

Основы автоматической коммутации

Структура системы коммутации

Система коммутации – комплекс оборудования, предназначенный для приема и распределения поступающей информации по направлениям связи.

Сеть коммутации – это сеть, образованная совокупностью всех соединительных линий, связывающих между собой коммутационные станции. Соединительная линия, в свою очередь, представляет собой совокупность всех каналов связи, идущих в определенном направлении.

Цифровая система коммутации – это система коммутации, техническая концепция которой предусматривает использование принципов и возможностей цифровой техники, и в частности сохранение цифровой формы сигналов в процессе коммутации сообщений рис 1.1.

Коммутационная станция – это совокупность всех комплектов, устройств коммутации и устройств управления, расположенных на одном узле сети коммутации и позволяющих установить соединение между двумя или несколькими информационными каналами. Задача коммутационной станции заключается в установлении, поддержании и разъединении соединений между входящими и исходящими информационными каналами, заданными соответствующими адресами, называемыми «целевой информацией». В зависимости от вида соединений, устанавливаемых коммутационной станцией различают два типа таких станций: абонентскую и транзитную.

Абонентская коммутационная станция – это станция, к которой подключены оконечные устройства, находящиеся у абонентов.

Транзитная коммутационная станция обслуживает исключительно транзитную нагрузку. Область использования абонентских станций в общей сети связи ограничивается местной сетью. Абонентские станции обслуживают как абонентскую, так и транзитную нагрузку.

Оконечное устройство – это такое устройство, которое обеспечивает абоненту информационный обмен через сеть связи с другими абонентами, имеющими устройства такого же типа. Оконечные устройства являются источниками и приемниками информации. Для реализации различных видов связи к абонентской линии может быть подключено несколько оконечных устройств, называемых абонентскими терминалами. С помощью подключающих устройств абонентские терминалы подключаются к коммутационным станциям.

Система подключения абонента – это совокупность устройств, обеспечивающих подключение оконечного устройства к абонентской коммутационной станции. Составными частями этой системы являются станционные выносы и распределительная (абонентская) сеть. Абонентские устройства соединяются с КУ абонентскими линиями. КУ находящиеся на территории города соединяются соединительными линиями. Если КУ находятся в разных городах, то линии связи, соединяющие эти КУ, называются междугородными или внутризонавыми.

КУ, в который включаются абонентские линии, называется коммутационной станцией.

Лицо, пользующееся абонентским устройством для передачи и приема информации, называется абонентом.

Для передачи информации от одного абонентского устройства до другого требуется установить соединение через соответствующие узлы и линии связи. Для осуществления соединения на КУ устанавливается коммутационное оборудование, обеспечивающее линии вызывающего абонентского устройства с линией вызываемого абонентского устройства. Совокупность линейных и станционных средств, предназначенных для соединения оконечных абонентских устройств, называется

соединительным трактом. Число КУ между соединительными абонентскими устройствами зависит от структуры сети и направления соединения. Для установления требуемого соединения на КУ от вызывающего абонентского устройства должна поступить информация о номере вызываемого абонентского устройства, называемого адресной информацией, а из КУ в абонентские устройства посылают информационные сигналы для оповещения абонента о различных ситуациях, возникающих в процессе установления соединения (сигнал вызова, занятости и т. д.). КУ могут соединяться между собой посредством как физических, так и многоканальных соединительных линий систем передачи, в которых образуется требуемое число каналов передачи.

Под каналом или линией понимается совокупность технических средств (линейных и станционных), обеспечивающих соединение и передачу информации между двумя смежными КУ, а также между абонентскими устройствами и коммутационной станцией. После установления соединительного тракта между абонентскими устройствами передача информации осуществляется только после подключения к соединительному тракту приемника информации, поэтому трактом передачи информации называют совокупность соединительного тракта, передатчика и приемника, обеспечивающего передачу и прием информации во время соединения между абонентскими оконечными устройствами.

- На КУ соединение может устанавливаться на время необходимое для передачи одного сообщения, например одного телефонного разговора или на длительное время, превышающее время передачи одного сообщения. Коммутация первого вида называется оперативной, а второго кроссовой (долговременной).

Оперативная коммутация осуществляется коммутационными приборами, которые занимают на время установления соединения, передачи сообщения и возвращения приборов в исходное состояние.

Кроссовая коммутация выполняется путем соединения линий (каналов) на ПЩ (промежуточных щитах) согласно предварительным требованиям абонента или в соответствии с заранее установленным расписанием на сеанс связи. Эти соединения на аналоговых сетях производятся персоналом вручную. На цифровых сетях эти соединения устанавливаются коммутационными приборами, специально для этой цели предназначенными.

Для выполнения своих функций коммутационная система должна иметь в своем составе следующие виды оборудования (рисунок 4.1):

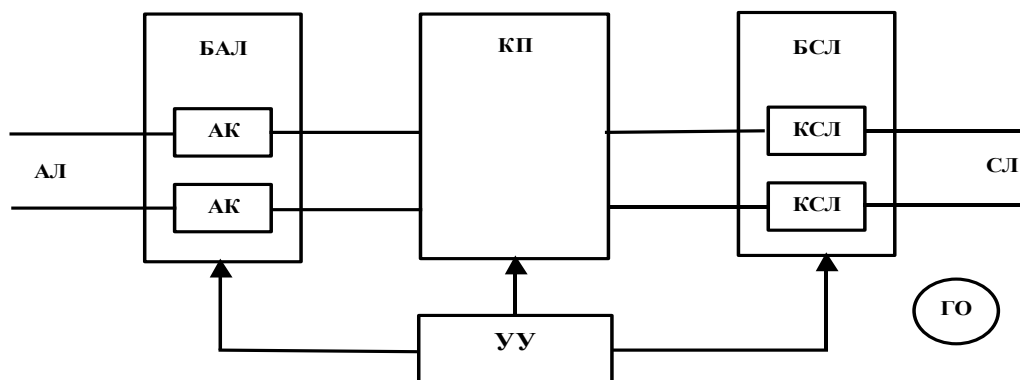
1) *Блоки абонентских линий* (БАЛ) осуществляют подключение абонентских линий (АЛ) к системе.

2) *Блоки соединительных линий* (БСЛ), к которым через КСЛ (комплекты соединительных линий) происходит подключение соединительных линий (СЛ) для связи с другими коммутационными системами.

3) *Коммутационное поле* (КП) осуществляет коммутацию входящих линий с исходящими. Коммутационное поле может быть построено на основе пространственного разделения каналов и тогда в качестве коммутационных элементов используются многократные координатные соединители (МКС), герконовые реле, ферриды. Коммутационное поле с временным разделением каналов строится на основе применения импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) и использует в качестве элементов полупроводниковые запоминающие устройства и логические интегральные микросхемы.

4) *Система управления* (СУ) – выполняет все логические функции по управлению процессами установления соединений.

5) *Генераторное оборудование* – осуществляет формирование акустических сигналов.



БАЛ – блок абонентских линий

ГО – генераторное оборудование

БСЛ – блок соединительных линий

КСЛ – комплект соединительных линий

АК – абонентский комплект

УУ – управляющее устройство

Рисунок 4.1 – Обобщенная структура коммутационной системы

Классификация КУ.

Коммутационные узлы классифицируются по ряду признаков:

- по виду передаваемой информации (телефонная, телеграфная, ПД, вещания, телеуправление и т.д.);
- по способу обслуживания соединений (ручной, полуавтоматический, автоматический);
- по месту, занимаемому в сети электросвязи (РАТС, ЦС, УС, ОС, АМТС, МН, УВС, УИС, СТС, УЗСЛ, УВСМ и т.д.);
- по типу сети связи (городская, сельская, учрежденческая, междугородная, международная);
- по типу коммутационного и управляющего оборудования (электромеханические, механоэлектрические, квазиэлектронные электронные);
- по типу систем применяемого оборудования (ДШ, Координатные, Машинные, КЭ, Э, ЦСК);
- по емкости линий или каналов (малая, средняя, большая);
- по типу коммутации (оперативная, кроссовая, смешанная);
- по способу разделения каналов (пространственный, пространственно-временной, пространственно-частотный);
- по способу передачи информации (коммутация каналов, коммутация сообщений, коммутация пакетов).

Коммутационная система (КС) представляет собой совокупность коммутационных приборов, с помощью которых обеспечивается соединение между включенными в нее линиями (исходящими и входящими). Во входы и выходы КС включаются линейные комплекты вх. и исх. линий, которые выполняют ряд функций связанных с процессом установления соединения. Кроме указанных комплектов в выходы КС включаются станционные комплекты (СК). КС характеризуется емкостью, определяемой числом включенных в нее вх. N и исх. M линий. В состав УУ входит аппаратура для приема и передачи управляющей информации. На основании информации в номере вызываемого абонента или направлении связи, принятой от источника вызова УУ включает соответствующие элементы Кс, в результате чего осуществляется соединение между соответствующим входом и выходом.

