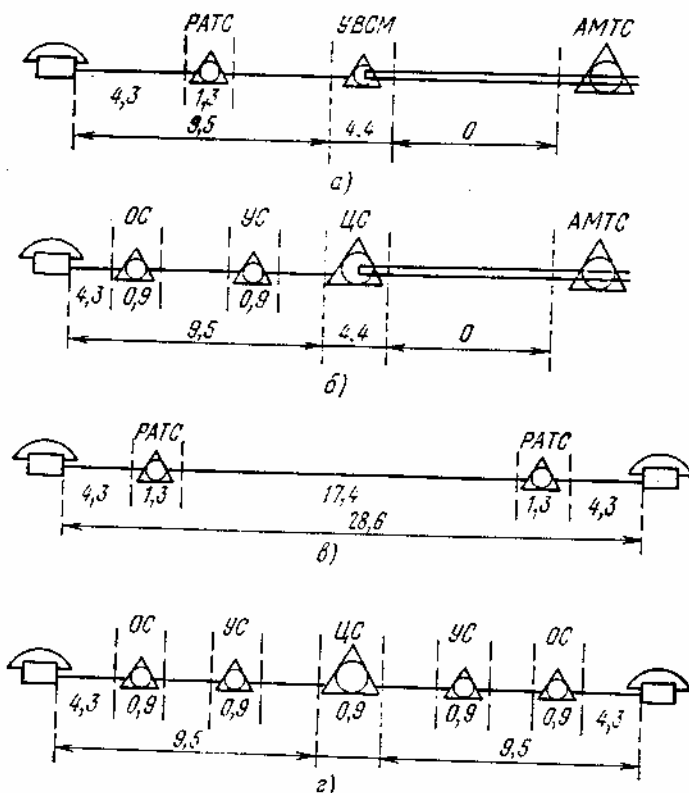


Рис. 9.11. Распределение затухания по участкам зонової и місцевої мережі

240
 используется дифсистема, которая устанавливается на сельской сети на ЦС, а на городской сети на городской узловой станции (узле входящего сообщения УВСМ или узле исходящего сообщения УИСМ). Учитывая это, в системе ОАКТС норма затухания на участке местной телефонной сети при связи с МТС определяется для участка тракта от аппарата абонента до входа в станцию, где установлена дифсистема — 9,5 дБ.

На рис. 9.11 показано распределение затухания по участкам городской и сельской сетей до АМТС. Как видно из рис. 9.11а, норма затухания 9,5 дБ относится не ко всему участку местной сети, а к тракту от аппарата абонента до УВСМ, где включена дифсистема, т. е. где осуществляется переход на четырехпроводную цепь. Следовательно, с точки зрения распределения затухания участком местной сети условно является участок УВСМ — аппарат абонента. Это положение относится как к ГТС, так и к СТС (рис. 9.11б), если переход с двухпроводной на четырехпроводную цепь осуществляется не на АМТС, а на ЦС. На рис. 9.11 величина затухания 4,4 дБ является суммарной и включает в себя как затухание удлинителя (3,5 дБ), так и затухание, вносимое станцией (0,9 дБ). На рис. 9.11

Одним из показателей качества функционирования телефонных сетей является величина затухания передаваемых сигналов между двумя пунктами связи. В соответствии с установленными системой ОАКТС нормами затухание разговорного тракта между любыми двумя абонентами телефонной сети страны не должно превышать 29,5 дБ на частоте 800 Гц. Эта величина согласно рекомендациям ОАКТС распределяется по отдельным участкам междугородного и внутризонового разговорного тракта на телефонной сети страны. Требованиями ОАКТС предусматривается четырехпроводная система коммутации на участках внутризоновой сети ЦС—МТС и УВС—МТС. Для перехода с двухпроводной абонентской линии на четырехпроводную соединительную линию к МТС и обратно ис-

пользуется четырехпроводная соединительная линия к МТС и обратно используется дифсистема, которая устанавливается на сельской сети на ЦС, а на городской сети на городской узловой станции (узле входящего сообщения УВСМ или узле исходящего сообщения УИСМ). Учитывая это, в системе ОАКТС норма затухания на участке местной телефонной сети при связи с МТС определяется для участка тракта от аппарата абонента до входа в станцию, где установлена дифсистема — 9,5 дБ.

приводится также распределение затухания по участкам разговорного тракта местной сети.

В соответствии с нормами, установленными ОАКТС, максимальное затухание между аппаратами любых двух абонентов при связи на местной сети (ГТС или СТС) не должно превышать 28,6 дБ. На рис. 9.11в показана схема связи между абонентами на город-

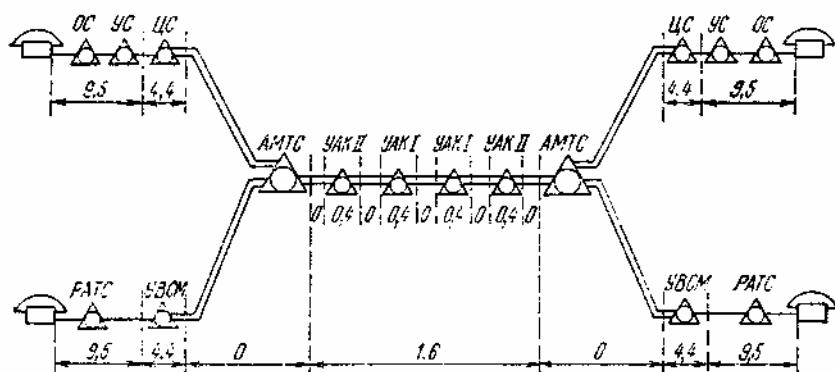


Рис. 9.12. Распределение затухания по участкам ОАКТС

ской районированной сети, построенной по системе «каждая с каждой». Здесь обязательным является нормирование значений затуханий абонентской линии (4,3 дБ) и вносимого затухания РАТС (1,3 дБ). Затухание СЛ между РАТС должно быть таким, чтобы общее затухание тракта между абонентами не превышало 28,6 дБ. На сельской сети (рис. 9.11z), нормируются величина затухания от аппарата абонента до ЦС (9,5 дБ) и вносимые затухания ОС, УС и ЦС (0,9 дБ).

На рис. 9.12 приведена схема распределения затухания разговорного тракта по участкам общегосударственной автоматически коммутируемой телефонной сети. При четырехпроводной связи, с применением аппаратуры уплотнения транзитные участки не вносят затухания или, иначе говоря, сумма усиления компенсирует сумму затуханий, вносимых в разговорный тракт. На междугородной сети затухание вносят лишь узлы автоматической коммутации (УАК I и УАК II).

При распределении затухания по участкам разговорного тракта установлены следующие нормы:

затухание абонентской линии, дБ, не более	4,3
затухание, вносимое станционными сооружениями ОС, УС, ЦС, УИС, УВС, МТС при двухпроводной коммутации разговорного тракта, дБ, не более	0,9
затухание, вносимое станционными сооружениями УС, ЦС, УИС, УВС, МТС при четырехпроводной коммутации разговорного тракта, дБ	0
затухание вносимое станционным оборудованием РАТС, дБ, не более	1,3
затухание, вносимое оборудованием узла автоматической коммутации (УАК), дБ	0,4
затухание вносимое дифсистемой (остаточное затухание на одном конце канала), дБ	3,5

Как видно из рис. 9.12, суммарное значение затухания между предельно удаленными друг от друга абонентами составляет не 29,5 дБ, как это установлено в ОАКТС, а 29,4 дБ, что объясняется некоторыми допущенными округлениями сотых долей значений затуханий на отдельных участках тракта передачи.

9.6. Система нумерации

Одним из важных вопросов комплексной автоматизации телефонной связи является разработка общей системы нумерации абонентов сети страны, так как осуществление автоматической связи на общегосударственной телефонной сети невозможно без создания общей для всей страны системы нумерации. Под системой нумерации понимается определенная характеризующая телефонный адрес вызываемого абонента комбинация цифр, которую должен передать на телефонную станцию вызывающий абонент. Для передачи номерной (адресной) информации используются номеронабиратели или кнопочные тастатуры телефонных аппаратов.

Основными требованиями к системам нумерации являются минимальная значность номера и неизменность системы нумерации в течение длительного времени (до 50 лет). В минимальном числе знаков номера заинтересован не только абонент, для которого набор большого количества цифр является неудобным и занимает много времени. Это также нежелательно потому, что приводит к увеличению времени занятия приборов и межстанционных линий и каналов связи. Немаловажное значение имеет и износ номеронабирателей телефонных аппаратов и увеличение потерь вызовов из-за неправильного набора номера при увеличении значности номера абонента.

Нумерация может быть закрытой и открытой. *Закрытой (единой) системой нумерации* называется такая нумерация, при которой абонент вызывается набором одного и того же номера независимо от места нахождения вызывающего пункта. В этом случае за каждым абонентом закрепляется один определенный номер для вызова с любой станции независимо от расстояния и количества промежуточных пунктов, через которые устанавливается данное соединение. Таким образом, при закрытой системе нумерации номер вызываемого абонента не зависит от вида связи — междугородная или местная связь, так как его номер является единым и определяется общей телефонной емкостью страны. *Открытой системой нумерации* называется такая система, при которой для вызова абонента используются номера двух типов: сокращенный номер при внутренних соединениях в пределах своей сети или станции и полный номер при вызове данного абонента абонентами других сетей (зон). Могут быть и комбинированные открыто-закрытые системы нумерации. Например, при зонной и местной связи может использоваться закрытая система, а при зонной и междугородной связи — открытая система.

При междугородной связи в большинстве случаев применяется открытая система нумерации с переменным и постоянным междугородными кодами. Если междугородный код изменяется в зависимости от месторасположения пункта, с которого производится набор номера, то такая система нумерации называется *системой с переменным кодом*. В данной системе нумерации число цифр междугородного кода различно и зависит от количества транзитных пунктов, через которые устанавливается соединение. Если же для соединения с абонентом определенного пункта страны набирается один и тот же междугородный код, то такая система нумерации называется *системой с постоянным кодом*.

В общегосударственной автоматически коммутируемой телефонной сети принята открытая система нумерации с постоянным кодом. Междугородный номер абонента на сети страны содержит де-

сять цифр и имеет следующую структуру — $ABC\ ab\ xxxxx$, где ABC — трехзначный междугородный код зоны, ab — двузначный внутризоновый код, а последние пять цифр $xxxxx$ — пятизначный местный номер абонента. В соответствии с принятым в Советском Союзе зональным принципом нумерации вся территория страны разделена на отдельные зоны с единой семизначной нумерацией абонентов в пределах зоны. Всего на территории СССР образовано 166 зон, следовательно, намечено 166 кодов ABC .

Таким образом, междугородный номер абонента состоит из двух частей — кода города (зоны) из трех цифр и зонального номера абонента из семи цифр. Количество цифр в междугородном коде равно трем, потому что число зон в СССР больше 100 и меньше 1000.

При автоматической междугородной связи абонент прежде всего должен набрать установленный (единый в СССР) индекс выхода на АМТС — цифру 8, затем код зоны ABC и после этого семь цифр номера абонента местной сети. Например, для связи с абонентом Ленинграда необходимо после набора цифры 8 набрать код Ленинграда — 812 и семизначный местный номер вызываемого абонента. Следует еще раз отметить, что этот код является единым и не зависит от того, из какого города страны производится вызов.

Если местный номер имеет меньше семи знаков, то перед номером абонента набирается один выравнивающий (дополнительный) нуль при шестизначной нумерации или два нуля — при пятизначной нумерации. Набор дополнительных нулей необходимо для того, чтобы обеспечить равное количество цифр во всех номерах. Это важно для аппаратуры автоматического управления.

При автоматической зональной телефонной связи, т. е. если абонент желает вызвать другого абонента своей зоны, код зоны ABC не набирается. В этом случае после индекса выхода на МТС (цифры 8) набирается направляющий внутризоновый индекс — цифра 2, а затем зональный номер — $ab\ xxxxx$. Таким образом, при автоматической зональной телефонной связи номер будет иметь структуру $82\ ab\ xxxxx$. Из сказанного ясно, что система нумерации, принятая в СССР, является открытой, так как могут набираться номера двух типов: $ABC\ ab\ xxxxx$ — при междугородной связи и $ab\ xxxxx$ — при зональной связи. Отсюда также видно, что в качестве первой цифры междугородного кода зоны, т. е. в качестве A , не может быть использована цифра 2, так как она используется в качестве внутризонового индекса. Кроме того, в качестве первого знака междугородного кода (A) нельзя использовать также цифру 1, так как она используется для связи с междугородными службами АМТС. Для служб АМТС (заказная служба, стол справок, междугородная служба немедленной системы, международная связь и др.) выделены двузначные коды, начинающиеся с цифры 1. В этом случае после набора индекса выхода на АМТС (цифры 8) набирается не код зоны, а цифра 1, определяющая потребность связи с одной из служб АМТС, а следующая цифра указывает номер службы. Например, для выхода на автоматическую международную станцию набирается 8 10. Вызов ручной международной станции производится набором 8 19. Остальные номера 8 11—8 18 — используются для связи с другими службами АМТС. Таким образом, в качестве первой цифры междугородного кода A могут быть использованы все цифры, за исключением 1 и 2. Остальные две цифры кода B и C могут быть любыми.

Общая система нумерации, разработанная для ОАКТС, предъявляет определенные требования к системам нумерации местных сетей. Значность абонентских номеров на ГТС зависит в основном от емкости сети, т. е. от количества включенных в данную сеть телефонных аппаратов. Так как нумерация принимается на длительный период времени, то при определении ее значности заранее закладываются резервы абонентских номеров на дальнейшее развитие сети. Кроме того, неизбежны потери абонентских номеров из-за невозможности использования всех номеров без неоправданного усложнения автоматического оборудования и сети межстанционных соединительных линий. Практически коэффициент использования номерной емкости на местных сетях составляет в лучшем случае 60—70%.

На городских телефонных сетях, как правило, применяется система нумерации с номерами одинаковой значности, т. е. закрытая система нумерации. Если на ГТС принята семизначная нумерация, то местный и зональный абонентские номера совпадают. Абонентский номер состоит из нескольких частей. Например, на районированной городской телефонной сети абонентский номер состоит из кода станции и собственного внутристанционного номера. *Кодом* (индексом) *станции* называется цифра или комбинация цифр, определяющая номер районной АТС (РАТС), в которую включена линия вызываемого абонента. Количество цифр кода зависит от емкости станции и сети. На сети с пятизначной нумерацией код станции будет однозначным. На сетях с шестизначной нумерацией код станции будет двузначным, причем первая цифра кода характеризует номер сотысячного узлового района, а вторая цифра — номер районной АТС в пределах узлового района. При семизначной нумерации номер абонента будет состоять из двузначного кода (ab) сотысячного узлового района и пятизначного номера абонента в этой сотысячной группе.