В состав оборудования КУ входят так же устройства ввода/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 КУ могут устанавливаться соединения следующих видов:

- внутрисканционное, когда соединение устанавливается между абонентами одной станции;
- исходящее, когда соединение устанавливается по инициативе абонента одной станции с абонентом другой станции через соединительные линии (СЛ).
- входящие, когда соединение устанавливается с абонентом данной станции по вызову поступившему по сл от другой станции.
- транзитные, когда на данной станции коммутируются две сл с целью соединения абонентов других АТС.

Линии на КУ соединяются на короткое время достаточное для передачи одного телефонного разговора с последующим разъединением РТ (разговорного тракта) передачи после окончания разговора, или на длительное время по раннее установленному расписанию.

Коммутация первого вида называется оперативной, а второго вида кроссовой или долговременной. Коммутация в обоих видах может осуществляться как ручным способом, с помощью телефонистки, так и автоматически с помощью коммутационных приборов.

При автоматической коммутации приборы КС занимают на время установления разговора и возвращаются в исходное состояние после разъединения.

Кроссовая коммутация осуществляется на промежуточных щитах (кроссах) в соответствии заранее установленного расписания.

Элементная база систем коммутации

Под **коммутацией** понимается любой вид переключения электрических цепей (замыкание, размыкание, переключение с одной цепи на другую). Для реализации процесса коммутации применяются коммутационные приборы. **Коммутационным прибором** называется устройство, обеспечивающее замыкание, размыкание и переключение электрических цепей, подключенных к его входам и выходам, при поступлении управляющего сигнала. Замыкание или размыкание электрической цепи в коммутационном приборе осуществляется **коммутационным элементом**, который в простейшем случае представляет собой один контакт на замыкание.

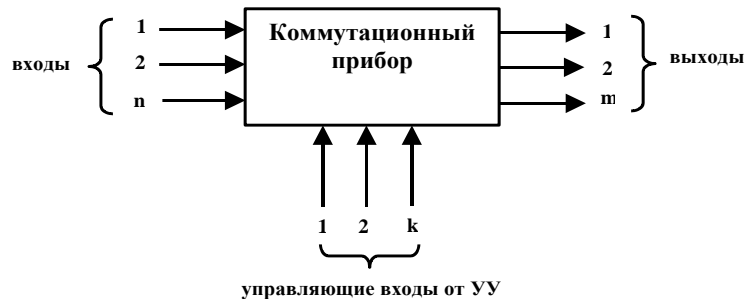
К коммутационному прибору могут подключаться линии с различной **проводностью**, которая определяется количеством одновременно коммутируемых проводов. Для коммутации линий с различной проводностью (двух-, трехпроводные и т. д.) требуется несколько коммутационных элементов, которые объединяются в **коммутационную группу**, элементы которой переключаются одновременно под воздействием управляющего сигнала. В коммутационном приборе в зависимости от числа подключаемых линий может быть установлено различное число коммутационных групп. Совокупность коммутационных групп, обеспечивающих коммутацию входов и выходов, называется **коммутационным полем прибора**. Местоположение коммутационной группы в коммутационном поле прибора называется **точкой коммутации**.

Цикл работы коммутационного прибора (рисунок 4.2) состоит из трех фаз:

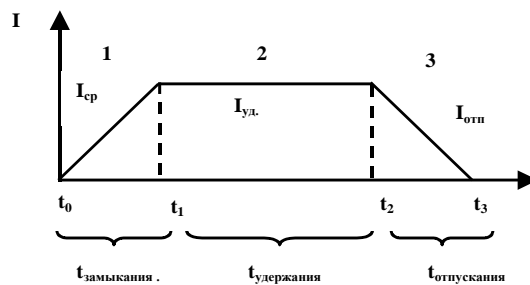
1) **фаза срабатывания (замыкания)**, длительность которой определяется временем переключения прибора из нерабочего состояния в рабочее и зависит от конструктивных особенностей и схемы включения управляющих цепей;

2) **фаза удержания (активное состояние)**, длительность которой зависит от функций прибора;

3) **фаза выключения (отпускания)**, длительность которой определяется скоростью возврата прибора в нерабочее состояние и зависит от конструкции прибора и схемы включения управляющих цепей.



УУ – управляющие устройства



- 1 – фаза замыкания
- 2 – фаза удержания
- 3 – фаза размыкания

Рисунок 4.2 – Цикл работы коммутационного прибора

Коммутационные приборы могут быть классифицированы по следующим признакам:

1) **по назначению:**

- коммутация цепей управления (реле);
 - коммутация трактов в поле (искатели, соединители различных типов);
- 2) **по способу удержания точки коммутации в рабочем состоянии:**

- механическое удержание;
- электрическое (магнитный поток создается током, протекающим по обмоткам прибора);
 - магнитное (магнитный поток для удержания создается либо постоянным магнитом, либо за счет остаточной индукции сердечника или контактных пружин).

Коммутационные приборы характеризуются структурными, электрическими и временными параметрами.

К **структурным параметрам** относятся:

- число входов n ;
- число выходов m ;
- доступность D ;
- число одновременно коммутируемых линий (проводность) p .

Производными от этих параметров являются общее число точек коммутации и коммутационных элементов, максимальное число одновременных соединений.

К **электрическим параметрам** относятся:

- коммутационный коэффициент K - отношение сопротивления коммутационного элемента в закрытом (разомкнутом) состоянии R_z к сопротивлению в открытом (замкнутом) состоянии $R_з$;
- вносимое затухание в тракт;
- уровень шумов;
- величина тока, необходимая для переключения коммутационных элементов;

- потребляемая мощность.

К **временным параметрам** относятся:

- время срабатывания ($t_{ср}$) – интервал времени между подключением питания к управляющим входам и переключением всех коммутационных элементов в рабочее состояние;
- время отпускания ($t_{отп}$) – интервал времени между подачей команды на отключение и возвратом всех коммутационных элементов в нерабочее состояние.

Коммутационные приборы по структурным параметрам делятся на четыре типа:

- 1) Коммутационные приборы типа **реле** (1×1), которые имеют один вход и один выход (условные изображения показаны на рисунке 4.3).

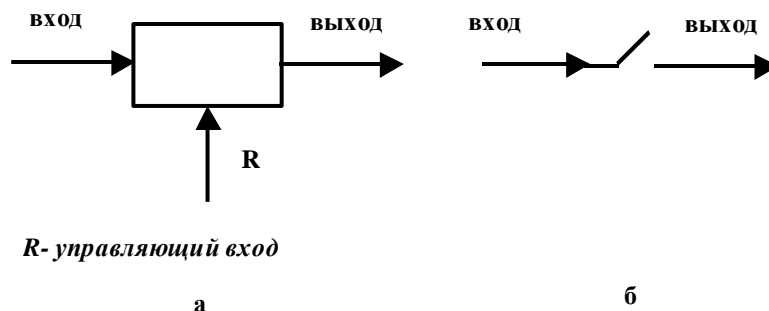


Рисунок 4.3 – Коммутационный прибор типа реле (1×1)

Коммутационный прибор данного типа может находиться в одном из двух состояний: разомкнутым или замкнутым. Переход из одного состояния в другое осуществляется под воздействием управляющего сигнала, который поступает на управляющий вход R из устройства управления. В приборе можно установить соединение входа с любым из m выходов, следовательно, доступность прибора $D = m$. При этом в приборе может быть установлено только одно соединение.

- 2) Коммутационные приборы типа **искателей** (1×m), которые имеют один вход и m выходов (условные изображения показаны на рисунке 4.4).

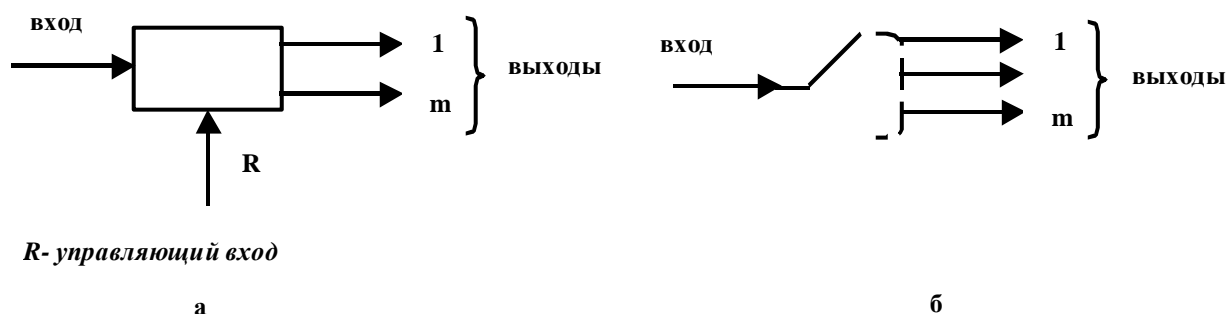


Рисунок 4.4 – Коммутационный прибор типа искателя (1×m)

В приборе можно установить соединение входа с любым выходов, следовательно, доступность прибора $D = m$. Одновременно в приборе может быть установлено только одно соединение.

- 3) Коммутационные приборы типа **соединителей** ($n \times m$), которые имеют n входов и m выходов (условные изображения показаны на рисунке 4.5).