Каждой сельской сети, являющейся местной сетью, выделяется одна сотысячная группа номеров

из общей номерной емкости зоны, т. е. для каждого административного сельского района выделяется стотысячная емкость. Следовательно, нумерация абонентских линий на сельской сети будет пятизначной. Каждой сельской сети присваивается *внутризоновый код* типа *ab*, который вместе с пятизначным номером абонента составляет семизначный *зоновый номер*. Внутризоновый код *ab* определяет номер сельской телефонной сети в данной зоне. В качестве цифры *a* можно использовать все цифры, кроме 8 и 0, а в качестве цифры *b* — любые цифры. Поэтому номерная емкость зоновой сети может быть максимально разной восьми миллионам номерам.

Таким образом, сельская телефонная сеть характеризуется пятизначным абонентским номером, который состоит из кода (номера станции) и номера абонента на станции (внутристанционного номера).

На сельских телефонных сетях могут применяться как закрытая, так и открытая системы нумерации абонентских линий. При закрытой системе нумерации все станции сельской телефонной сети должны быть оборудованы пятизначными регистрами, благодаря чему все абонентские линии сети будут иметь пятизначную нумерацию, т. е. каждый телефонный аппарат будет вызываться набором одного и того же пятизначного номера независимо от местонахождения аппарата, с которого производится вызов. При открытой системе нумерации внутристанционная связь осуществляется набором сокращенного двух- или трехзначного номера. Это прежде всего применяется на узловых и оконечных станциях, которые предназначаются, главным образом, для нужд внутристанционной связи колхозов и совхозов. В этом случае, при необходимости выходя за пределы своей АТС, набирается вначале *индекс выхода на вышестоящую станцию (УС или ЦС)*, а затем единый пятизначный номер вызываемого абонента сельской телефонной сети. В качестве индекса выхода обычно используется цифра 9.

Большим преимуществом закрытой системы нумерации является однозначность, что позволяет пользоваться, одним и тем же номером для вызова абонента независимо от того, местное или междугородное соединение требуется. Недостатком закрытой системы нумерации является набор лишних знаков при местной связи, что усложняет оборудование телефонных станций. В АТС декадно-шаговой системы каждая дополнительная цифра номера, как правило, требует установки дополнительной ступени искания. В регистровых системах увеличение значности номера также ведет к удорожанию станционного оборудования, хотя и не столь значительному. Поэтому закрытая система нумерации при междугородной связи не находит широкого распространения. Эта система нумерации используется в основном в странах с небольшой территорией и небольшим числом населенных пунктов, а также на местных и зоновых сетях.

Применение той или иной системы нумерации зависит от технических возможностей сельских АТС, от степени автоматизации телефонной связи данного района и автоматизации междугородной связи. Необходимо при этом также учитывать удобство пользования телефонной связью. В настоящее время, когда еще не завершена полная модернизация оборудования сельской телефонной сети, наиболее целесообразной является открытая система нумерации, которая в большей степени приспособлена к существующему оборудованию АТС. Техническая реализация открытой нумерации проще, а в случае применения безрегистровых систем АТС открытая система нумерации является единственно возможной. Кроме того, как преимущество можно указать и то, что открытая система нумерации позволяет устанавливать внутристанционные соединения набором сокращенного номера. В то же время эту особенность можно отнести и к недостаткам открытой нумерации, так как каждая абонентская линия должна иметь два разных номера: один для внутристанционной связи, другой для меж-

станционной связи. Это создает неудобства для абонентов, связанные с наличием нескольких разновидностей номеров.

В дальнейшем, по мере развития СТС, повышения телефонной плотности, увеличения числа квартирных абонентов и доли внешних сообщений, будет происходить также обновление оборудования сельских АТС. Уже сейчас внедрение современных регистровых систем АТС позволяет осуществлять постоянный переход от открытой системы нумерации на единую пятизначную

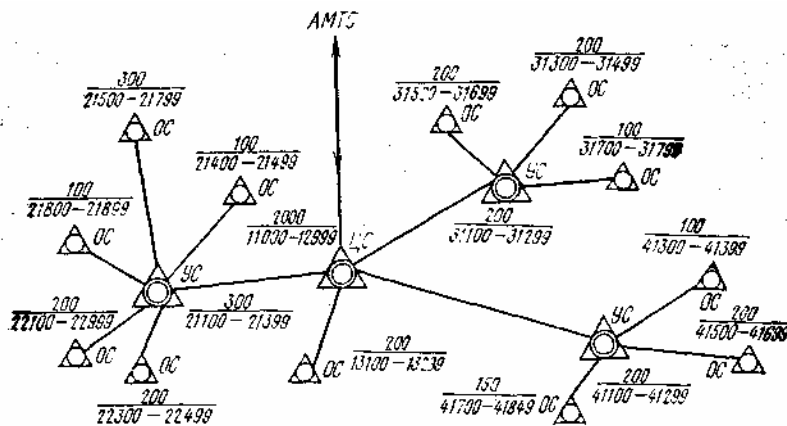


Рис. 9.13. Пример единой пятизначной нумерации на СТС

систему нумерации. Пример структуры сельской сети с единой пятизначной нумерацией приведен на рис. 9.13. Наряду с обычными абонентскими номерами, на местных телефонных сетях применяются сокращенные номера для вызова специальных служб. Введение сокращенных номеров для вызова спецслужб облегчает их запоминание, сокращает время установления соединений и объем стационарных сооружений, так как соединение происходит через сокращенное количество ступеней искания.

На сельских телефонных сетях при применении единой системы пятизначной нумерации вызов спецслужб, расположенных в райцентре, осуществляется из любого пункта (как и на городских сетях) набором сокращенных номеров 01—09. Выход на АМТС производится набором индекса 8.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МЕЖДУГОРОДНЫХ ТЕЛЕФОННЫХ СТАНЦИЙ

10.1. Общие сведения

Назначением междугородных телефонных станций является коммутация соединительных линий местных сетей и междугородных каналов с целью установления соединения между собой абонентов любых отдаленных друг от друга населенных пунктов страны. Аппаратура коммутации междугородных телефонных станций отличается по своим эксплуатационно-техническим качествам от аппаратуры местных телефонных станций.

Аппаратура МТС должна обеспечивать коммутацию как автоматическим, так и ручным способами. Это объясняется крайней ограниченностью числа и высокой стоимостью каналов в отдельных направлениях. В этих случаях ручной способ может обеспечить лучшее использование каналов, чем автоматический. Кроме того, ручной способ может потребоваться при установлении соединений с предоставлением телефонных услуг по просьбе абонентов, например предоставление разговора за счет вызываемого абонента и т. д. Наряду с этим выпускаемое в настоящее время нашей промышленностью оборудование для междугородных станций ручного обслуживания МТС МРУ и коммутатор М-60 должно обеспечивать установление соединений как при ручном, так и при полуавтоматическом способах.

На междугородной телефонной сети применяются четырехпроводные каналы, и поэтому на АМТС коммутация трактов также должна быть четырехпроводной (на местных сетях коммутация разговорных цепей осуществляется, как правило, по двухпроводной схеме). На междугородной телефонной сети из-за значительных расстояний между станциями, а также большого числа возможных транзитов (переприемов) особое внимание уделяется скорости и верности передачи управляющих и линейных сигналов. С этой целью применяется специальная аппаратура, исключающая ложные срабатывания приемников этих сигналов. Важное значение имеет также поддержание в соответствующих точках междугородного разговорного тракта определенных (нормированных) уровней сигналов. Это обеспечивается применением удлинителей, которые можно автоматически включать и выключать из разговорного тракта.

Весьма высокая стоимость каналов междугородной связи по сравнению со стоимостью линий местных сетей повышает значение такого построения коммутационной системы МТС, которое обеспечивает максимальную доступность каналов. Кроме того, особые требования предъявляются к управляющим устройствам МТС из-за необходимости поиска обходных путей для установления соединения при отсутствии основных путей связи (на местных сетях соединение между станциями, как правило, устанавливается по единственному пути).

Все отмеченные выше особенности междугородной телефонной связи потребовали создания специальных междугородных телефонных станций, которые для выполнения своих функций должны быть соединены как с местными телефонными станциями, так и станциями междугородной сети. В

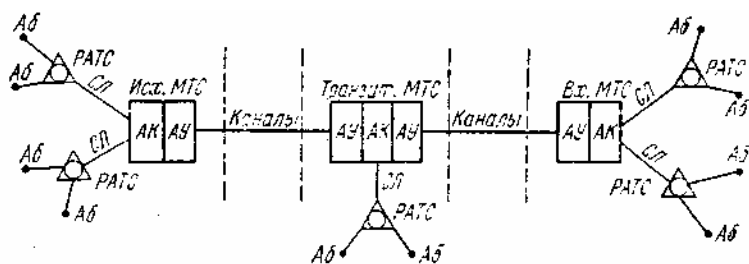


Рис. 10.1. Структурная схема связи между абонентами РАТС различных городов. Каждая МТС содержит оборудование двух типов: каналообразующее оборудование или аппаратуру уплотнения (АУ) и аппаратуру коммутации (АК). Каналообразующее оборудование размещается, как правило, отдельно от коммутационного оборудования. Междугородные телефонные станции соединены между собой каналами, а с городскими РАТС — соединительными линиями. В процессе установления соединений МТС выполняют различные функции, определяющие их названия. Так МТС, которая принимает заказ на соединение от вызывающего абонента, т. е. МТС, на которую поступает вызов от абонента местной сети, называется *исходящей*. Оконечная МТС, которая устанавливает соединение с вызываемым абонентом, называется *входящей*, а МТС, которая устанавливает соединения между двумя другими МТС, — *транзитной*.

качестве примера на рис. 10.1 представлена упрощенная структурная схема междугородной связи между абонентами РАТС, расположенных в различных пунктах страны. Каждая МТС содержит оборудование двух типов: каналообразующее оборудование или

10.2. Способы установления соединений

Междугородные телефонные соединения могут устанавливаться ручным, полуавтоматическим и автоматическим способами. При *ручном способе* соединение устанавливается с помощью коммутационного оборудования, на котором телефонистки осуществляют все необходимые манипуляции.

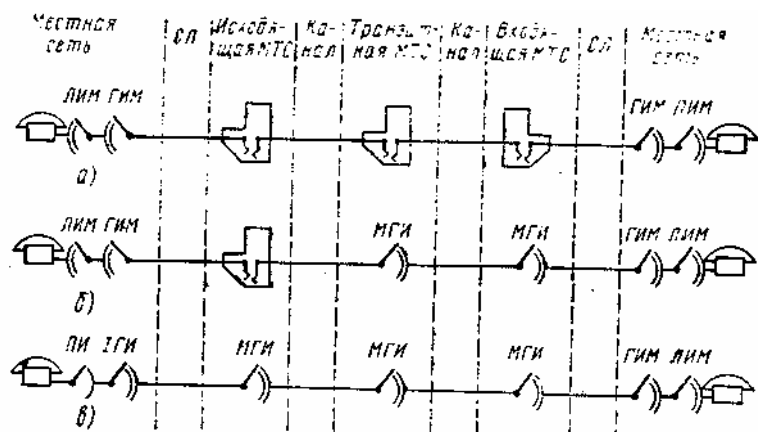


Рис. 10.2. Способы установления соединений

Как видно из рис. 10.2а, при ручном способе соединения на исходящей, транзитной и входящей станциях производятся телефонистками на своих коммутаторах. При *полуавтоматическом способе* в процессе установления соединения участвует лишь одна телефонистка — телефонистка исходящей МТС, которая использует то же коммутационное оборудование, что и при ручном способе. На транзитных и входящих МТС соединение устанавливается автоматически с помощью автоматических коммутационных устройств (рис.

10.2б). Процессом работы приборов автоматики на транзитных и входящих МТС, а также аппаратурой автоматической связи на местных сетях управляет телефонистка исходящей МТС путем набора междугородного номера вызываемого абонента. При *автоматическом способе* телефонистки не участвуют в установлении соединения, так как весь процесс установления соединения осуществляется с помощью аппаратуры автоматической коммутации, которая действует под управлением самого абонента (рис. 10.2в). На основе адресной (номерной) информации, поступающей при наборе абонентом междугородного номера, приборы автоматической связи производят поиск свободных путей и устанавливают соединение как на междугородной, так и местной сети с требуемым абонентом. Отбой и разъединение установленного соединения также осуществляется автоматически при повешении абонентом микрофонной трубки.

Сравнивая три способа установления соединения, можно видеть, что автоматизация междугородной телефонной связи позволяет ускорить процесс коммутации, особенно при наличии транзитных пунктов. Это дает возможность образования большого числа транзитных пунктов, что может оказаться существенным фактором при построении телефонной сети. При ручном способе наличие транзитной МТС сильно затрудняет процесс установления соединения. Кроме того, в значительной степени эксплуатационные расходы при автоматизации уменьшаются за счет сокращения затрат на содержание штата телефонисток. Однако следует отметить, что капитальные затраты на строительство автоматических МТС значительно выше затрат на строительство МТС ручного обслуживания. Кроме того, надо иметь в виду, что для эксплуатации автоматических междугородных станций требуется более квалифицированный состав инженерно-технических работников. Однако значительное уменьшение ручного труда, удобства для абонентов и другие эксплуатационно-технические преимущества делают автоматический и полуавтоматический способы установления соединений достаточно рентабельными и целесообразными, и поэтому в настоящее время они интенсивно внедряются в эксплуатацию.

10.3. Системы обслуживания заявок

В зависимости от требований, предъявляемых к междугородной телефонной связи, и уровня ее развития на МТС могут применяться различные системы обслуживания заявок. Каждая система обслуживания заявок характеризуется своими качествами и определяет технические особенности, состав оборудования МТС и ее стоимость. Поэтому выбор той или иной системы обслуживания заявок решается в зависимости от конкретных требований, возможностей и условий функционирования МТС. В настоящее время на междугородных сетях страны телефонная связь осуществляется по заказной и немедленной системам обслуживания с использованием ручного и полуавтоматического способов установления соединений.