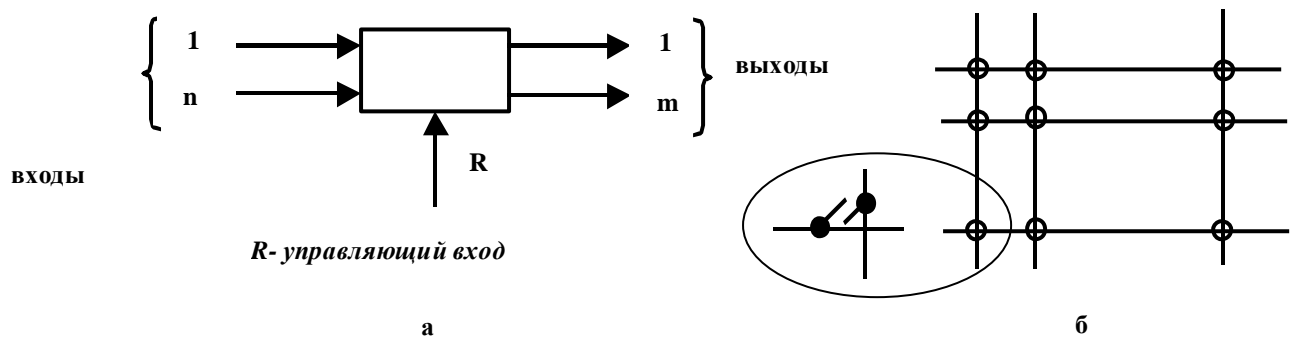


Рисунок 4.5 – Коммутационный прибор типа соединителя ($n \times m$)

Каждому из n входов доступен любой из m выходов, следовательно, доступность прибора $D=m$. В приборе одновременно может быть установлено n соединений, если $n \leq m$ или m соединений, если $n > m$.

4) Коммутационные приборы типа *многократных соединителей* $n(1 \times m)$, которые имеют n входов и $n \times m$ выходов (условные изображения показаны на рисунок 4.6).

Каждому из n входов доступны только m определенных выходов, следовательно, доступность прибора $D=m$ из общего числа выходов $n \times m$.

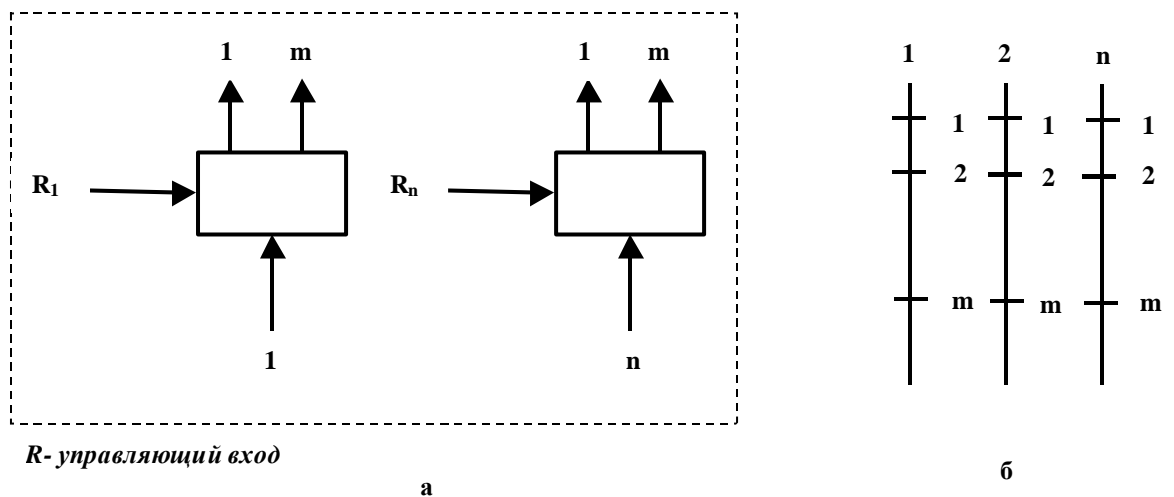
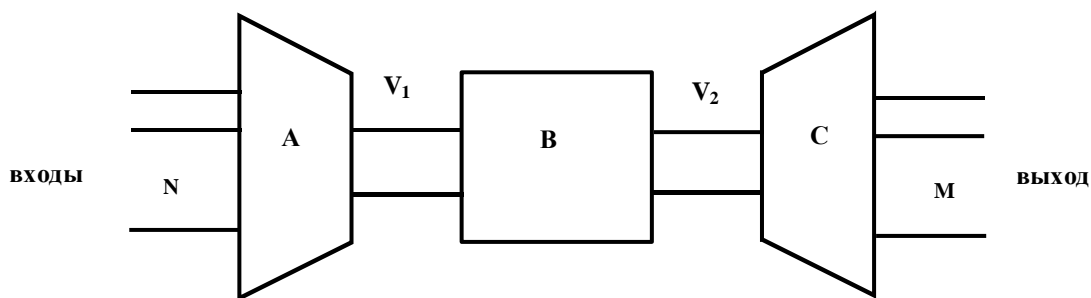


Рисунок 4.6 – Коммутационный прибор типа многократного соединителя $n(1 \times m)$

Коммутационные поля

Структура коммутационного поля

Одним из основных частей коммутационной системы является *коммутационное поле* (КП). Его рациональное построение позволяет при минимальных затратах оборудования обеспечить требуемое качество обслуживания вызовов. Структура КП показана на рисунке 4.7. Наибольшее распространение получили коммутационные поля с пространственным разделением каналов, которые используются в автоматических станциях для местной и междугородной связи. В настоящее время внедряются коммутационные станции, у которых в КП используется временное деление каналов. Коммутационное поле узла строится из отдельных частей.



A, B, C – ступени искания (звенья)

Рисунок 4.7 – Структура коммутационного поля

Коммутационные поля разделяются на **ступени искания (звенья)** – группа коммутационных приборов, выполняющих одинаковые функции.

С помощью КП через внутростанционные линии V_1 и V_2 N входов соединяются с M выходами. Чаще всего соотношение между числом линий следующее: $N > V_1$; $V_1 = V_2$; $V_2 < M$.

На ступени А осуществляется переход от большого числа входов N (абонентских линий) к меньшему числу внутростанционных линий V_1 , т. е. выполняется **функция сжатия**. На ступени В внутростанционные линии V_1 коммутируются с внутростанционными линиями V_2 , т. е. выполняется **функция коммутации**. На ступени С осуществляется переход от внутростанционных линий V_2 к требуемому числу выходов M , то есть выполняется **функция расширения**.

Ступени искания строятся на основе коммутационных схем, которые можно классифицировать по следующим признакам:

- 1) по соотношению числа входов и выходов:
 - **схемы концентрации или сжатия** (рисунок 4.8);

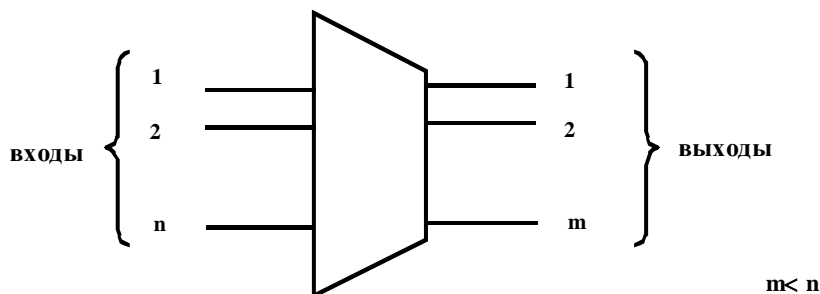


Рисунок 4.8 – Схема концентрации

- **схемы расширения** (рисунок 4.9);

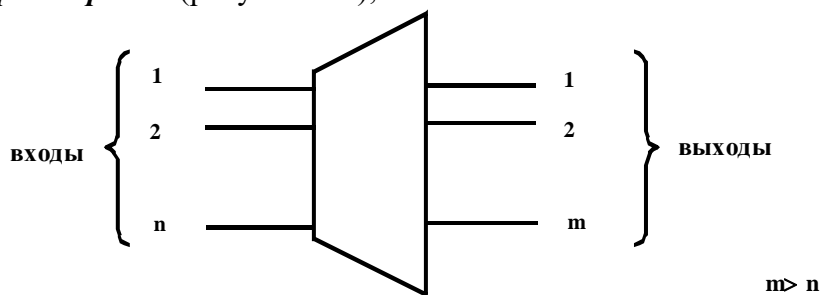


Рисунок 4.9 – Схема расширения

- *схемы смешивания* (рисунок 4. 10);

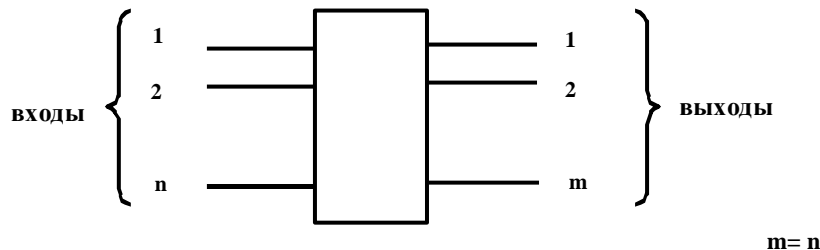


Рисунок 4.10 – Схема смешивания

2) по количеству точек коммутации между входом и выходом:

- *однозвенные* или *однокаскадные*, в которых соединение входа с выходом осуществляется через одну точку коммутации (рисунок 4.11);

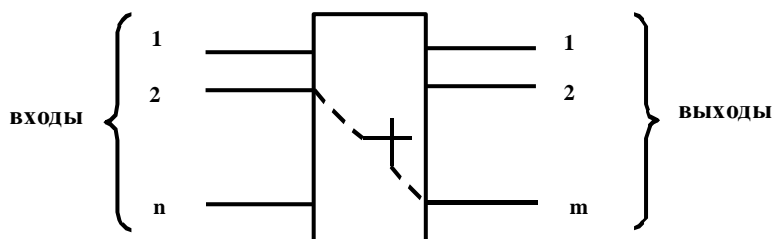
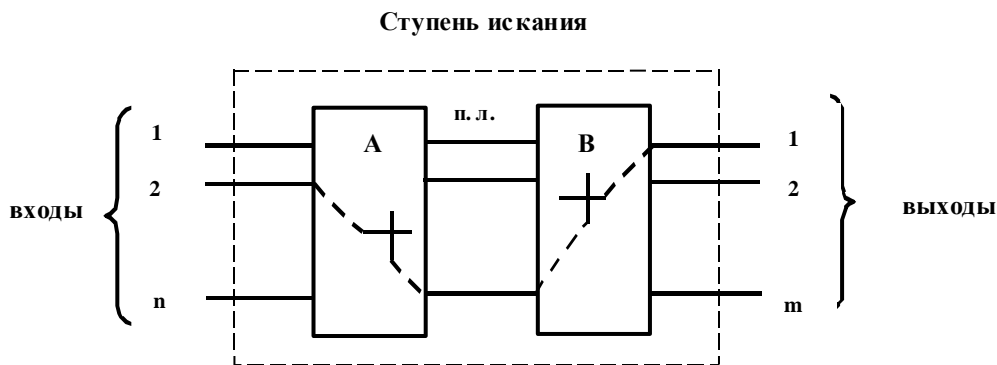


Рисунок 4.11 – Однозвенная ступень искания

- *многозвенные*, в которых соединение входа с выходом осуществляется через несколько точек коммутации, например, через две (рисунок 4.12).



п. л. – промежуточные линии

Рисунок 4.12 – Двухзвенная ступень искания

Принято обозначать звенья коммутационной схемы буквами английского алфавита: А, В, С, D и т.д. Многозвенные схемы используются для увеличения доступности. В данных коммутационных схемах применяется принцип *обусловленного искания*: выбирается такой выход, к которому есть свободная промежуточная линия, доступная входу.

Если на каждой из приведенных на рис.3.1 частей КП соединение устанавливается независимо от наличия соединительных путей к требуемому выходу в последующих частях КП, то указанные части КП представляют собой ступени искания.

Ступень искания в свою очередь состоит из соединенных между собой однотипных коммутационных блоков. Под коммутационным блоком понимают совокупность коммутационных приборов имеющих все или часть общих выходов. Соответствующим

соединением входов и выходов коммутационных приборов можно получить коммутационный блок с требуемыми параметрами для построения КП или его отдельных частей.

Коммутационные блоки (КБ) можно строить на коммутационных приборах различных типов.

Объединяя определенным образом входы и выходы коммутационных приборов, можно получить КБ, обладающие теми или иными структурными параметрами. От структурных параметров и их соотношения зависит пропускная способность КБ и потери сообщения, которые могут иметь место при установлении соединения через данный блок.

КБ характеризуется следующими параметрами:

- числом входов и выходов;
- числом промежуточных линий;
- доступностью входов по отношению к выходам;
- числом точек коммутации, при установлении соединения между входом выходом, т. е. числом звеньев соединения;
- общим числом точек коммутации для построения блока;
- проводностью линий, коммутируемых в блоке;
- числом одновременных соединений в блоке.

При построении КБ с требуемыми структурными параметрами из отдельных приборов могут выполняться следующие операции:

- объединение входов;
- объединение выходов;
- последовательное соединение приборов, т. е. выход одного прибора соединяется со входом другого. коммутационные блоки могут быть построены с использованием одновременно нескольких операций.

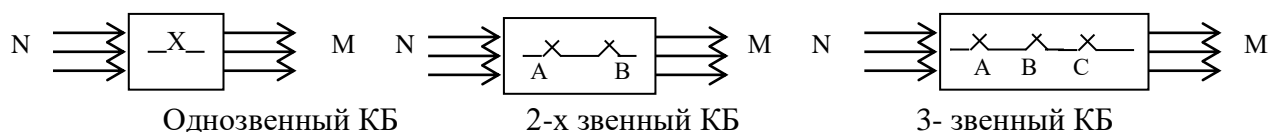
В коммутационном блоке включение выходов по отношению к входам может быть полностью доступным и частично доступным.

Полностью доступным включением называется такое, при котором вход блока может быть соединен только с любым свободным выходом. Если вход можно соединить только с частью определенных выходов блока, то такое включение называется *частично доступным*. Число выходов блока, с которыми вход блока может получить соединение, называется *доступностью D*.

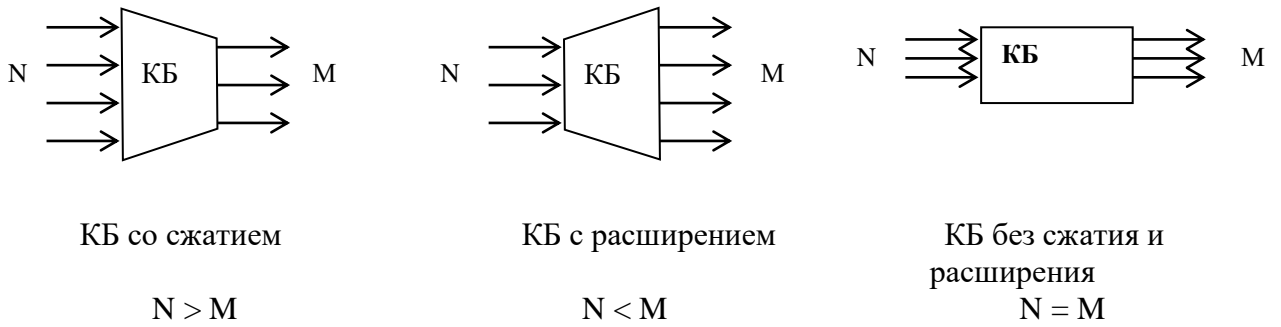
Коммутационные блоки.

Коммутационным блоком (КБ) называется совокупность приборов, имеющих все или часть общих выходов. Для реализации КБ используются коммутационные приборы 4-х типов, рассмотренные ранее. Коммутационные блоки с требуемыми параметрами можно получить объединением входов, выходов или входов и выходов одновременно. В зависимости от того, как использованы приборы для подключения входа к выходу, КБ могут быть однозвенными и многозвенными, полностью доступными и частично доступными. Доступностью *D* называется число выходов блока, с которым вход блока может получить соединение через посредство коммутационного прибора.

КБ называется однозвенным, если для соединения входа с выходом требуется коммутация в одной точке. КБ называется многозвенным, если для коммутации входа с выходом требуется коммутация в двух и более точках.



В зависимости от назначения и местоположения в коммутационном поле КБ могут реализовываться со сжатием, с расширением, без сжатия и расширения.



Рассмотрим подробнее образование блоков посредством указанных операций.
Объединение входов. При объединении входов двух приборов типа (1x1) рис.3.2, получаем коммутационный блок типа (1x2),

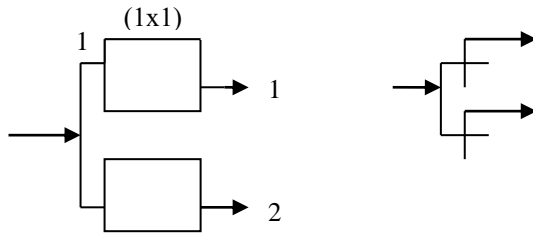


Рис. 3.2 Построение КБ путем объединения входов у приборов 1x1, в котором входу уже будут доступны два выхода $D=2$. Объединяя входы нескольких коммутационных приборов, можно получить коммутационный блок с требуемым числом входов и выходов и требуемой доступностью.

При объединении двух приборов типа (1xm) получим коммутационный блок типа (1x2m) Рис.3.3, в котором вход имеет доступ к 2m выходам $D=2m$.