Заказной системой обслуживания называется система, при которой прием заказов на установление междугородных соединений и сам процесс выполнения этих заказов производится различными

телефонистками на различных рабочих местах (коммутаторах). Прием заказов осуществляется телефонистками заказных коммутаторов, а соединения — телефонистками междугородных коммутаторов, в которые включаются междугородные каналы. Вызов МТС для заказа междугородного разговора при заказной системе обслуживания осуществляется по заказным линиям ЗЛ, включенным в коммутационную систему ЛИСпец, набором сокращенного номера 07 (рис. 10.3). Телефонистка заказного коммутатора ЗК, приняв заказ от абонента, заполняет бланк с данными, необходимыми для выполнения заказа. Заполненный бланк направляется на тот междугородный коммутатор МК, в который включены междугородные каналы требуемого направления. Телефонистка МК производит соединение в порядке очереди поступления заказов. При освобождении канала теле-

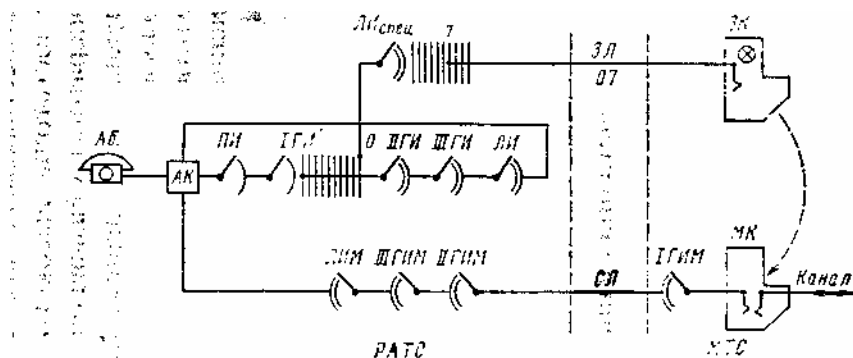


Рис. 10.3. Связь между РАТС и МТС при заказной системе обслуживания вызовов

фонистка МК набирает номер вызываемого абонента, устанавливая соединение с ним через соединительную линию СИ и специальные приборы междугородного соединительного пути (ГИМ, ЛИМ), который имеет такое же число ступеней искания, как и местный путь.

В качестве примера на рис. 10.3 показана связь МТС с городской АТС шаговой системы. Применение специальных соединительных путей (междугородного шнура) обеспечивает возможность предоставления междугородной связи определенных преимуществ, направленных на повышение использования дорогостоящих междугородных каналов. Необходимость таких преимуществ объясняется тем, что доля вызовов, закончившихся разговорами, среди всех возникающих вызовов сравнительно низка и составляет около 55—60%. При этом в основном вызовы не заканчиваются разговорами из-за занятости линий и абонентов. Такое низкое использование дорогостоящих каналов и оборудования МТС недопустимо. Поэтому через специальные ступени искания (ГНМ—ЛИМ) телефонистка имеет возможность подключиться к линии абонента, занятого местным соединением, и с согласия абонента нарушить это соединение в пользу междугородного.

Кроме того, при заказной системе обслуживания с целью повышения использования междугородных каналов возможна предварительная подготовка абонентов для очередного разговора. В этом случае телефонистки обеих МТС по согласованию между собой вызывают и подготавливают к соединению следующих очередных абонентов за то время, пока два предыдущих абонента ведут междугородный разговор. Благодаря этому телефонистки исходящего и входящего пунктов могут сразу же после окончания ведущегося разговора подключить освободившийся канал к линиям предварительно подготовленных абонентов. Этим самым возможные простои междугородных каналов доводятся до минимума.

Следует отметить, что заказные линии используются лишь только для заказа разговора и ни в коем случае для ведения междугородного разговора. Заказная линия не включается в общую междугородную сеть, а служит лишь для связи ГТС и МТС. Так как ЗЛ не рассчитаны на ведение по ним междугородных телефонных разговоров, то они могут не отвечать требованиям по нормам затухания. Сооружение таких линий требует меньших затрат. Заказная система обслуживания вызовов при всех видах связи (исходящие, входящие, транзитные) может быть реализована лишь ручным способом установления соединения.

При *немедленной системе обслуживания* заявок прием заказов от абонентов и установление соединений производятся одной и той же телефонисткой на междугородном исходящем коммутаторе. Немедленная система позволяет значительно сократить время на одно соединение за счет упрощения процесса обработки заказов и ликвидации этапов передачи заказа от заказных коммутаторов на междугородные.

Все исходящие МК делятся на группы, за каждой из которых закрепляются каналы определенных направлений связи. При этом любая телефонистка группы может занять любой свободный канал из числа закрепленных за этой группой и установить междугородное соединение. Заказ междугородного разговора при *немедленной системе обслуживания* может быть осуществлен также набором сокращенного номера 07. Кроме того, вызов МТС может производиться набором полного номера, принятого на данной местной сети (рис. 10.4). Для входящей связи на МТС, работающих по *немедленной системе обслуживания*, предусматриваются входящие междугородные коммутаторы, которые также

разбиваются на группы коммутаторов по направлениям связи. При поступлении входящего вызова на всех рабочих местах, обслуживающих входящие соединения этого направления, загораются вызывные лампы занятого канала. Одна из свободных телефонисток может, подключившись к каналу, по которому поступил вызов, соединиться с телефонисткой исходящей МТС и на основе полученного номера установить связь через соединительную линию с требуемым абонентом.

При немедленной системе обслуживания заявок можно использовать полуавтоматический способ установления соединения. В этом случае входящее соединение устанавливается без участия телефонистки на входящей МТС, с помощью аппаратуры автоматики. На рис. 10.4 показан вариант автоматического входящего соединения, при котором основным автоматическим коммутационным устройством является междугородный групповой искатель МГИ с помощью которого производится выбор направления связи. При входящей оконечной связи междугородный канал через МГИ подключается к ИГИМ. В поле ИГИМ включены СЛ к РАТС местной сети.

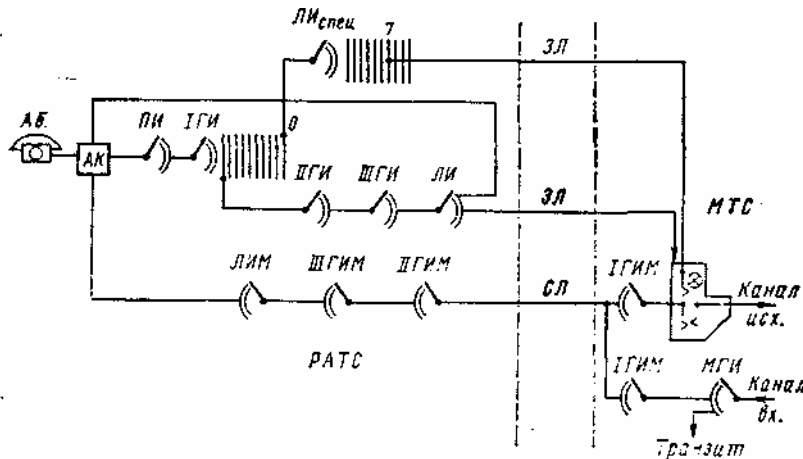


Рис. 10.4. Организация связи при немедленной системе обслуживания вызовов

В МТС новых типов, работающих по немедленной системе обслуживания, предусматривается возможность использования заказно-соединительных линий ЗСЛ, по которым можно производить и заказ и междугородный разговор. В этом случае телефонистка исходящего междугородного коммутатора, приняв заказ, может сразу же при наличии свободного исходящего канала в требуемом направлении установить необходимое соединение. Следует, однако, иметь в виду, что в большинстве случаев телефонистка должна произвести набор номера вызвавшего абонента и установление соединения с ним через СЛ с целью проверки правильности собственного номера, названного абонентом. В некоторых МТС современных типов такой контроль не производится, так как одновременно с поступлением вызова по заказно-соединительной линии на световом табло коммутатора фиксируется номер вызывающего абонента.

Немедленная система является также системой с ожиданием, но время ожидания значительно меньше, чем при заказной системе обслуживания. В большинстве случаев абоненты получают соединение немедленно или же после небольшого ожидания, не вешая микрофонной трубки. При таком обслуживании примерно 50% вызовов удовлетворяются немедленно с ожиданием до 2 мин; около 40% вызовов — с ожиданием до 10 мин и примерно 10% — с ожиданием более 10 мин.

Сравнивая эти две системы обслуживания вызовов, можно констатировать, что более удобной для абонентов является немедленная система обслуживания, особенно если она осуществляется полуавтоматическим способом. В этом случае в еще большей степени сокращается штат телефонисток, ускоряется процесс установления соединений и повышается эффективность использования каналов по сравнению с ручным способом установления соединения. К недостаткам заказной системы обслуживания следует также отнести сравнительно большое время ожидания предоставления разговора. Кроме того, заказная система обслуживания, которая осуществляется обычно ручным способом, ограничивает возможность транзитных соединений.

С точки зрения использования каналов предпочтение следует отдать заказной системе, при которой поступающая в ЧНН нагрузка всегда превышает пропускную способность каналов; для такой системы характерно наличие постоянной очереди абонентов, ожидающих освобождения каналов. Благодаря этому создаются условия для использования каналов почти без простоев. Однако в связи с ростом междугородного телефонного обмена и увеличением числа каналов связи использование каналов при заказной и немедленной системах обслуживания становится почти одинаковым.

Комбинированная система обслуживания, которая является совмещением заказной и немедленной систем, предусматривает обслуживание одной части направлений только по заказной системе, а другой части — только по немедленной. Кроме того, комбинированная система позволяет одно и то же направление в часы большей нагрузки (в дневные часы) обслуживать по заказной системе, а в часы малой нагрузки (в вечерние и ночные часы) — по немедленной. Выпускаемое промышленностью оборудование МТС для комбинированной системы обслуживания вызовов удовлетворяет всем тре-

бованиям как заказной, так и немедленной системы обслуживания и позволяет переключать каналы любых направлений с заказной системы обслуживания вызовов на немедленную и наоборот.

Кроме перечисленных существует *скорая система* обслуживания заявок, которая применяется лишь при автоматическом способе установления соединения. По принципу организации и построения скорая система не отличается от обычной автоматической телефонной связи.

10.4. Транзитные соединения. Уровни разговорных токов

Разговорные тракты в пределах междугородных телефонных станций и узлов автоматической коммутации должны быть построены таким образом, чтобы они не ухудшали качества передачи информации. Поэтому нормируются вносимое и переходное затухания, диаграмма уровней, частотная и амплитудная характеристики и другие параметры разговорных трактов в пределах АМТС и УАК. К коммутационным системам предъявляется ряд требований, основными из которых являются:

высокое качество разговорного тракта в пределах станции или узла (надежность контакта, низкий уровень помех);

возможность коммутации не менее четырех проводов;

возможность образования крупных полnodоступных групп линий;

достаточная защищенность от переходных разговорных токов;

высокое быстродействие при установлении соединения.

На междугородной телефонной сети различают транзитные соединения трех видов: постоянный транзит, транзит по расписанию и транзит по требованию (оперативный транзит). *Постоянный транзит* и *транзит по расписанию* осуществляются в линейно-аппаратном цехе (ЛАЦ). Постоянный транзит производится в тех случаях, когда между двумя пунктами (МТС) нет постоянной прямой связи и в то же время существует большое тяготение между ними. Учитывая это, в ЛАЦ путем пайки производится соединение каналов этих пунктов (рис. 10.5а). Так как эти соединения осуществляются на длительный период, то такой транзит называется постоянным. В тех случаях, когда между двумя

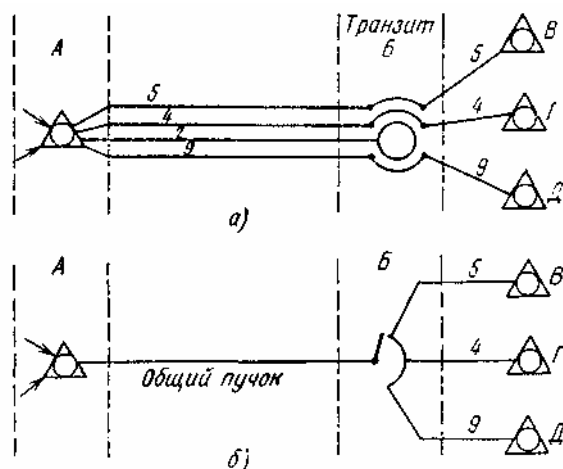


Рис. 10.5. Принцип организации постоянного транзита (а) и транзита по требованию (б)

ограниченное время в соответствии с принятым расписанием.

При *транзите по требованию* соединения осуществляются коммутационным оборудованием лишь на время передачи одной информации в любом направлении и в любое время суток, так как это обычно принято в технике автоматической коммутации (рис. 10.5б). В этом случае появляется возможность объединить мелкие пучки каналов в общий пучок, чем повышается использование каждого канала в пучке. На рис. 10.5 показан пример организации транзита без применения (см. рис. 10.5а) и с применением (см. рис. 10.5б) автоматической коммутации. В первом случае станция А соединяется со станциями Б, В, Г и Д мелкими пучками каналов (соответственно 5, 4, 2 и 9-м каналами) путем кроссировочных соединений (постоянный транзит или транзит по расписанию) в ЛАЦ. Во втором случае, когда в пункте Б создается узел автоматической коммутации, мелкие пучки между пунктами Л и Б объединяются в один пучок, благодаря чему повышается пропускная способность каждого канала в пучке. Это позволяет сократить число каналов между станцией А и узлом Б, не ухудшая качества обслуживания вызовов. Кроме того, транзит по требованию создает больше удобств для абонентов, так как может обеспечить соединение в любое время, если только имеется свободный канал, а не в ограниченное время, предусмотренное расписанием.

Транзитные соединения на МТС осуществляются по системам *четырёхпроводной* (рис. 10.6а) и *двухпроводной* (рис. 10.6б) коммутации. Двухпроводная система коммутации применяется, как правило, при ручном способе

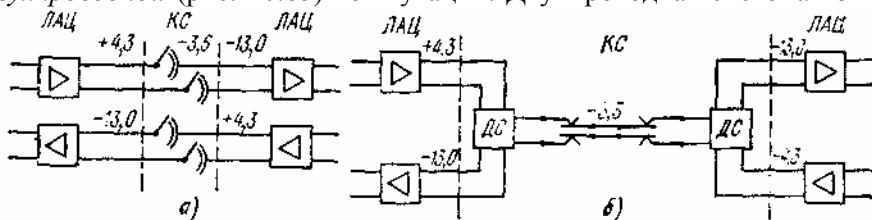


Рис. 10.6. Структурная схема установления транзитных соединений: а — четырёхпроводный транзит автоматическим способом; б — двухпроводный транзит ручным способом

установления соединений. Поэтому для перехода с четырёхпроводной системы построения каналов высокочастотной связи на двухпроводную систему коммутации приходится устанавливать дифсистему (ДС). Применение дифсистемы приводит к снижению устойчивости связи и ухудшает качество передачи, в связи с чем количество двухпроводных транзитов в одном соединении строго ограничивается. По мере автоматизации междугородной телефонной связи основной системой транзита становится четырёхпроводный транзит.