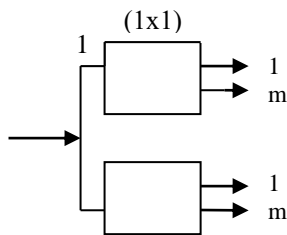


Рис.3.3 Построение КБ путем объединения входов у приборов 1x m
 При объединении двух приборов типа n (1xm) получим коммутационный блок типа [n (1x2m)] Рис.3.4, в котором вход имеет доступ к определенным 2m выходам $D=2m$.

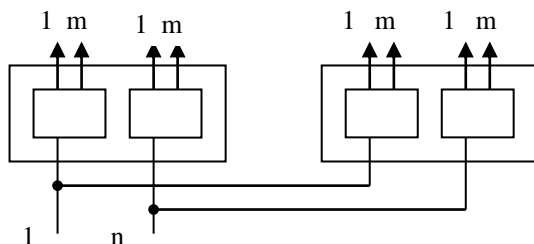


Рис.3.4 Построение КБ путем объединения входов у приборов n ($1 \times m$).

Если в коммутационном приборе объединить все n входов, то получим КБ типа $[1 \times nm]$, где входу будут доступны все nm выходов $D = nm$. Объединяя одноименные входы у двух КП типа $(n \times m)$, получаем КБ типа $[n \times 2m]$ Рис. 3.5, в котором каждый вход имеет доступ к $2m$ выходам ($D=2m$).

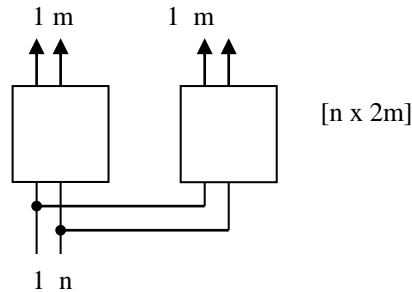


Рис. 3.5 Построение КБ путем объединения входов у приборов $[n \times 2m]$

Анализируя структуру КБ, полученных путем объединения входов соответствующих коммутационных приборов, можно сделать вывод, что объединение входов приводит к увеличению выходов по сравнению с числом выходов коммутационного прибора и увеличению доступности D входов по отношению к выходам. Следовательно, для получения КБ требуемой доступности посредством коммутационных приборов, обладающих меньшей доступностью, следует производить объединение входов у соответствующего числа коммутационных приборов.

Объединение выходов.

Объединяя выходы в группе из K коммутационных приборов, получаем КБ, в котором входы всех коммутационных приборов имеют доступ к одной и той же группе выходов. При этом максимальное число одновременных соединений в таком блоке определяется числом выходов m , если $k > m$, или числом входов k , если $k < m$.

Из K приборов типа (1×1) получаем КБ типа $[k \times 1]$ Рис. 3.6 а); из k приборов типа $(1 \times m)$ -КБ типа $[k \times m]$ Рис.19 в);

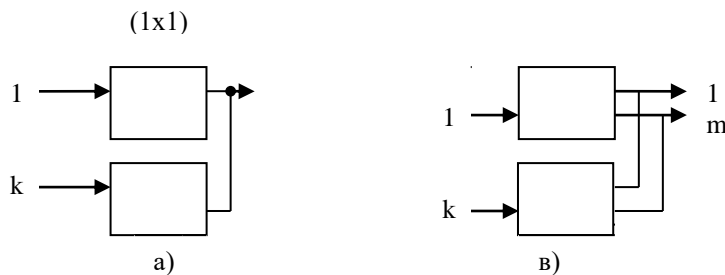


Рис.3.6 Построение КБ путем объединения выходов у приборов 1×1 (а) и приборов $1 \times m$ (в)

Из k приборов типа $n(1 \times m)$ - КБ типа $[km(nm)]$ рис. 2.20 а); и из k приборов типа $(n \times m)$ -КБ $[k \times n \times m]$ рис.3.7 в).

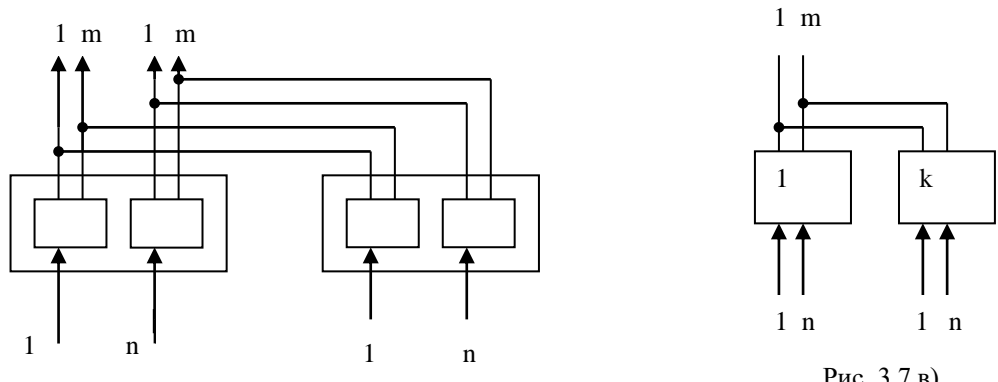


Рис. 3.7 а)

Рис. 3.7 в)

Последовательное соединение.

Коммутационные блоки могут быть построены путем последовательного соединения выходов одних коммутационных приборов с входами других. При последовательном соединении двух приборов типа $(1 \times m)$ получим коммутационный блок типа $[1 \times v \times m]$, в котором входу будут доступны m^2 выходов. В этом блоке будут две точки коммутации, одна на звене А и вторая на звене В рис. .21 а), где v – промежуточные линии между звеньями А и В. Доступность данного блока увеличивается по сравнению с доступностью коммутационных приборов, на которых блок построен. Аналогично при последовательном соединении коммутационных приборов типа $(n \times m)$ и $(1 \times m)$ получаем КБ типа $[n \times v \times m^2]$, в котором каждый вход имеет доступ к m^2 выходов.

КБ такого типа получили название двухзвенных блоков, а место расположения коммутационных элементов в таких блоках называется звеном коммутации.

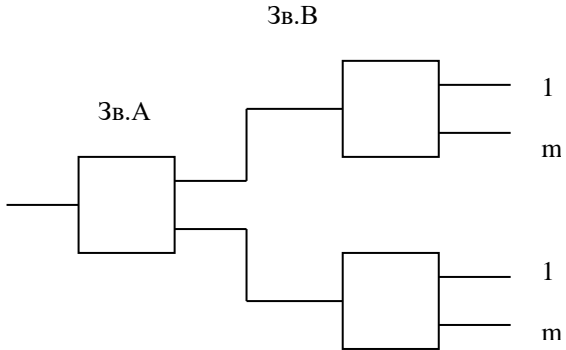


Рис. 3.8 а)

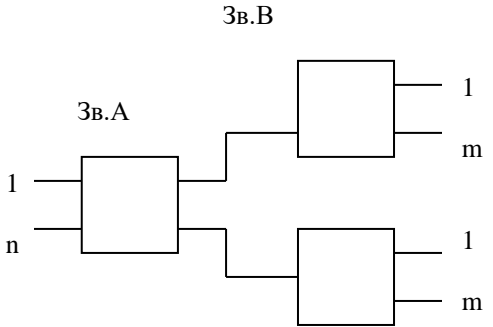


Рис.3.8 в)

Коммутационные блоки можно строить и на большее число звеньев, соединяя последовательно выходы предыдущего звена со входами последующего. Из отдельных КБ можно строить более сложные КБ требуемой структуры для построения отдельных частей или всего коммутационного поля узла. Простейшим коммутационным блоком является однозвенный полнодоступный блок, в котором любой вход имеет доступ к любому выходу. Такой блок называется коммутатором. С помощью коммутаторов можно строить КБ с необходимыми структурными параметрами, используя операции объединения входов и выходов и последовательного соединения. Коммутатор представляет собой блок типа $(n \times m)$ и может быть построен на коммутационных приборах любого типа объединением входов и выходов как показано на рис.3.9

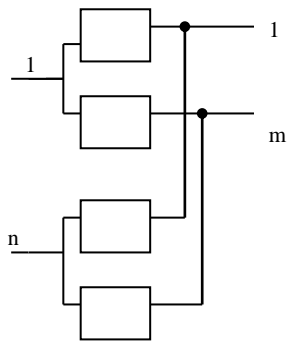


Рис. 3.9 а)

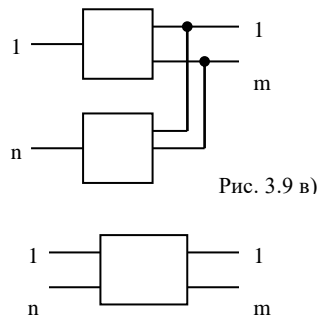


Рис. 3.9 с)

В каждом КБ соединение входа с выходом может осуществляться через одну или несколько коммутационных точек. Если для коммутации входа с выходом в КБ используется одна точка коммутации, то такой КБ называется **однозвенным**. Однозвенные КБ с параметрами N входов и M выходов требуют согласования для реализации T_1 коммутационных точек как, например, в схеме на рис.3.

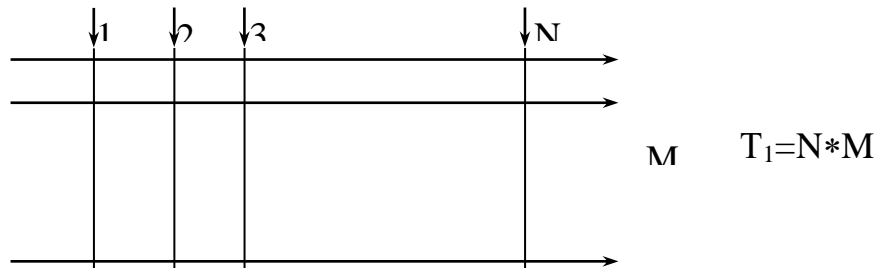


Рис.3.10 Схема однозвенного КБ.

Удельное количество точек коммутации для такой схемы определяется:
 $C_1' = T_1 / N = M$

Значение C_1' при однозвенной реализации КБ показывает, что каждому входу из N должно быть доступно M или часть из M выходов, то есть такие схемы характеризуются низким использованием точек коммутации.

В декадно-шаговых системах коммутации (системы первого поколения) коммутационное поле имеет ступенчатое построение. Количество ступеней искания определяется емкостью коммутационной системы и структурой телекоммуникационной сети. Все ступени однозвенные, реализованы на приборах типа «искатель».

Многозвенные коммутационные ступени и блоки.

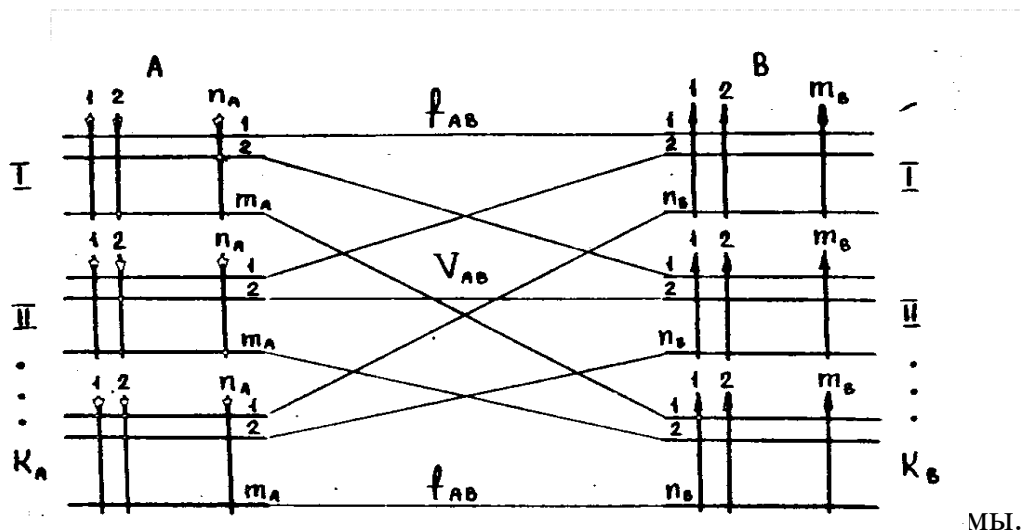
Общие принципы построения многозвенных ступеней

В тех системах коммутации, в которых к качеству разговорного тракта предъявляются высокие требования (координатные, квазиэлектронные, электронные), стоимость образующих коммутационную систему элементов значительно повышается, т.е. увеличивается стоимость коммутационного оборудования. Поэтому необходимо найти такие способы построения коммутационной системы, которые позволили бы уменьшить число точек коммутации, а, следовательно, и стоимость коммутационной системы в целом.

Поставленная задача решается применением так называемых звеньевых включений. Если для коммутации одного из N входов с одним из M выходов используются две и более коммутационных точки (два и более звена), то такой КБ

называется **многозвенным**. Многозвенный КБ характеризуется входящими N, промежуточными V и исходящими M линиями.

На рис.3.11 представлена общая структура двухзвенной схемы, звенья которой обозначены A и B.



Такая двухзвенная схема характеризуется следующими структурными параметрами:

- n_A - число входов в один коммутатор звена A;
- m_A - число выходов из одного коммутатора звена A;
- k_A - число коммутаторов на звене A;
- n_B - число входов в один коммутатор звена B;
- m_B - число выходов из одного коммутатора звена B;
- k_B - число коммутаторов на звене B.

При этом имеет место следующие простые соотношения:

- $N = n_A \cdot k_A$ - число входов в КБ;
- $M = m_B \cdot k_B$ - число выходов из КБ;
- $V_{AB} = m_A \cdot k_A = n_B \cdot k_B$ - общее число промежуточных линий.

Двухзвенная схема характеризуется также параметром

$f_{AB} = m_A / k_B$ - связностью, то есть количеством промежуточных линий, связывающих каждый коммутатор звена A с каждым коммутатором звена B. В односвязной схеме коммутационного блока $f_{AB}=1$ и тогда справедливо соотношение $m_A = k_B$ и $n_B = k_A$.

Многозвенные схемы характеризуются также параметром δ - коэффициентом сжатия или расширения (блока звена)

$$\delta = \frac{M}{N}; \quad \delta_A = \frac{m_A}{n_A}; \quad \delta_B = \frac{m_B}{n_B}.$$

Если $\delta > 1$, то на звене или в КБ имеет место расширение, если $\delta < 1$ - имеет место сжатие. При $\delta = 1$ - схема без сжатия и расширения. Значение δ определяется назначением степени искания, в которой работает КБ.

В двухзвенной схеме без сжатия и расширения коэффициент δ равен 1 и тогда справедливо соотношение

$$n_A = m_A = n_B = m_B = m.$$

В режиме подключения любого входа к любому выходу (режим свободного искания) такая двухзвенная схема равноценна однозвенной и не будет иметь потерь. В этом случае коммутационные схемы рис.3 и рис.5 могут сравниваться по числу точек коммутации.

Общее число точек коммутации в рассматриваемой двухзвенной схеме будет равно:

$$T_2 = T_A + T_B = n_A \cdot m_A \cdot k_A + n_B \cdot m_B \cdot k_B = 2 m^3.$$

Так как $n_A \cdot k_A = N = m^2$, то $m = \sqrt{N}$.

В этом случае общее количество точек коммутации двухзвенной схемы будет определено $T_2 = 2 (\sqrt{N})^3 = 2N \cdot \sqrt{N}$.

Удельное количество точек коммутации составит:

$C_1'' = T_2 / N = 2\sqrt{N}$, то есть уже при N больше 4 двухзвенная схема будет иметь меньше точек коммутации по сравнению с однозвенной.

Однако многозвенные схемы обладают недостатком, называемым явление внутренних блокировок (ЯВБ). ЯВБ – это такое состояние схемы, когда входящая линия не может быть подключена к свободной исходящей линии из-за отсутствия свободной доступной промежуточной линии из V .

Поэтому в зависимости от параметров, назначения и режима искания КБ строится на разном числе звеньев.

При свободном режиме коммутации, когда входу может быть подключена любая свободная исходящая линия, достаточно двух звеньев коммутации.

Аналогично и в режиме группового искания, схема КБ содержит два звена коммутации, т.к. и в этом режиме входящей линии должна быть подключена одна линия из множества (группы) на выходе, организуемого всеми коммутаторами звена В.

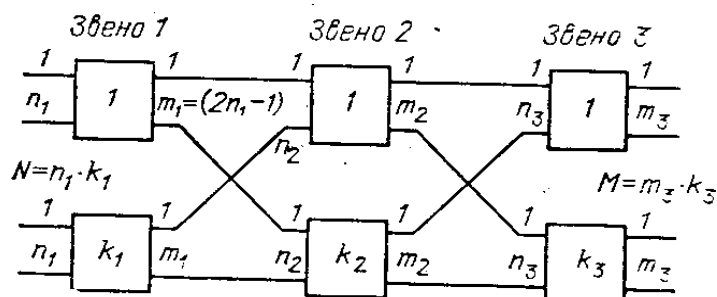
В некоторых случаях требуется построить КБ или коммутационное поле, в которых не должно быть внутренних блокировок. Такие КБ могут иметь как однозвенную, так и многозвенную структуру. И поскольку многозвенные КБ экономичнее однозвенных, то в системах коммутации чаще используются многозвенные КБ

В работах Клоза показано, что симметричная трехзвенная схема, приведенная на рис.3.12, будет полностью доступной, неблокирующей при условии $m_1 > (2n_1 - 1)$. В симметричной схеме $N = k_1 \cdot n_1 = M = k_3 \cdot m_3$,

$$\text{при этом } k_3 = k_1; m_3 = n_1; n_2 = k_1; m_2 = k_3.$$

В такой схеме независимо от того, сколько соединений уже установлено, всегда найдется соединительный путь между входом, по которому поступило требование на соединение и выходом. Следовательно, такая схема не имеет внутренних блокировок.