При установлении транзитных соединений необходимо соблюдать принятые нормы затухания и обеспечивать требуемые уровни сигналов в фиксированных точках тракта. На входе низкочастотного канала (на приемном конце) относительный уровень телефонных токов должен быть +4,3 дБ, а на выходе канала (на передающем конце) —13 дБ. В результате для транзитных соединений вносимое затухание коммутационной части тракта МТС должно составлять 17,3 дБ. В точке коммутации относительный уровень разговорных токов составляет —3,5 дБ (см. рис. 10.6б) в обоих направлениях передачи. Достаточно низкий уровень разговорных токов (—3,5 дБ) в точке коммутации уменьшает взаимное влияние цепей через коммутационные устройства (МКС, искатели) и облегчает выполнение требований по норме переходного затухания. Переходное затухание для тракта приема и передачи одной и той же цепи должно быть не менее 50,0 дБ в полосе частот 300—3400 Гц.

Чтобы обеспечить принятые нормы диаграммы уровней канала, в соответствующих точках тракта передачи устанавливаются управляемые и неуправляемые удлинители. В качестве примера на рис.

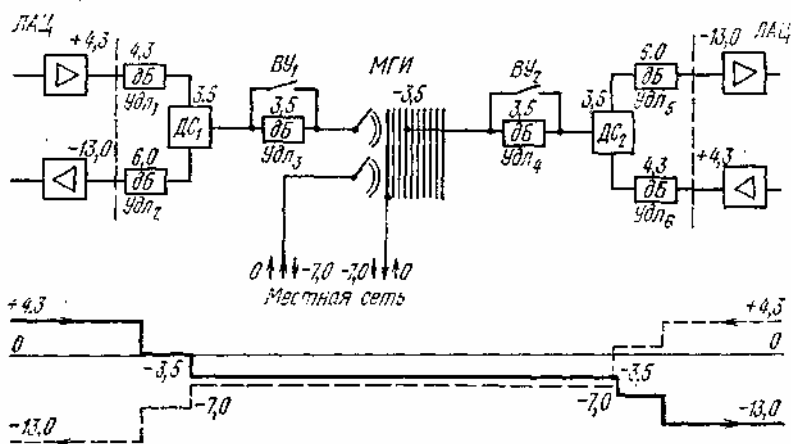


Рис. 10.7. Схема и диаграмма уровней двухпроводного транзита

на приеме (на выходе МТС к направлению к ГТС) должен быть —7,0 дБ, а на передаче, т. е. на входе МТС, в направлении от ГТС 0 дБ (см. рис. 10.7). Уровень сигнала —7,0 дБ при окончательных соединениях на выходе МТС соответствует норме остаточного затухания телефонного канала. Чтобы обеспечить все указанные условия, при транзитных соединениях управляемые удлинители по 3,5 дБ, установленные слева и справа коммутационного устройства (Удл₃ и Удл₄), должны быть выключены. Для этого при установлении транзитного соединения предварительно посылается специальный управляющий сигнал, который вводит в действие реле выключения удлинителей (ВУ₁ и ВУ₂); при срабатывании этих реле удлинители зашунтируются их контактами.

При исходящей и окончательной входящей связи удлинители не выключаются и вместе с дифсистемами (затухание дифсистемы в направлении пропускания равно 3,5 дБ) обеспечивают установленные нормы диаграммы уровня как при транзитных, так и входящих и исходящих соединениях. На рис. 10.7 показана диаграмма уровня при установлении транзитного соединения. Такой же будет диаграмма уровня и при двухпроводном ручном транзите.

при ручном способе установления соединений. Поэтому для перехода с четырёхпроводной системы построения каналов высокочастотной связи на двухпроводную систему коммутации приходится устанавливать дифсистему

10.7 показан принцип построения двухпроводного автоматического транзита. Удлинители, схема включения которых приведена на рисунке, обеспечивают требуемые значения уровней разговорных токов в определенных точках тракта передачи.

Диаграмма уровней должна учитывать требования как транзитных соединений, так и окончательных соединений. При этом возникают дополнительные условия, которые сводятся к следующему: относительный уровень разговорных токов при окончательных соеди-

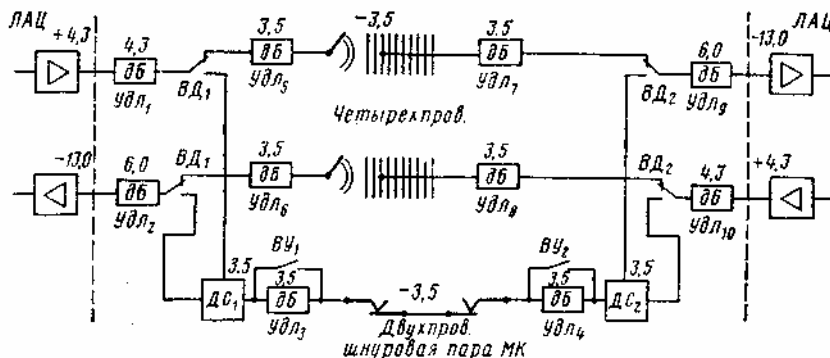


Рис. 10.8. Схема узла смешанного четырехпроводного и двухпроводного транзита

рудованной аппаратурой автоматической коммутации для установления четырехпроводных соединений и аппаратурой ручной коммутации, которая служит для организации лишь двухпроводных соединений. При установлении четырехпроводного транзитного соединения схема не изменяется благодаря постоянно включенным удлинителям, диаграмма уровней разговорных токов полностью соответствует нормам как в направлении передачи, так и приема. Если поступивший вызов требует подключения к аппаратуре двухпроводной связи, то по специальному сигналу замыкается цепь реле включения дифсистемы ВД₁ и его контактами четырехпроводный канал через дифсистему ДС₁ подключается к аппаратуре ручной коммутации. В дальнейшем может произойти соединение либо с абонентом местной или зоновой сети (входящая оконечная междугородная связь), либо транзитное соединение. То же самое происходит при исходящей связи через аппаратуру ручной коммутации, но в этом случае работает реле ВД₂ и включается дифсистема ДС₂ (с целью упрощения схема оконечной входящей и исходящей связи на рис. 10.8 не показана).

Если устанавливается двухпроводное транзитное соединение, то включаются реле ВУ₁ и ВУ₂ и шунтируют удлинители УДЛ₃ и УДЛ₄. При применении постоянного транзита или транзита по расписанию также должны быть соблюдены условия по нормам затухания и уровней телефонных токов в фиксированных точках тракта передачи.

10.5. Характеристика аппаратуры полуавтоматической междугородной телефонной связи

На междугородных телефонных сетях Советского Союза широкое распространение получило оборудование полуавтоматической междугородной телефонной связи с двухчастотным сигнальным кодом. Это оборудование также называется «аппаратурой типовой двухчастотной полуавтоматики», поскольку для передачи различных сигналов в ней используется двухчастотная система сигнализации.

Оборудование полуавтоматики рассчитано на совместную работу без согласующих устройств с типовыми городскими декадно-шаговыми и координатными АТС и с помощью согласовывающих устройств с междугородными коммутаторами различных типов. Оборудование полуавтоматики позволяет организовать оконечную исходящую, входящую и транзитную связь. В качестве основных коммутационных приборов используются декадно-шаговые искатели. На рис. 10.9 приведена упрощенная структурная схема полуавтоматической междугородной телефонной связи между МТС города А, Б и В. На МТС города А размещается оборудование, обеспечивающее только оконечное исходящее соединение, а на МТС города Б — обеспечивающее исходящее, входящее и транзитное соединения. Исходящий согласующий комплект ИСК служит для согласования схем различных междугородных коммутаторов со схемой ИКТН. Исходящий и входящий комплекты тонального набора (ИКТН и ВКТН) являются основными

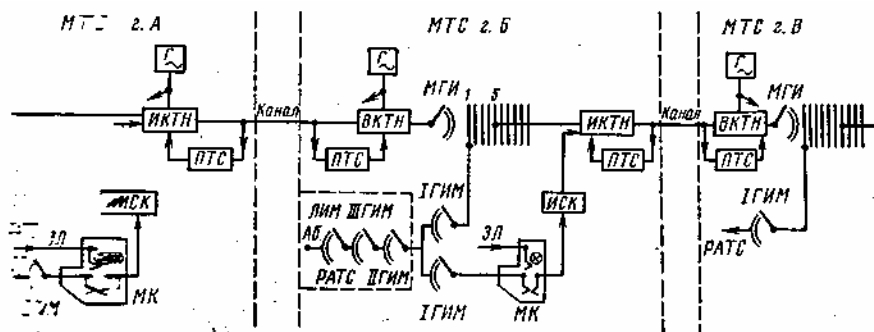


Рис. 10.9. Упрощенная структурная схема полуавтоматической междугородной телефонной связи

ми приборами автоматического управления соединением, обеспечивающими взаимную передачу и прием сигналов между исходящими и входящими станциями. Междугородный канал на исходящем конце подключен к ИКТН, а на входящем конце — к ВКТН. С каждым ИКТН и ВКТН связан приемник тональных сигналов ГТС. Комплект ИКТН имеет один четырехпроводный выход, к которому подключается канал, и три независимых входа: для исходящей связи, в который включается ИСК, для двухпроводного и четырехпроводного транзитов. Комплект ВКТН имеет один четырехпроводный вход, к которому подключается канал, и два независимых выхода — транзитный и оконечный, используемые при установлении оконечной входящей связи к абонентам ГТС. С целью упрощения на рис. 10.9 показаны не все входы и выходы ИКТН и ВКТН.

Междугородный групповой искатель МГИ является основным коммутационным устройством коммутационной системы МТС. Он обеспечивает выход к местной телефонной сети (через ГИМ) и к различным направлениям междугородной сети. Существуют МГИ двух типов: трехщеточные — для двухпроводной коммутации и шестищеточные — для четырехпроводной транзитной связи. Четыре щетки шестищеточного МГИ используются для коммутации четырехпроводного разговорного тракта, а пятая и шестая — для целей управления установлением соединений. Переход с четырехпроводной разговорной цепи на двухпроводную и наоборот осуществляется с помощью дифсистем, установленных в ИКТН и ВКТН. Некоторые из декад МГИ имеют стандартное назначение: первая декада используется для выхода на ГТС, вторая — для выхода на зонную сеть, в нулевую декаду МГИ включаются линии связи со служебной АТС. В остальные семь декад включаются каналы для связи с МТС других городов. Если число направлений междугородной связи больше семи, то могут быть установлены две и даже три ступени МГИ.

Приемник тональных сигналов ПТС служит для приема импульсов тока тональной частоты ($f_1 = 1200$ и $f_2 = 1600$ Гц), преобразования их в импульсы постоянного тока и передачи их соответственно в ВКТН и ИКТН. Генератор тональных сигналов вырабатывает токи сигнальных частот 1200 и 1600 Гц и в комплекте с резервным генератором может обслуживать до 100 каналов.

При полуавтоматической междугородной связи в процессе установления соединения участвует только одна телефонистка междугородного коммутатора исходящей МТС. Для вызова абонента города *Б* телефонистка МТС города *А* прежде всего вставлением штепселя шнуровой пары в гнездо соединительной линии и набором номера вызывает абонента своего города. Второй штепсель этой шнуровой пары телефонистка вставляет в гнездо свободного канала требуемого направления и после перевода опросно-вызывного ключа подключается через ИСК к ИКТН, а следовательно, и к междугородному каналу (см. рис. 10.9). При этом из ИКТН в канал посылается сигнал занятия частотой f_1 . Этот сигнал, поступающий в ВКТН, сначала принимается приемником тональных сигналов ПТС, а затем передается в виде импульса постоянного тока в схему ВКТН, вследствие чего на МТС города *Б* занимают ВКТН и МГИ. Готовность входящей МТС к действию характеризуется подачей из схемы

№. п/п	Сигналы	Частота сигнала и направление передачи
1	Занятие канала	f_1 →
2	Передавайте междугородный код	$f_1 f_2$ ← 425 Гц
3	Набор кода станции	f_1 →
4	Передавайте абонентский номер	$f_1 f_2$ ← MF
5	Набор номера	f_1 →
6	Абонент свободен	← КПВ
7	Ответ вызванного абонента	← Прекращение предыдущего сигнала
8	Отбой от вызванного абонента	$f_1 f_2$ ←
9	Разъединение	$f_1 f_2$ →
10	Освобождение	$f_1 f_2$ ←
Сигналы при занятости вызываемого абонента		
11	Местная занятость	f_1 ←
12	Междугородная занятость	f_1 ← 425 Гц
13	Принудительное разъединение (скидывание)	f_2 →

Рис. 10.10. Система сигнализации при полуавтоматической междугородной связи

ВКТН на исходящую МТС ответного (обратного) сигнала «Передавайте междугородный код» (рис. 10.10). Этот сигнал содержит импульс токов с частотами f_1 и f_2 и акустический сигнал «Ответ станции». Телефонистка набирает код города *Б*. Учитывая, что в рассматриваемом примере устанавливается окончательное соединение, в качестве кода города будет набрана цифра 1.

В аппаратуре полуавтоматики для передачи номерной информации используется декадный способ. Импульсы набора номера передаются по каналу током частотой f_1 , затем преобразуются приемником тональных сигналов в импульсы постоянного тока, транслируются в ВКТН и передаются в схему МГИ. При окончательном соединении в схему МГИ передается один импульс, и щетки МГИ устанавливаются на первую декаду и выбирают свободный I ГИМ. Далее телефонистка исходящей МТС получает сигнал готовности к приему абонентского номера (сигнал «Передавайте абонентский номер»), передаваемый двухчастотным токовым импульсом f_1 и f_2 из схемы ВКТН входящей МТС, который приводит к кратковременному зажиганию сигнальной лампы на коммутаторе исходя-

шей МТС. Кроме того, телефонистке подается акустический сигнал «Механическим голосом» (МГ), который периодически повторяет фразу «Набирайте номер». Телефонистка исходящей МТС набирает номер требуемого абонента, который передается по каналу импульсами тока сигнальной частоты f_1 и поступают в ПТС. Эти импульсы переменного тока после преобразования в импульсы постоянного тока поступают в искатели междугородного шнура городской АТС, что обеспечивает подключение к линии вызываемого абонента.

После окончания *набора* абонентского номера могут быть три случая: абонент свободен; абонент занят междугородным соединением; абонент занят местным соединением. Если линия абонента свободна, то из схемы ВКТН входящей станции подается двухчастотный сигнал «Абонент свободен», который приведет к зажиганию сигнальной лампы. Одновременно в аппарат вызываемого абонента города *Б* подается сигнал посылки вызова, а телефонистке исходящей МТС — сигнал контроля посылки вызова КПВ. При ответе абонента прекращается подача сигналов, гаснет сигнальная лампа и устанавливается разговорная цепь между телефонисткой и вызывным абонентом. Услышав ответ абонента, телефонистка сообщает ему о междугородном вызове и переводом ключа в разговорное положение устанавливает соединение между абонентами городов *А* и *Б*.