Работы Клоза показывают, что если $N=25$, число точек в однозвенной неблокирующей схеме равно 625, в трехзвенной неблокирующей схеме – 675 (т.е. при $N=25$ однозвенная и трехзвенная схема равноценны по числу точек коммутации), а при



$N=36$ число точек коммутации в однозвенной схеме – 1296, а в трехзвенной – 1288 (т.е. при $N=36$ схемы также равноценны). Но если N имеет большое значение, например, $N=10^4$, в однозвенной схеме число точек коммутации равно 100000000, в трехзвенной неблокирующей схеме число точек коммутации равно 5970000. Следовательно, уже при $N>36$ трехзвенная неблокирующая схема становится экономичнее однозвенной.

Рис 3.12 неблокирующие коммутационные блоки.

Для уменьшения внутренних блокировок могут быть использованы внутриблочные обходные линии. В двухзвенной схеме рис.5, если при установлении соединения все ПЛ из одного коммутатора будут занятыми или имеет место неудачное сочетание между свободными ПЛ и свободными выходами, поступивший вызов не будет обслужен, хотя имеются свободные выходы. На рис.3.13 представлена схема КБ с внутриблочными обходами.

**Число точек коммутации
в зависимости от числа входов**

| Число входов N | Число точек коммутации в схеме | | Число входов N | Число точек коммутации в схеме | |
|------------------|--------------------------------|-------------|------------------|--------------------------------|-------------|
| | однозвенной | трехзвенной | | однозвенной | трехзвенной |
| 4 | 16 | 36 | 64 | 4096 | 2880 |
| 9 | 81 | 135 | 81 | 6561 | 4131 |
| 16 | 256 | 336 | 10^2 | 10^4 | 5700 |
| 25 | 625 | 675 | 10^3 | 10^6 | 186737 |
| 36 | 1296 | 1288 | 10^4 | 10^8 | 5970000 |

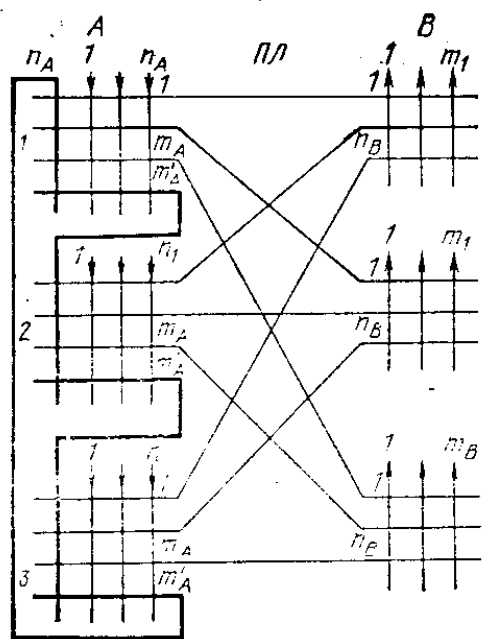


Рис.3.13. Коммутационный блок с внутренними обходами.

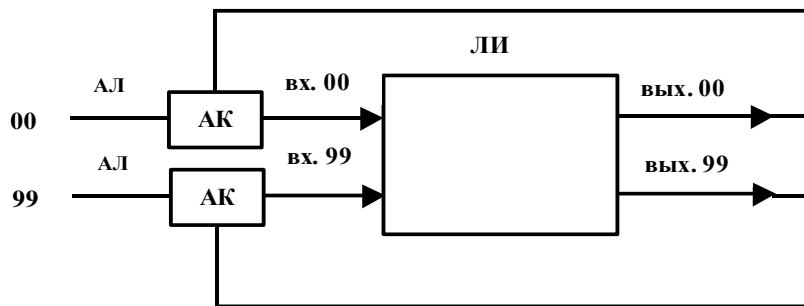
В этой схеме при занятости всех m_A ПЛ одного коммутатора занимает m_A^1 обходная линия к следующему коммутатору звена А и производится поиск ПЛ среди m_A ПЛ выходов другого (следующего) коммутатора звена А. Если и здесь не будет найдена свободная ПЛ, то занимает обходная линия в следующий коммутатор и т.д. В результате организации m_A^1 обходных линий любой входящей линии доступны все $k_A \times m_A$ ПЛ, а это значит, что будут уменьшены внутренние блокировки. Организация m_A^1 дополнительных линий требует увеличения числа входящих линий в каждом коммутаторе

звена А. Параметры коммутатора схемы с обходами равны $(n_A + n_A) \times (m_A + m_A^1)$ вместо $n_A \times m_A$ в схеме КБ без обходов. Число обходных линий определяется при расчете КБ.

4.3.2 Модель коммутационной системы

Модель коммутационной системы емкостью 100 номеров с одной ступенью искания показана на рисунке 4.13.

В данной системе каждая абонентская линия АЛ имеет индивидуальный коммутационный прибор – линейный искатель на 100 линий (прибор типа 1×100), который осуществляет выбор линии вызываемого абонента. Помимо собственного искателя АЛ заводится на соответствующие контакты всех 100 искателей, установленных в системе. Абонентский комплект АК служит для приема сигнала вызова от телефонного аппарата абонента.



ЛИ – ступень линейного искания
АЛ – абонентская линия
АК – абонентский комплект

Рисунок 4.13 – Модель коммутационной системы с одной ступенью искания ЛИ

Для установления соединения абонент должен набрать на номеронабирателе телефонного аппарата двухзначный номер вызываемого абонента. Выбор выхода на ступени ЛИ осуществляется в режиме **вынужденного искания**, т. е. под управлением адресной информации. На рисунке 4.14 показана диаграмма последовательности установления внутривызовного соединения.

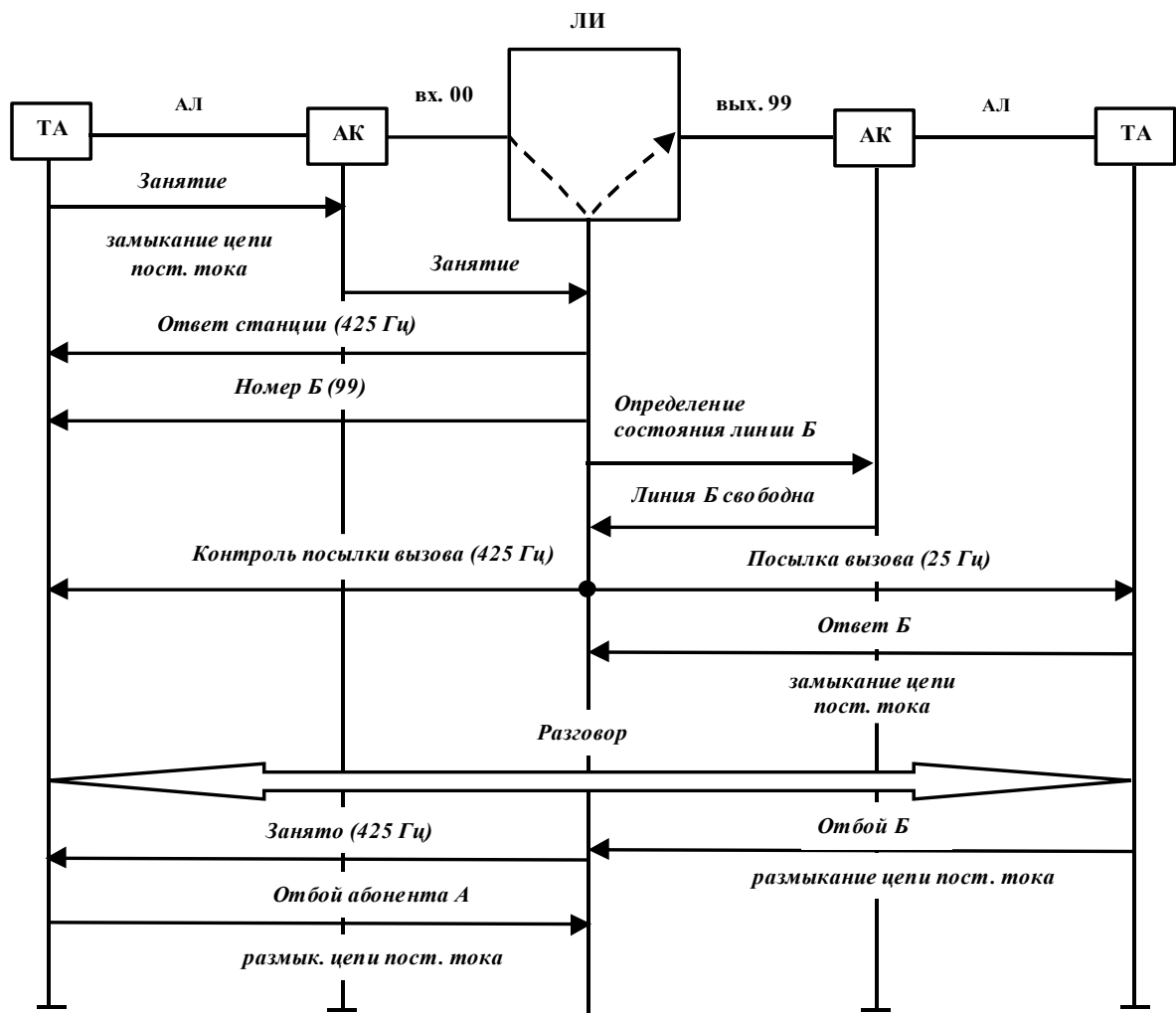
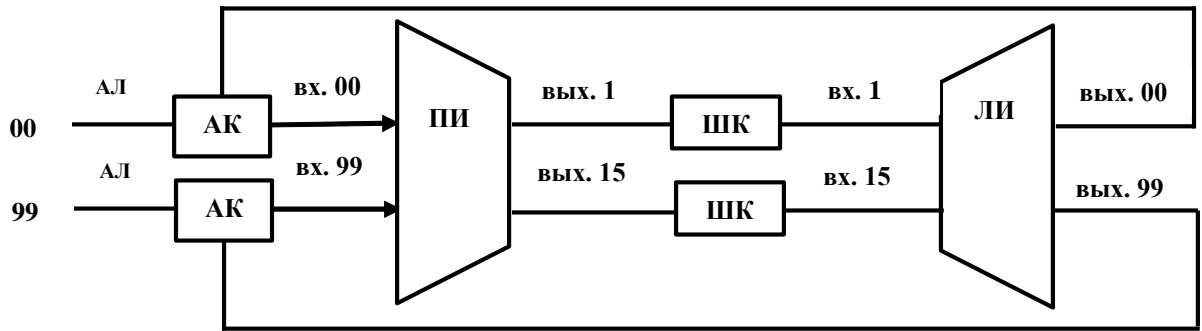