Если линия вызываемого абонента окажется занятой местным соединением, то, несмотря на это, телефонистка подключается к разговаривающим абонентам и может предупредить вызываемого абонента о поступлении междугородного вызова. Получив согласие этого абонента, телефонистка производит принудительное разъединение кратковременным нажатием ключа вызова. В результате этого в канал поступает сигнал частотой f_1 , который через входящую МТС передается в приборы междугородного шнура, в результате чего устанавливается соединение с требуемым абонентом. Если вызываемый абонент занят междугородным соединением, то с оконечной входящей МТС подается сигнал, который вызывает мигание сигнальной лампы на коммутаторе исходящей МТС и одновременно подачу телефонистке акустического сигнала «Занято». В этом случае соединение не может быть установлено. Телефонистка ставит об этом в известность вызывающего абонента и производит разъединение.

В системе полуавтоматической связи принят односторонний отбой. Если первый даст отбой вызванный абонент, то из схемы ВКТН поступит сигнал отбоя f_1f_2 и на коммутаторе телефонистки исходящей МТС зажжется отбойная лампа. При отбое со стороны вызвавшего абонента также загорается отбойная лампа и телефонистка приступает к разъединению соединения. При получении сигнала отбоя телефонистка вынимает штепсель из гнезда канала, вследствие чего из схемы ИКТН подается сигнал разъединения, который создает цепи для возвращения приборов входящей, а затем исходящей МТС в исходное состояние.

При необходимости установления соединения между абонентом города *А* с абонентом города *В* МТС города *Б* будет играть роль транзитной МТС. При полуавтоматической связи транзитные соединения полностью автоматизированы. В этом случае междугородный код состоит из двух знаков: одного для управления МГИ на МТС города *Б* и второго для управления ступенью МГИ города *В*. Первая часть процесса установления транзитного соединения полностью совпадает с ранее описанным процессом установления исходящего соединения.

Получив из схемы ВКТН МТС города *Б* сигнал «Передавайте междугородный код», телефонистка набирает первую цифру кода, в нашем примере — цифру 5 (см. рис. 10.9). В результате поступления этой информации МГИ станции *Б* выбирает пятое направление, а затем осуществляет поиск и занятие свободного канала в этом направлении (в направлении города *В*). Таким образом, осуществляется коммутация разговорного тракта, т. е. производится подключение входящего канала (ВКТН) к исходящему каналу (ИКТН). Вслед за этим ИКТН МТС города *Б* автоматически передает по каналу в сторону города *В* сигнал занятия, который приводит в рабочее состояние ВКТН. Из схемы ВКТН МТС города *В* через транзитную МТС (город *Б*) на исходящую МТС вторично поступает сигнал «Передавайте междугородный код», и телефонистка исходящей МТС набирает вторую цифру кода. Учитывая, что на МТС города *В* должно осуществляться оконечное соединение, то набирается цифра единица, благодаря чему МГИ станции города *В* производит выбор и подключается к свободному ПГИМ для дальнейшей связи с городской АТС. Далее, из схемы ВКТН оконечной МТС телефонистка получает сигнал «Передавайте абонентский номер», который наряду с зажиганием сигнальной лампы сопровождается «механическим голосом» — «Набирайте номер». Дальнейший процесс установления соединения не отличается от ранее рассмотренного.

10.6. Автоматическая междугородная телефонная станция АМТС-1М

Декадно-шаговая станция АМТС-1М используется в качестве АМТС небольших областных и

крупных районных центров. Поскольку АМТС-1М не удовлетворяет некоторым важным требованиям, предъявляемым к оборудованию АМТС системой ОАКТС, в частности, не рассчитана на совместную работу с аппаратурой АОН, эта станция предназначена для временного использования на междугородных телефонных сетях и поэтому называется станцией переходного типа. Однако оборудование АМТС-1М сравнительно простое и дешевое и обеспечивает возможность согласованного действия с существующими городскими АТС без использования промежуточного оборудования. Поэтому станции АМТС-1М еще длительное время будут применяться при автоматизации междугородной телефонной связи.

В коммутационной системе АМТС-1М используются в основном трехпроводные декадно-шаговые искатели, поэтому разговорный тракт в пределах станции, т. е. начиная с РСЛА до выхода на канал (ИКТН), является двухпроводным. В качестве канального оборудования применяется аппаратура полуавтоматической связи. Максимальная емкость АМТС-1М составляет 180—200 исходящих междугородных каналов, которые могут быть разбиты максимально на 40 направлений связи.

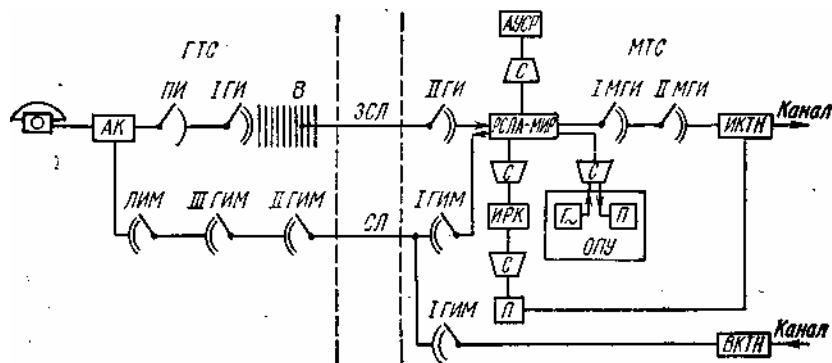


Рис. 10.11. Структурная схема станции АМТС-1М

Структурная схема АМТС-1М приведена на рис. 10.11. Исходящая автоматическая связь для абонентов ГТС осуществляется по заказно-соединительным линиям, включенным на МТС в ступень ПГИ. Назначением ступени ПГИ является объединение и смешивание нагрузки, которая поступает на АМТС от различных районных АТС. Благодаря этому обеспечивается возможность повышения использования РСЛА-МИР и других связанных с ним устройств.

Внутристанционные управляющие устройства РСЛА-МИР конструктивно и электрически объединяют комплект реле соединительных линий автоматической связи (РСЛА) и междугородный исходящий регистр (МИР). Управляющие устройства РСЛА-МИР выполняют различные функции, связанные с согласованием действия приборов ГТС и МТС в процессе передачи линейных и управляющих сигналов. Кроме того, РСЛА-МИР выполняют функции исходящего регистра и устройства первичной фиксации данных, необходимых для учета стоимости разговора (АУСР).

К другим управляющим устройствам АМТС-1М относятся исходящие регистры кода ИРК и пересчетчик П. Регистрово-пересчетное оборудование предназначено для фиксации и пересчета кода требуемой МТС в номер основного или обходных направлений связи. Кроме того, пересчетчик по междугородному коду может определить, является ли следующая МТС транзитной или оконечной.

Процесс установления исходящего автоматического междугородного соединения происходит в следующем порядке. Вызывающий абонент после получения сигнала ответа станции набирает цифру 8 — индекс выхода на АМТС. Это обеспечивает занятие свободной заказно-соединительной линии ЗСЛ и подключение к ступени ПГИ на АМТС. При наборе следующей (второй) цифры на ступени ПГИ производится выбор службы МТС. Для выхода на автоматическую связь обычно в качестве второй цифры набирается цифра 8 или 9, после чего данная ЗСЛ подключается к свободному РСЛА-МИР. Затем вызывающий абонент без прослушивания дополнительного акустического сигнала набирает вначале трехзначный междугородный код требуемого города, а после — семизначный номер вызываемого абонента. Если нумерация в вызываемом городе не семизначная, то вместо недостающих цифр набираются впереди номера нули, дополняющие номер абонента до семи знаков.

После окончания набора десятизначного междугородного номера вызывающий абонент набирает свой собственный номер, который фиксируется в РСЛА-МИР и одновременно транслируется в ПГИМ и далее по соединительной линии в междугородные приборы ГАТС (ГИМ-ЛИМ). В результате этого ЛИМ подключается к линии вызывающего абонента. Таким образом, после окончания набора собственного номера аппарат вызывающего абонента оказывается соединенным с РСЛА-МИР по двум линиям: заказно-соединительной и соединительной. Вслед за этим РСЛА-МИР с помощью соединителя С подключается к общему проверочному устройству ОПУ, которое предназначено для проверки правильности набора абонентом своего собственного номера.

В состав ОПУ входит генератор тонального сигнала 1600 Гц (Г) и приемник этого сигнала (П). После подключения к РСЛА-МИР ОПУ выдает в сторону соединительной линии два проверочных импульса тока частотой 1600 Гц. Если абонент правильно набрал свой номер, то будет образована замкнутая цепь через СЛ, приборы междугородного шнура АК, ПИ, ПИ, ЗСЛ, ПГИ и РСЛА-МИР.

Через эту цепь проверочные импульсы попадают в приемник П, что будет свидетельствовать о правильности набранного номера. В этом случае ОПУ выдаст в РСЛА-МИР сигнал, разрешающий установление соединения. Одновременно освобождаются СЛ и приборы междугородного шнура АТС, и связь абонента с АМТС сохраняется через ЗСЛ.

При отрицательном результате проверки, т. е. если абонент ошибочно или умышленно набрал номер не своего аппарата, то проверочная цепь не будет замкнута, так как ПИ и ЛИМ окажутся подключенными к разным абонентским линиям (ПИ — к линии вызывающего абонента, а ЛИМ — к линии другого абонента). В этом случае приемник П не работает, в РСЛА-МИР и другие ранее занятые приборы и линии будет подан сигнал освобождения, а вызываемому абоненту будет послан сигнал «Занято».

Если проверка дала положительный результат, то начнется процесс установления междугородного соединения. Управляющее устройство РСЛА-МИР с помощью соединителя С подключается к свободному исходящему регистру кода ИРК и передает ему три знака междугородного кода. Зафиксировав трехзначный междугородный код, ИРК подключается через соединитель С к пересчетчику П и передает ему этот код. Пересчетчик анализирует полученный код и передает обратно в ИРК информацию о номере требуемого направления связи и сигнал о том, какое соединение будет устанавливаться на следующей станции: окончное или транзитное. После этого пересчетчик освобождается и готов для обслуживания очередного соединения. Так как время занятия пересчетчика невелико (около 200 мс), то на АМТС устанавливается лишь два пересчетчика, один из которых является резервным.

Получив от пересчетчика информацию о номере направления связи, ИРК управляет установлением соединения на ступени МГИ путем подачи определенного числа батарейных импульсов. Под воздействием этих импульсов МГИ занимает ИКТН свободного канала в требуемом направлении. После занятия междугородного канала со встречной МТС в ИРК поступает сигнал «Передавайте код». По этому сигналу зафиксированный в ИРК код передается декадными импульсами по каналу на следующую станцию, после чего ИРК освобождается и готов для участия в установлении следующего соединения. Если на следующей станции устанавливается окончное соединение, то из ИРК по сигналу «Передавайте код» вместо трехзначного кода передается только цифра 1 (оконечная связь). После того как на окончной входящей станции занимается выход к ступени ГИМ, в сторону исходящей АМТС передается сигнал «Передавайте номер». Этот сигнал поступает в МИР, который выдает в канал сериями декадных импульсов зафиксированный номер вызываемого абонента.

При получении сигнала «Абонент свободен» в схеме РСЛА-МИР образуется цепь передачи вызываемому абоненту тонального сигнала «Контроль посылки вызова». При ответе вызываемого абонента устанавливается сквозной разговорный тракт и начинается отсчет длительности разговора путем подключения РСЛА-МИР к общестанционным комплектам контроля минутных импульсов, входящих в состав аппаратуры учета стоимости разговора. Отсчет времени прекращается после получения сигнала «Отбой» со стороны одного из абонентов. При этом освобождается канал и все приборы тракта, за исключением РСЛА-МИР, который через соединитель С подключается к аппаратуре учета стоимости АУСР (см. рис. 10.11) и выдает ей информацию о междугородном номере вызываемого абонента, номере вызывающего абонента и длительности разговора. Управляющее устройство РСЛА-МИР после этого освобождается, а АУСР на основании полученных данных совместно с другими приборами определяет и фиксирует стоимость состоявшегося разговора.

В случае занятости вызываемого абонента от окончной станции к исходящей АМТС поступает сигнал «Занято», вследствие чего нарушается соединение, а вызываемому абоненту передается тональный сигнал «Занято». Соединение также нарушается при поступлении в РСЛА-МИР сигнала о занятости каналов на исходящей или транзитной МТС.

10.7. Автоматическая междугородная станция АМТС-3

Общие сведения. Координатная станция средней емкости АМТС-3 используется как для расширения действующих МТС, оборудованных аппаратурой АМТС-1М, так и для строительства новых АМТС. Оборудование АМТС-3 позволяет организовать автоматические междугородные исходящую, входящую и транзитную связи. Коммутаторное оборудование АМТС-3 дает возможность устанавливать соединения ручным и полуавтоматическим способами при немедленной и заказной системах обслуживания. Станция АМТС-3 является более совершенной по сравнению с АМТС-1. Прежде всего это относится к использованию в коммутационной системе многократных координатных соединителей, которые обеспечивают лучшее качество разговорного тракта и имеют большую проводимость, чем ДШИ. Благодаря применению МКС разговорный тракт в пределах всей станции (от входа до вы-

хода) является четырехпроводным. Кроме того, АМТС-3 обеспечивает возможность работы с ГАТС, оборудованными аппаратурой АОН и с ГАТС, абоненты которых при автоматической междугородной связи набирают собственный номер.

В качестве канального оборудования используются специально разработанные комплекты ВКТН и ИКТН, однако при незначительной коррекции могут быть использованы и ВКТН и ИКТН двухчастотной аппаратуры полуавтоматической связи. Оборудование АМТС-3 позволяет существенно увеличить емкость станции и организовать не только автоматическую междугородную связь, но и международную и внутрizonовую автоматическую связь.

Максимальная емкость АМТС-3 составляет 700 исходящих и 700 входящих телефонных каналов для автоматической и полуавтоматической междугородной связи, 1500 соединительных и 2500 заказно-соединительных линий для связи с абонентами ГТС и СТС. Заказно-соединительные линии включаются через специальное промежуточное оборудование, которое служит для согласования действий АТС местных телефонных сетей и АМТС-3. При использовании на РАТС аппаратуры АОН в состав промоборудования ЗСЛ входят: исходящие комплекты заказно-соединительных линий (ИКЗСЛ); входящие комплекты заказно-соединительных линий (ВКЗСЛ); промежуточные регистры (ПР); устройство запроса и приема информации (УЗПИ).

На рис. 10.12 показана структурная схема связи между РАТС декадно-шаговой и координатной систем и АМТС-3. Назначением промежуточных регистров является накопление всей номерной информации, необходимой для

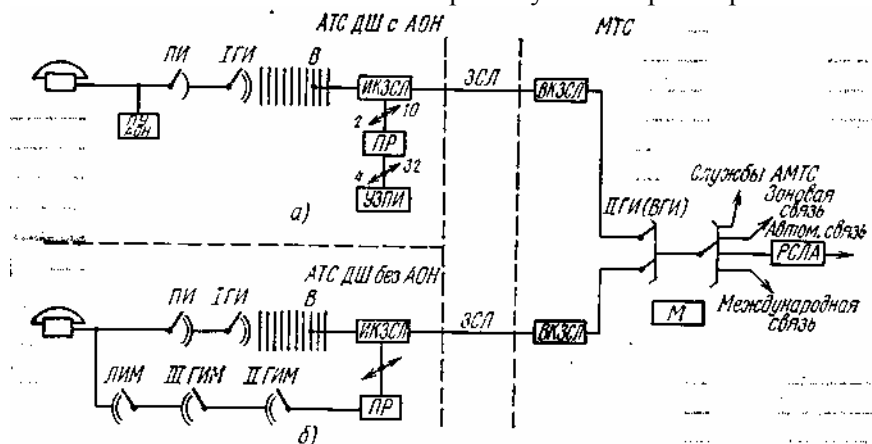


Рис. 10.12. Структурная схема включения ЗСЛ в АМТС-3

установления автоматической междугородной и зоновой связи, либо сокращенного номера службы МТС при заказной или немедленной системе обслуживания. Кроме того, ПР получает из АОН и фиксирует категорию и номер вызывающего абонента. Промежуточные регистры закрепляются за ЗСЛ из расчета два ПР на 10—12 линий и занимают лишь на время установления соединения.

Автоматическое исходящее междугородное соединение. В соответствии с принятой системой нумерации автоматическая внутрizonовая и междугородная связь, а также и связь со службами АМТС осуществляется через ГИ местной АТС и заказно-соединительную линию при наборе абонентом индекса выхода на АМТС — цифры 8. За межсерийное время аппарат абонента через ЗСЛ подключается к промежуточному регистру ПР (см. рис. 10.12а), куда в дальнейшем поступает и номер вызываемого абонента. Информация о номере вызываемого абонента передается в ПР по разговорным проводам батарейными импульсами. После этого, требуется передать в ПР и номер вызывающего абонента и его категорию.

Если на сети применяется аппаратура АОН, то она вводится в действие после получения промежуточным регистром информации о номере вызываемого абонента с целью выяснения номера и категории вызывающего абонента. Аппаратура АОН состоит из передающей части ПУ-АОН и приемной части УЗПИ (устройство запроса и приема информации). Подключение УЗПИ к ПР, а затем к ЗСЛ происходит после фиксации промежуточным регистром номера вызываемого абонента. Из УЗПИ по разговорным проводам в ПУ-АОН передается сигнал запроса, после чего из ПУ-АОН передается многочастотным кодом информация о номере и категории вызывающего абонента. Вся эта информация сначала принимается и накапливается в УЗПИ, а затем поочередно, по пяти проводам, передается в ПР: сначала категория, а затем семизначный внутрizonовый номер аппарата вызывающего абонента. После приема промежуточным регистром последнего знака УЗПИ освобождается. Таким образом, при установлении исходящего автоматического междугородного соединения, после получения информации из УЗПИ в промежуточном регистре будут зафиксированы междугородный номер вызываемого абонента, категория и номер вызывающего абонента.

При отсутствии на РАТС аппаратуры АОН промоборудование не содержит УЗПИ и передача номера вызывающего абонента в ПР производится по способу набора собственного номера (НСН). Абонент набирает собственный номер только при установлении исходящей автоматической междугородной и внутрizonовой связи. При связи с другими службами АМТС собственный номер не набирается. Для проверки правильности набора абонентом собственного номера образуется контрольный

шлейф, подобно тому, как это делается в АМТС-1М. Образование контрольного шлейфа проверяется передачей из ПР контрольного тока частотой 700 Гц, который через ИКЗСЛ, ПГИ, ПИ, междугородный шнур (ГИМ-ЛИМ) поступает в контрольный приемник ПР (см. рис. 10.12б). В случае отрицательного результата проверки промежуточный регистр освобождается, а абоненту из ИКЗСЛ передается сигнал «Занято». Если результат проверки положительный, то ПР передает в ИКЗСЛ соответствующий сигнал, вследствие чего из ИКЗСЛ в сторону АМТС подается сигнал занятия ВКЗСЛ и маркера ПГИ (ВГИ) АМТС.

На рис. 10.13 показана структурная схема АМТС-3, на которой с целью упрощения приведены лишь цепи и устройства, участвующие в установлении автоматического междугородного и зонального соединения. Сигнал занятия, поступающий на АМТС, воспринимается маркером блока ВГИ (ПГИ) как появление вызова, на основании чего определяются номер входа (ВКЗСЛ), по которому поступил вызов, и подключение этого входа к многочастотному приемнику МП. Вслед за этим из маркера ВГИ подается в сторону РАТС (в ПР) запрос на выдачу номерной информации, которая поступает затем из

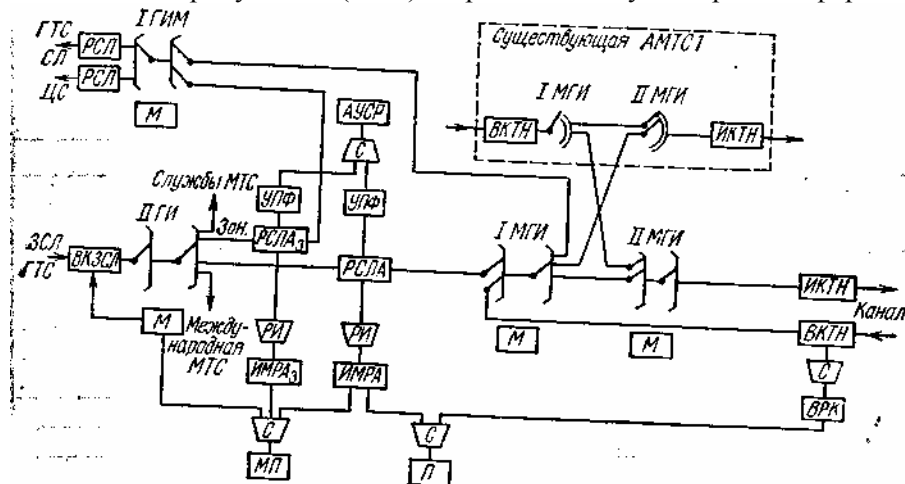


Рис. 10.13. Упрощенная структурная схема АМТС-3

автоматической связи (ИМРА). К ИМРА, в свою очередь, через соединитель С, подключается свободный многочастотный кодовый приемник МП. Из ИМРА подается сигнал запроса в ПР, по которому ПР передает на МТС всю оставшуюся зафиксированную адресную информацию (второй этап выдачи информации). Эта информация передается из ПР кодом «2 из 5» по способу «импульсный пакет» и принимается на АМТС многочастотным приемником МП. Затем весь пакет из 18 знаков, содержащий десятизначный номер вызываемого абонента, категорию и семизначный номер вызывающего абонента, передается для фиксации в схему ИМРА. Одновременно эта информация передается в устройство первичной фиксации УПФ, которое непосредственно соединено с РСЛА. По окончании выдачи информации ПР освобождается, а ИМРА через соединитель подключается к пересчетчику П и передает ему трехзначный код города. Пересчетчик анализирует полученный код и передает информацию о выбранном направлении в ИМРА. Последний выдает эту информацию в маркеры блоков ИМГИ и ИМГИ для выбора свободного канала (ИКТН) в требуемом направлении.

В АМТС-3 принят единый декадный способ передачи номерной информации как в направлении каналов и соединительных линий, так и на ступени ПГИМ и МГИ. Поэтому на входах маркеров этих ступеней устанавливаются простые релейные регистры на 1—2 цифры (рис. 10.14). Унификация способа передачи цифровой информации позволяет упростить оборудование станции, в частности исключить необходимость применения входящих регистров.

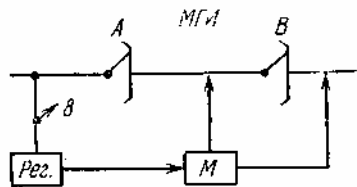


Рис. 10.14. Структурная схема коммутационного блока с закрепленными регистрами

При установлении соединения на ступенях МГИ и подключении ИКТН на входящую МТС подается сигнал занятия, а в обратном направлении со встречной МТС — сигнал «Передавайте код». Из ИМРА в канал передается трехзначный междугородный код, если следующая станция транзитная, или цифра 1, если следующая станция конечная. После этого со встречной МТС поступает сигнал «Передавайте номер», ИМРА выдает в канал номер вызываемого абонента и освобождается.

При ответе вызываемого абонента сигнал «Ответ» поступает в РСЛА, в результате чего устанавливается разговорный тракт и в УПФ выдается сигнал, по которому начинается отсчет длительности разговора. По окончании разговора освобождение канала и занятого оборудования происходит при получении сигнала «Отбой» одного из абонентов. Этот сигнал также передается в УПФ для прекра-

ПР в два этапа. На первом этапе выдается информация для выбора направления связи на ступени ПГИ (ВГИ). Эта информация состоит из двух знаков, необходимых маркеру ПГИ, чтобы при исходящей междугородной связи найти свободный комплект и подключить к нему ЗСЛ, по которому поступил вызов.

К комплекту РСЛА через ступень РИ подключается свободный исходящий междугородный регистр

шения отсчета времени разговора. Комплект РСЛА освобождается последним после передачи в аппаратуру учета стоимости разговоров (АУСР) всех данных, необходимых для учета стоимости разговора.

В случае занятости вызываемого абонента или каких-либо участков соединительного пути со встречной МТС поступает сигнал «Занято», который будет приниматься комплектом РСЛА. В результате нарушается установленное соединение и прекращается посылка вызываемому абоненту тонального сигнала «Занято».

Входящее соединение. При поступлении сигнала занятия ВКТН подключается через соединитель к входящему регистру кода ВРК и передает на исходящую МТС сигнал «Передавайте код». При входящем сообщении, если рассматриваемая МТС является оконечной, то в ВРК с исходящей станции поступит сокращенный код — цифра 1. В этом случае ВРК, не подключаясь к пересчетчику, передает полученную информацию (цифру 1) в маркер блока ИМГИ, через который ВКТН будет подключен к свободному входу блока ПГИМ. Затем ВРК через ВКТН на исходящую МТС передает сигнал «Наберите номер» и освобождается. Абонентский номер поступает в виде декадных импульсов тональной частоты в приемники ВКТН, а затем транслируется в приборы, устанавливающие соединение с абонентом ГТС.

Требуемая РАТС городской сети выбирается блоком ПГИМ, в регистр которого транслируется первая цифра абонентского номера, а в некоторых случаях (при большой емкости ГТС)—две первых цифры номера. Все остальные цифры транслируются в приборы РАТС для вызова требуемого абонента. Если вызывается абонент сельской телефонной сети, то в соответствии с принятой информацией ВКТН подключается через блок ПГИМ к комплекту соединительной линии (РСЛ зоновой сети).

Транзитное соединение. При транзитном соединении так же, как и при входящем соединении, в ВКТН со стороны канала поступает сигнал занятия. С помощью соединителя ВКТН подключается к свободному ВРК и передает на исходящую МТС сигнал «Передавайте код». Зафиксировав трехзначный код города, ВРК подключается к пересчетчику П, передает в него этот код и получает обратно информацию о номере выбранного направления. После этого ВРК через соединитель подключается к маркерам ИМГИ и ПМГИ, передает им полученную от пересчетчика информацию. В блоках ИМГИ и ПМГИ устанавливается соединение между ВКТН, от которого поступил вызов, с ИКТН свободного канала требуемого направления. Маркеры после установления соединения ВКТН с ИКТН освобождаются, а ВРК остается в работе до получения запроса кода со следующей МТС. При поступлении сигнала «Передавайте код» ВРК через ВКТН, блоки МГИ и ИКТН передает код и освобождается.

Если следующая станция также является транзитной для данного соединения, то передается зафиксированный трехзначный код. Если же следующая станция является оконечной, то передается сокращенный код (цифра 1).

Исходящая внутризоновая связь. Если абоненту местной сети требуется установить соединение в пределах своей зоновой сети, то в этом случае после набора индекса выхода на МТС (цифра 8) вызывающий абонент вместо трехзначного междугородного кода *ABC* набирает индекс внутризоновой связи — цифру 2 и семизначный местный номер абонента (*abxxxxx*). Эта номерная информация фиксируется в промежуточном регистре. Кроме того, в ПР, как и при исходящей междугородной автоматической связи, передается из АОН номер вызываемого абонента (см. рис. 10.12). Если АОН нет, то абонент должен набрать свой собственный номер. После этого промежуточный регистр через ИКЗСЛ и ВКЗСЛ подает на МТС сигнал занятия, получив который маркер блока ПГИ определяет номер занявшегося входа и с помощью соединителя подключает его к свободному многочастотному МП.

Из ПР выдается сигнал «Внутризоновая связь», по которому на ступени ПГИ выбирается свободный комплект РСЛА₃, предназначенный для внутризоновой связи, подключается к занявшемуся ВКЗСЛ. В свою очередь к комплекту РСЛА₃ через соединитель подключается свободный ИМРА₃, а затем к ИМРА₃ подключается многочастотный приемник МП. По запросу МП промежуточный регистр выдает всю накопленную информацию в МП, которая затем ее передает в ИМРА₃. По окончании приема информации ПР и МП освобождаются.

В АМТС-3 для обслуживания исходящего внутризонового соединения используются регистры ИМРА₃, которые, в отличие от междугородных ИМРА, производят пересчет внутризоновых кодов в коды направлений, не обращаясь к пересчетчику. Информацию (декадным способом) о направлении связи ИМРА₃ передает в блок ПМИ, в один из входов которого включен комплект РСЛА₃. Маркер ПГИМ производит необходимую коммутацию, вследствие чего РСЛА₃ подключается к свободному комплекту ИРСЛ и далее к требуемой ЦС сельской телефонной сети.

Автоматический учет стоимости разговора происходит так же, как и при исходящей автоматической междугородной связи.

10.8. Автоматическая междугородная телефонная станция АРМ-20

Общие сведения. Автоматическая координатная междугородная телефонная станция АРМ-20, поставляемая шведской фирмой «Эрикссон» и югославской фирмой «Никола Тесла» предусматривают возможность установления автоматической междугородной и внутризоновой связи, а также соединений полуавтоматическим и ручным способами. В соответствии с требованиями ЕАСС фирмой произведены необходимые изменения и усовершенствования, в результате чего станции АРМ-20 легко вписываются в существующую телефонную сеть и могут согласованно действовать как с МТС ранее выпущенных типов, так и с перспективными АМТС. Предельная емкость станции определяется емкостью коммутационной системы и составляет 4000 входящих и 4000 исходящих линий. В коммутационную систему включаются входящие и исходящие междугородные каналы, заказно-соединительные и соединительные линии местных и внутризоновых сетей, исходящие и входящие линии для связи с междугородными коммутаторами и др. Путем объединения двух таких станций общая емкость может быть увеличена до 8000 исходящих и 8000 входящих линий.

Коммутационная система АРМ-20 полностью централизована, т. е. станция имеет единую четырехзвенную ступень искания, через которую осуществляются все виды оконечных и транзитных соединений. Такое построение коммутационной системы позволяет уменьшить объем коммутационного оборудования и упростить процесс установления соединений. Централизованная коммутационная система состоит из типовых двухзвенных входящих ВВ и исходящих ИБ блоков. Коммутация разговорного тракта осуществляется по четырехпроводной схеме. Переход на двухпроводные цепи осуществляется с помощью дифсистем, устанавливаемых в соответствующих линейных комплектах. Обычная комплектация оборудования позволяет иметь 160 исходящих направлений междугородной и зоновой связи. Максимальная емкость пучка каналов междугородной связи в одном направлении может быть равной 450.

Станция АРМ-20 обеспечивает возможность совместной работы с находящимися на местных сетях АТС декадно-шаговой и координатной систем, оборудованных и не оборудованных аппаратурой АОН. Связь с городскими АТС осуществляется без использования на РАТС промоборудования

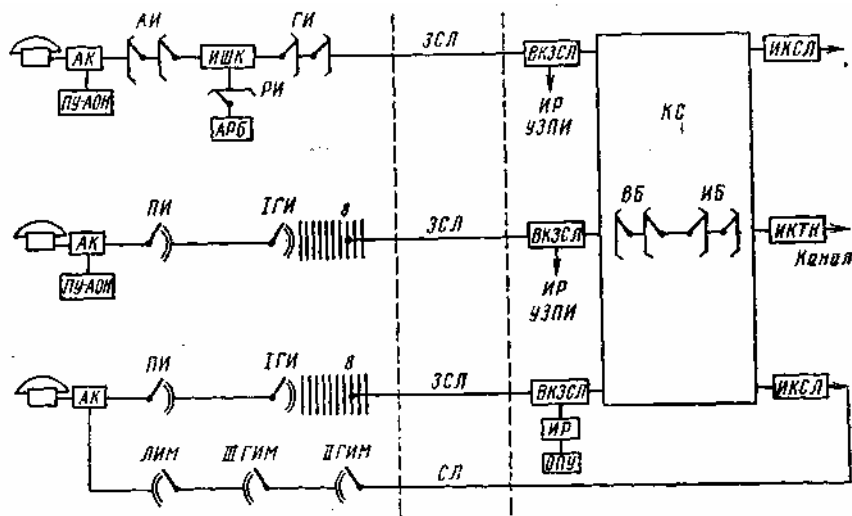


Рис. 10.15. Схема включения ЗСЛ и СЛ в АМТС АРМ-20

АОН. Связь с городскими АТС осуществляется без использования на РАТС промоборудования (ИКЗСЛ, ПР и др.). На рис. 10.15 приведена структурная схема включения ЗСЛ в АРМ-20 от декадно-шаговой АТС и АТСК, оборудованных аппаратурой АОН, и декадно-шаговой АТС без АОН. Приемная часть аппаратуры АОН-УЗПИ размещается на самой АМТС и подключается к ЗСЛ только при обслуживании вызова от местной АТС, оборудованной аппаратурой АОН. При отсутствии аппаратуры АОН на местных АТС работа по определению номера вызывающего абонента протекает по системе с набором собственного номера. Заказно-соединительные линии, идущие от АТС, не имеющих аппаратуры АОН, обслуживаются на АМТС выделенной группой исходящих регистров ИР, которые наряду с десятизначным междугородным номером вызываемого абонента принимают и фиксируют собственный номер вызывающего абонента. При этом УЗПИ не занимается. По окончании набора абонентом собственного номера устанавливается соединение с линией вызывающего абонента через централизованную коммутационную систему ВВ-ИБ, в результате чего образуется контрольный шлейф, аналогично тому, как это происходит в АМТС-1М.

Правильность набора собственного номера проверяется посылкой контрольного тонального сигнала из общего проверочного устройства ОПУ через коммутационную систему АМТС, ИКСЛ, СЛ, приборы междугородного шнура, ПИ, ИГИ, ЗСЛ, ВКЗСЛ, приемник ОПУ (см. рис. 10.15). Если указанная контрольная цепь образуется, то ИР продолжит процесс установления исходящей междугородной или зоновой связи. Если результат проверки окажется отрицательным, вызывающему абоненту посылается сигнал «Занято», и происходит разъединение. Недостатком этого способа, помимо неудобств для абонента, набирающего большое число знаков, является непроизводительное занятие

соединительных путей коммутационной системы станции и исходящих регистров. Поэтому включать в станции АРМ-20 местные АТС, не имеющие аппаратуры АОН, нецелесообразно.

Исходящее междугородное соединение. Структурная схема станции АРМ-20 показана на рис. 10.16. Во входы коммутационной системы (блок ВБ) включаются заказно-соединительные линии от ГАТС и райцентров зоны (ЦС), входящие линии от служебной АТС, коммутаторного оборудования и входящие междугородные каналы; передача сигналов в последнем случае осуществляется по одночастотной или двухчастотной системе. Аналогично к выходу коммутационной системы (блок ИБ) подключаются различные исходящие линии. На рис. 10.16 с целью упрощения показано включение

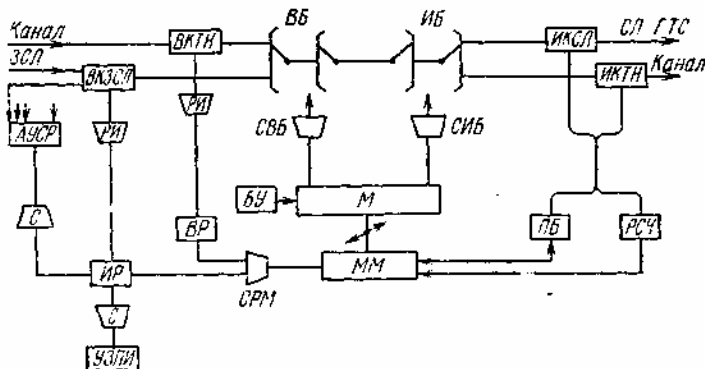


Рис. 10.16. Упрощенная структурная схема станции АРМ-20

Маршрутный маркер, получив код города, совместно с пробным устройством определяет номер основного или обходного направления связи, выполняя таким образом функции пересчетчика. Кроме того, маршрутный маркер выполняет ряд функций, связанных с контролем времени установления соединения, регистрацией возможных повреждений, а также определением тарифа для учета стоимости разговора. Информация о тарифе передается через регистр в ВКЗСЛ и используется в аппаратуре учета стоимости разговора АУСР. Подключение маркера М к коммутационным блокам ВБ и ИБ производится с помощью многопроводных соединителей СВБ и СИБ. Число основных маркеров примерно в 2 раза меньше числа маршрутных маркеров. При максимальной емкости АМТС число ММ может достигнуть до 40, а число М — до 20.

Пробные устройства состоят из пробных блоков ПБ, осуществляющих пробу линий требуемого направления, включенных в определенные исходящие коммутационные блоки ИБ, и реле свободы направления РСН. Если РСН находится в работе, то это означает, что имеется свободный канал в данном направлении.

Рассмотрим в качестве примера процесс установления исходящего междугородного соединения автоматическим способом. Получив сигнал готовности АТС города или райцентра, вызывающий абонент набирает индекс на АМТС (цифру 8), в результате чего его линия подключается к ЗСЛ (см. рис. 10.15). На АМТС занимается ВКЗСЛ, к которому через ступень РИ подключается свободный исходящий регистр ИР (см. рис. 10.16). Если на АТС установлена аппаратура АОН, то регистр с помощью соединителя занимает свободное УЗПИ, из которого в сторону АТС выдается сигнал запроса о номере вызывающего абонента. Из передающего устройства АОН (ПУ-АОН) цифры категории и номера вызывающего абонента многочастотным кодом «2 из 6» (безынтервальный пакет) передаются в УЗПИ. Приняв эту информацию, УЗПИ выдает ее в ИР (постоянным током — кодом «2 из 5») и освобождается, а ИР посылает вызывающему абоненту тональный сигнал готовности к приему междугородного номера (сигнал — ответ АМТС). Для определения номера вызывающего абонента и передачи его на АМТС требуется не более 1 с, поэтому некоторое замедление в получении второго акустического сигнала практически не ощущается абонентом.

Получив второй сигнал готовности, абонент набирает номер *АВСabxxxx*. После приема и фиксации этой информации ИР подключается через соединитель к аппаратуре учета стоимости разговора АУСР и выдает ей всю накопленную номерную информацию. Одновременно с этим к АУСР подключается также ВКЗСЛ и сообщает ей свой номер. Так как каждый ВКЗСЛ имеет в АУСР свою ячейку памяти, то выданная исходящим регистром информация в АУСР будет внесена именно в ячейку памяти данного ВКЗСЛ. После этого ИР отключается от АУСР и приступает к установлению соединения.

С помощью соединителя СРМ исходящий регистр ИР подключается к свободному маршрутному маркеру ММ и выдает ему междугородный номер АВС и номер входящего блока ВБ коммутационной системы, в которой включен вызывающий ВКЗСЛ. Эта информация передается постоянным током — кодом «2 из 5». Для передачи каждой цифры используется пять проводов.

во входящий блок лишь одного входящего междугородного канала (ВКТН) и одной заказно-соединительной линии (ВКЗСЛ); аналогично этому в исходящий блок — один ИКТН и один ИКСЛ. Независимо от типа входящего комплекта (ВКЗСЛ, ВКТН и др.) обслуживание поступающих от них вызовов на АРМ-20 происходит по одному алгоритму.

Маркерное оборудование содержит маркеры двух типов: основной М и маршрутный ММ. Основной маркер предназначен для установления соединения через коммутационную систему ВБ и ИБ.

Получив междугородный код *ABC*, маршрутный маркер производит его пересчет в номер направления, а также определяет, является ли следующая МТС оконечной или транзитной. Затем в маршрутный маркер поступает информация о номере двухсотенного блока (ВБ), в который включен вызывающий ВКЗСЛ. Если реле свободности направления РСН находится в работе, то маршрутный маркер с помощью пробного блока производит поиск и выбор свободного канала в данном направлении и маркирует его. При этом определяется номер двухсотенного исходящего коммутационного блока ИБ, в который включен выбранный исходящий канал. После этого маршрутный маркер находит свободный маркер М, подключается к нему и передает ему информацию о номерах входящего ВБ и исходящего ИБ блоков, в которые включены входящая вызывающая и выбранная исходящая линии. Кроме того, маршрутный маркер ММ посылает в регистр сигнал о способе передачи номерной информации следующей станции.

Маркер М проверяет с помощью блокирующего устройства БУ, не устанавливается ли какой-нибудь другой маркер соединения в этих двух блоках. После проверки, показавшей, что соединения в этих блоках не устанавливаются, маркер М подключается через соединители СВБ и СИБ к блокам ВБ и ИБ с целью установления соединения. Действие маркера М сводится к поиску свободного соединительного пути между указанными блоками (промежуточных и межблочных линий), который мог бы соединить между собой вызывающий вход и выбранный выход.

После установления соединения, т. е. после включения электромагнитов МКС, маркерное оборудование освобождается. Если свободного выхода не окажется ни в прямом, ни в обходных направлениях, то ММ подает в регистр сигнал «Занято». Вызывающий абонент получает акустический сигнал «Занято» из ВКЗСЛ. Если соединение будет установлено, то со встречной МТС поступит сигнал «Передавайте код», который поступит в ИР. В зависимости от того, какое соединение будет устанавливаться на встречной МТС — транзитное или оконечное — из ИР через ВКЗСЛ и ИКТН передается или полный код *ABC*, или сокращенный код (цифра 1). Номерная информация в канал передается либо кодом «2 из 6», либо декадным способом ($f=1200$ Гц) в зависимости от типа встречной станции. Вслед за этим опять поступает обратный сигнал «Передавайте номер». По этому сигналу ИР выдает в канал номер вызываемого абонента *abxxxx* и освобождается.

Сигнал ответа вызванного абонента поступает по каналу в ИКТН и далее в ВКЗСЛ. Вследствие этого ВКЗСЛ вторично кратковременно подключается к АУСР для отметки времени начала разговора. Сигнал отбоя также принимается в ВКЗСЛ и он в третий раз подключается к АУСР и фиксирует окончание разговора. Аппаратура учета стоимости разговора обрабатывает полученную информацию, определяет стоимость разговора и выдает все необходимые данные о состоявшемся разговоре на перфоратор, а возможно и непосредственно в вычислительный центр.

Входящее оконечное соединение. При входящем соединении занимается ВКТН, к которому через ступень РИ подключается входящий регистр ВР. На исходящую МТС из ВР подается сигнал «Передавайте код» и, учитывая, что должно быть установлено оконечное соединение, на входящую МТС поступает сокращенный код— 1. Входящий регистр подготавливается к приему номера вызываемого абонента и передает через ВКТН на исходящую МТС сигнал «Передавайте номер». В ответ на этот сигнал с исходящей МТС поступает номер вызываемого абонента *abxxxx*, который принимается и накапливается в ВР. После этого начинается процесс установления соединения, для чего ВР через соединитель СРМ подключается к маршрутному маркеру ММ и передает ему внутризональный код, т. е. номер местной сети *ab*. Маршрутный маркер по этой информации с помощью пробного блока ЦБ и реле свободности направлений РСН определяет направление связи к соответствующей РАТС или ЦС. Кроме того, маршрутный маркер определяет номер входящего коммутационного блока ВБ, в который включен требующий обслуживания вход, и номер исходящего коммутационного блока ИБ, в котором находится требуемый выход. Далее соединение будет устанавливаться аналогично исходящему автоматическому соединению, с той лишь разницей, что на выходе коммутационной системы будет занят не ИКТН, а ИКСЛ, обеспечивающий связь с РАТС или ЦС. После выбора и подключения свободного ИКСЛ в требуемом направлении маршрутный и основной маркеры (ММ и М) освобождаются.

Следующие цифры местного номера *xxxx* передаются входящим регистром ВР через ВКТН, коммутационную систему (ВБ и ИБ) и ИКСЛ на местную телефонную станцию. В зависимости от типа местной АТС номерная информация из ВР будет выдаваться либо декадным способом (к АТС ДШС), либо кодом «2 из 6» (к АТСК). После этого ВР отключается. Ответ абонента характеризуется поступлением в ВКТН сигнала со стороны местной АТС. Этот сигнал транслируется на исходящую МТС и используется как для образования разговорного тракта, так и для отметки начала длительности разговора. На входящей МТС аппаратура учета стоимости разговора в работе не участвует. Сигнал отбоя со стороны вызываемого абонента поступает на входящую МТС и передается на исходящую МТС и используется для отметки окончания разговора. Вслед за этим поступает сигнал освобо-

ждения и все занятые в этом соединении приборы приходят в исходное состояние.

10.9. Учет стоимости междугородных разговоров

Стоимость междугородных разговоров зависит от их продолжительности и расстояния между оконечными МТС, осуществлявшими соединение между вызвавшим и вызванным абонентами. В соответствии с этим устанавливаются единые тарифные зоны, которые указывают стоимость одной минуты разговора в зависимости от расстояния до вызываемого пункта. При этом расстояние определяется по прямой между населенными пунктами, в которых размещаются оконечные МТС, независимо от трассы прохождения междугородного телефонного тракта. С целью лучшего использования каналов и оборудования в вечернее и ночное время устанавливается льготный тариф, составляющий 75% дневного (исключая праздничные и выходные дни). При ручном и полуавтоматическом способах установления соединений возможно срочное предоставление разговора, причем за срочность связи (по просьбе абонента) оплата производится по повышенному — срочному тарифу (в 3 раза дороже обычного).

Учет стоимости при ручной и полуавтоматической связи осуществляется телефонисткой, которая в бланк заказа наряду с данными, записанными при приеме заказа, заносит дополнительные сведения о длительности разговора, вызываемом пункте, а также дату и номера телефонов вызывающего и вызываемого абонентов. Продолжительность разговора определяется с помощью специальных счетчиков, устанавливаемых на рабочих местах междугородных коммутаторов. Заполненный телефонисткой бланк является документом для расчета стоимости каждого разговора и предъявления счета абоненту.

При автоматическом способе установления соединений все данные для учета стоимости разговора фиксируются автоматически, без участия человека. Применяются два способа автоматического учета стоимости разговора: индивидуальный и централизованный.

Индивидуальный способ учета стоимости используется в тех странах, в которых применяется по-разговорная оплата за пользование местной телефонной связью. В этом случае за каждой абонентской линией на АТС закрепляется счетчик числа местных разговоров, фиксирующий каждый состоявшийся разговор. Обычно после каждого местного разговора в счетчик поступает один импульс тока и тем самым увеличивает показание счетчика на единицу (при этом длительность местного разговора не учитывается). Эти индивидуальные абонентские счетчики используются также для учета стоимости междугородных разговоров, но для этого в счетчик подается не один импульс тока, а некоторое количество импульсов, соответствующее расстоянию и длительности разговора. Для определения количества импульсов, подлежащих передаче в абонентский счетчик, на МТС устанавливаются специальные счетчики зон и времени. За единицу стоимости междугородного разговора принимается стоимость одного местного разговора. На рис. 10.17 приведена структурная схема индивидуального способа учета стоимости разговора.

После набора абонентом индекса выхода на АМТС (цифры 8) его линия подключается через ИКЗСЛ, ЗСЛ и ВКЗСЛ к счетчикам зон и времени (СчЗ и В). Информация о коде требуемой МТС (ABC) передается одновременно в междугородный исходящий регистр (МИР) и в закрепленный за ВКЗСЛ счетчик зон и времени. По этой информации (коду ABC) СчЗ и В определяет номер тарифной зоны. После установления соединения и получения сигнала ответа вызываемого абонента включается

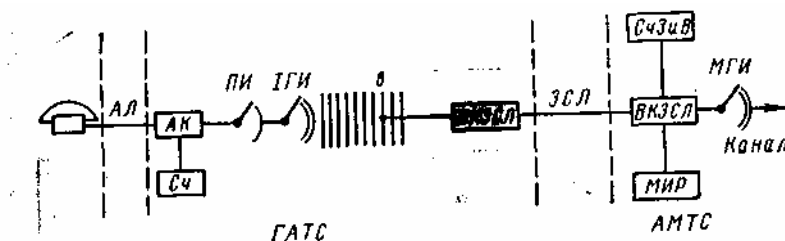


Рис. 10.17. Структурная схема индивидуального способа учета стоимости разговора

счетчик времени, который учитывает длительность разговора. При окончании разговора и получении сигнала отбоя действие счетчика времени прекращается. На основании этих данных счетчик зон и времени выдает на АТС в счетчик вызываемого абонента серию импульсов, число ко-

торых должно быть пропорционально стоимости разговора, т. е. расстоянию между оконечными МТС и длительности разговора.

К основным преимуществам индивидуального способа учета стоимости разговора можно отнести простое, относительно недорогое оборудование, устанавливаемое на АМТС (СчЗ и В), а также то, что здесь нет необходимости определять номера вызываемого абонента, т. е. нет необходимости приме-

нять аппаратуру АОН. Однако индивидуальный способ учета стоимости разговора имеет и ряд существенных недостатков. Прежде всего следует отметить невозможность предоставления абонентам счета за каждый отдельный разговор, зафиксировать дату, город, номер вызываемого абонента и разделить стоимость местных разговоров от междугородных. Отсутствие этих данных не позволяет документально доказать факт состоявшегося разговора в случае недоразумений при расчетах с абонентами. Серьезным недостатком является необходимость периодического снятия показаний со счетчиков и обработки результатов, что связано со значительными затратами ручного труда. Также следует отметить то, что наличие большого количества индивидуальных счетчиков (по числу абонентов) требует дополнительной площади для их размещения. Вызывает неудобство и тот факт, что данные учета стоимости разговоров фиксируются на местных АТС, а обработка результатов и выписка счетов производится на междугородной телефонной станции.

При *централизованном* способе учета стоимости разговора на АМТС устанавливается специальная аппаратура, позволяющая фиксировать все данные, необходимые для определения стоимости каждого междугородного разговора с последующим печатанием счета для предъявления абоненту. Данный способ обеспечивает возможность автоматизировать процессы учета стоимости и получения непосредственно на АМТС всех сведений для определения стоимости состоявшегося междугородного разговора, за исключением информации о номере вызвавшего абонента, которая поступает от местных АТС. Для этой цели на местных АТС устанавливается аппаратура автоматического определения номера АОН, которая определяет и передает на АМТС номер и категорию вызвавшего абонента. При централизованном способе учета стоимости разговора отпадает надобность в абонентских счетчиках. В этом случае на местных сетях применяется абонементный способ оплаты, при котором абоненты регулярно вносят определенную сумму за каждый месяц пользования телефоном независимо от числа разговоров.

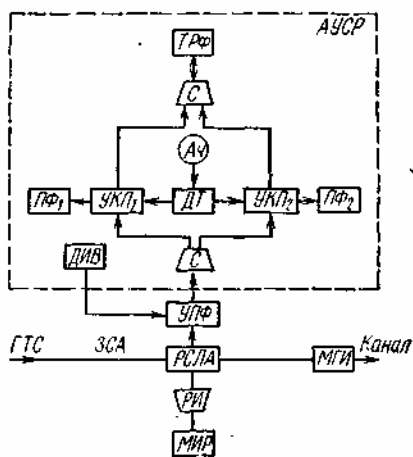


Рис. 10.18. Структурная схема аппаратуры централизованного учета стоимости разговора (АУСР)

После установления междугородного соединения и ответа вызываемого абонента в УПФ образуется цепь поступления импульсов времени с интервалами 6 с (0,1 мин) из датчика импульсов времени (ДИВ). Поступление импульсов времени в УПФ прекращается при повешении трубки одним из двух разговаривавших абонентов. Таким образом УПФ, как и РСЛА, занят в течение всего разговора и суммирует число поступивших импульсов, т. е. определяет продолжительность разговора. Подключение к аппаратуре АУСР для определения и фиксации стоимости разговора осуществляется лишь после окончания разговора. В этом случае УПФ после окончания разговора, т. е. поступления сигнала отбоя, подключается к АУСР для передачи в эту аппаратуру всех накопленных данных, необходимых для учета стоимости разговора. Производится это следующим образом. Устройство первичной фиксации через соединитель С подключается к свободному управляющему комплексу перфоратора (УКП) и передает ему информацию о междугородном номере вызываемого абонента, номере и категории вызываемого абонента, а также две цифры продолжительности разговора (десятки минут и минуты). Принятая в Советском Союзе система учета стоимости ограничивает длительность междугородного разговора максимально до 30 мин, после чего производится принудительное разъединение. После передачи информации в УКП комплект РСЛА и УПФ освобождаются. На АМТС могут быть несколько групп УКП в зависимости от числа принятых категорий абонентов. На рис. 10.18 показаны две группы УКП (УКП₁ и УКП₂).

Приняв информацию из УПФ, управляющий комплект перфоратора подключается к датчику тарифов (ДТ) и авточасам (АЧ). Датчик тарифов, связанный с авточасами, выдает в УКП информацию о тарифе (обычный или льготный). Авточасы предназначены для выдачи в УКП данных о времени разговора (месяц, число, часы, минуты окончания разговора). Далее УКП подключается к тарифика-

тору (ТРФ), который предназначен для определения в денежном исчислении стоимости междугородного разговора. Тарификатор получает из УКП шесть знаков: трехзначный код вызываемой зоны *ABC* (по коду зоны определяется расстояние), два знака, характеризующие продолжительность состоявшегося разговора в минутах, и один знак, определяющий действующий в данный момент тариф — обычный или льготный. На основе полученных данных тарификатор определяет стоимость разговора и передает полученные результаты в виде четырех знаков обратно в УКП (десятки рублей, рубли, десятки копеек и копейки).

Комплект УКП, приняв всю эту информацию, запускает закрепленный за ним перфоратор, на котором фиксируются следующие данные: междугородный номер вызываемого абонента; категория и номер вызывающего абонента; месяц, день, часы и минуты; продолжительность разговора; тариф и тарифная зона; стоимость разговора в рублях и копейках; номер комплекта РСЛА и номер перфоратора. Для фиксации этих данных можно использовать также перфоленды, магнитные ленты и другие носители информации. Вся записанная информация в дальнейшем вводится в ЭВМ, которая в результате обработки ее печатает счета для предъявления абонентам.

Количество устройств АУСР определяется числом и длительностью занятий. Управляющий комплект перфоратора и перфораторы занимают от момента подключения к УПФ и до пробивки перфокарты. Тарификатор занят только на время определения стоимости, что составляет на одно соединение приблизительно 0,5 с. Датчик импульсов времени, датчик тарифа, авточасы и тарификатор являются общестанционными устройствами. Централизованный способ учета стоимости разговора исключает многие недостатки, присущие индивидуальному способу. Особенно следует отметить полную автоматизацию процессов определения стоимости разговора вплоть до выписки счета на оплату. К недостаткам централизованного способа учета разговоров следует отнести сложность оборудования (АУСР), устанавливаемого на АМТС, и необходимость применения на местных АТС специальной аппаратуры АОН.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

1. Аваков Р. А., Гольденберг Л. М., Игнатьев В. О. Электронные управляющие машины. М.: Связь, 1979.
2. Аваков Р. А., Копп М. Ф., Лившиц Б. С. Городские координатные автоматические телефонные станции и подстанции. М.: Связь, 1971.
3. Аваков Р. А., Чагаев Н. С. Структура и принцип работы ЭУМ коммутационных центров. ЛЭИС, 1976.
4. Автоматическая междугородная и сельская телефонная связь/Под ред. Зайончковского Е. А. М.: Связь, 1976.
5. ГОСТ 19472—74. Автоматизация телефонной связи. Термины и определения. 8. Башарин Г. П. Таблицы вероятностей и среднеквадратических отклонений¹ потерь на полнодоступном пучке линий. М.: АН СССР, 1961.
7. Бухгейм Л. Э., Максимов Г. З., Пшеничников А. П. Автоматическая сельская телефонная связь. М.: Связь, 1976.
8. Гольштейн Л. М., Сосонко С. М. Организация междугородной связи на-местных телефонных сетях. М.: Связь, 1976.
9. Егорова Г. Н., Исаев В. И. Управляющие устройства АТСК-У. ЛЭИС, 1978.
10. ГОСТ 22348—77. Единая автоматизированная сеть связи. Термины и определения.
11. Захаров Г. П., Варакосин Н. П. Расчет количества каналов связи при обслуживании с ожиданием. М.: Связь, 1967.
12. Иванова О. Н., Попова А. Г., Соловой Ю. В. Управляющие устройства квазиэлектронных коммутационных систем. М.: Связь, 1975.
13. Автоматические системы коммутации/Иванова О. Н., Копп М. Ф., Коханова З. С., Метельский Г. Б. М.: Связь, 1978.
14. Ковалева В. Д., Коханова З. С., Панкратова О. Н. Телефония и системы автоматической коммутации. М.: Связь, 1976.
15. Городские телефонные станции/Копп М. Ф., Маркович А. Я., Романцов В. М. и др. М.: Связь, 1974.
16. Корнышев Ю. Н., Мамонтова Н. П. Задачник по теории телефонных и телеграфных сообщений. ОЭИС, 1974.

17. Лазарев В. Г. Электронная коммутация и управление в узлах связи. М.: Связь, 1974.
18. Лившиц Б. С., Фидлин Я. В., Харкевич А. Д. Теория телеграфных и телефонных сообщений. М.: Связь, 1971.
19. Лившиц Б. С., Фидлин Я. В. Системы массового обслуживания с конечным числом источников. М.: Связь, 1968.
20. Лутов М. Ф. Дополнительные виды услуг для абонентов современных АТС. М.: Связь, 1979.
21. Покровский Н. Б. Автоматическая междугородная телефонная станция типа. — ARM-20. ЛЭИС, 1976.
22. Расчет оборудования АТС-54А и построение хромировочных схем для де-кадно-шаговых и координатных АТС/Инструкция. М.: Гипросвязь, 1971.
23. Рогинский В. Н. Основы дискретной автоматики. М.: Связь, 1975.
24. Романцов В. М. Автоматические междугородные телефонные станции. ОЭИС, 1974.
25. ГОСТ 19692—74. Системы и приборы связи коммутационные. Термины и определения.
26. Соболев О. А., Фань Гэн-Линь. Электронные АТС интегрально-цифровых сетей связи. ЛЭИС, 1977.
27. Соболев О. А., Фань Гэн-Линь. Электронная коммутация. ЛЭИС, 1975.
28. ГОСТ 21835—76. Сообщение телефонное. Термины и определения.
29. Соловьев Ш. Г. Междугородные телефонные станции. М.: Связь, 1972.
30. Харкевич А. Д., Самхарадзе Т. Г., Ситников С. Г. Расчет многозвенных коммутационных схем для квазиэлектронных АТС. М.: Связь, 1978.
31. Ушаков В. А., Лукашик Ю. Е. Преобразование структуры речи и принципы синтетической телефонии. ВЗЭИС, 1973.
32. Шнепс М. А. Системы распределения информации. Методы расчета. Справ. пособие. М.: Связь, 1979.
32. Шнепс М. А. Системы распределения информации. Методы расчета. Справ. пособие. М.: Связь, 1979.