Рисунок 4.14 – Диаграмма последовательности установления внутростанционного соединения

Построение системы коммутации с одной ступенью искания экономически не выгодно, т. к. для обслуживания возникающих вызовов в час наибольшей нагрузки достаточно иметь 10-15 приборов ЛИ вместо 100, которые используются в данной системе.

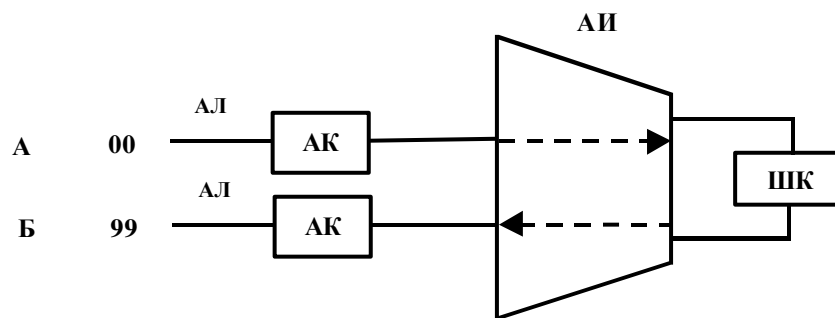
Если всем вызывающим абонентам будет доступно 10-15 приборов, то для подключения свободного прибора нужно ввести дополнительную ступень предварительного искания ПИ, которая позволит сократить число приборов. ПИ обеспечивает подключение АЛ вызывающего абонента к свободному в данный момент ЛИ. Выбор свободного выхода к следующей ступени искания осуществляется в режиме **свободного искания**, т. е. без использования номера абонента Б. Выход со ступени ЛИ осуществляется в режиме вынужденного искания. Модель коммутационной системы емкостью 100 номеров с двумя ступенями искания показана на рисунке 4.15.



ЛИ – ступень линейного искания
ПИ – ступень предварительного искания
АК – абонентский комплект
ШК – шнуровой комплект

Рисунок 4.15 – Модель коммутационной системы с двумя ступенями искания

Распределение функций ПИ и ЛИ между разными ступенями искания применяется в декадно-шаговых АТС. Во всех остальных системах АТС эти функции выполняет ступень *абонентского искания* АИ (рисунок 4.16).



АИ – ступень абонентского искания
АК – абонентский комплект
ШК – шнуровой комплект

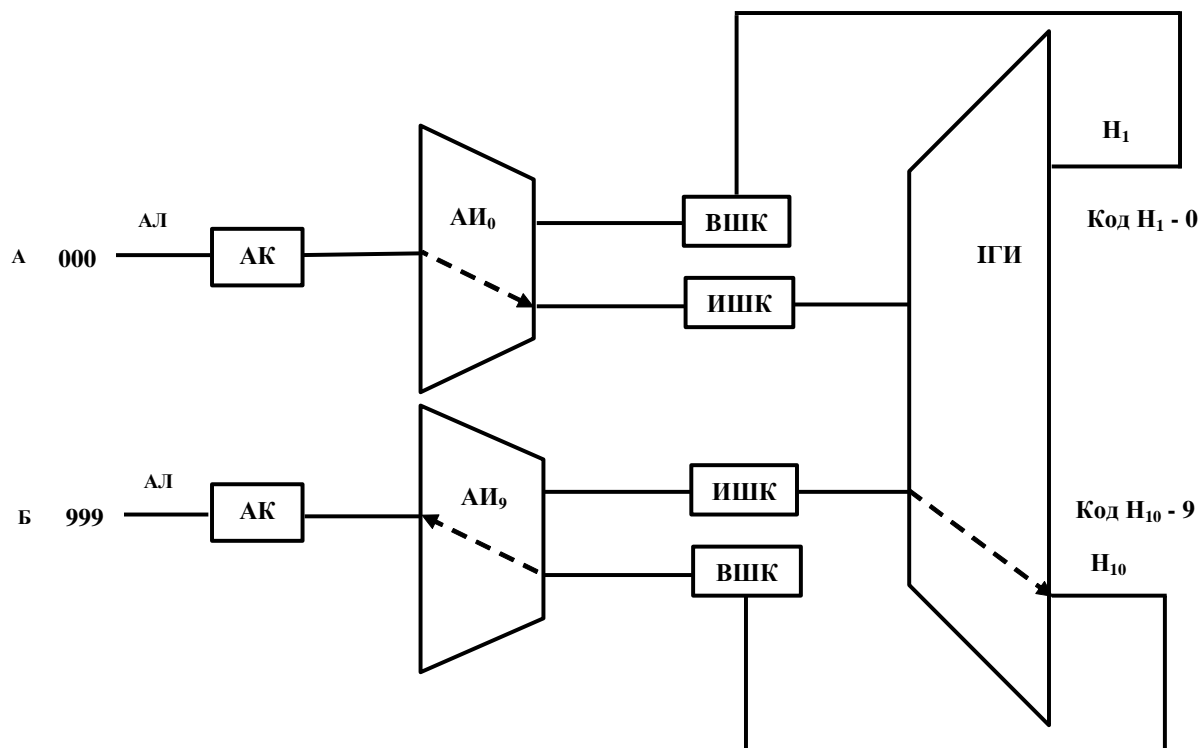
Рисунок 4.16 – Модель коммутационной системы с одной ступенью искания АИ

Ступень АИ является ступенью двухстороннего действия: для вызывающего абонента выполняет функции ПИ, для вызываемого функции ЛИ.

Максимальная емкость коммутационной станции с функциями ПИ-ЛИ зависит от параметров коммутационных приборов, на которых построена ступень ЛИ (АИ). Как правило, эти приборы имеют 100 выходов в коммутационном поле, поэтому емкость АТС не превышает 100 номеров.

Для увеличения емкости АТС при построении коммутационного поля используется способ *группообразования*. Сущность группообразования состоит в том, что общая емкость АТС делится на группы, емкость которых равна емкости контактного поля ЛИ.

Например, АТС емкостью 1000 номеров разбивается на 10 групп по 100 номеров в каждой. Для выбора группы, в которой находится нужная АЛ, устанавливается специальный коммутационный прибор – *групповой искатель* (ГИ). Совокупность приборов ГИ образует *ступень группового искания – ступень ГИ*.



Номер Б = код направления + номер линии в сотенной группе

ГИ

АИ

АИ – ступень абонентского искания

ГИ – ступень группового искания

АК – абонентский комплект

ИШК – исходящий шнуровой комплект

ВШК – входящий шнуровой комплект

Н – направление

Рисунок 4.17 – Модель коммутационной системы с одной ступенью ГИ

Поле ступени ГИ делится на направления связи, через каждое из которых обеспечивается доступ к определенной группе абонентов. Поле ГИ характеризуется:

- **делимостью** – количеством направлений связи;
- **доступностью** – число выходов направления, доступных входу;
- **кодом** – частью номера вызываемого абонента, по которой происходит выбор направления.

Максимальное количество направлений, которое можно организовать в поле ГИ, зависит от способа деления поля. Различают *механическое* и *электрическое* деление поля. При *механическом делении* количество направлений поля ГИ определяется конструкцией коммутационных приборов. Такой метод применяется в декадно-шаговых АТС, поля ГИ которых имеют 10 направлений. При электрическом делении поля количество направлений определяется программой, которая заложена в управляющее устройство.

Модель коммутационной системы емкостью 1000 номеров с одной ступенью ГИ показана на рисунке 4.17.

В процессе установления соединения на ступени ГИ производится выбор направления в режиме *вынужденного* искания и выбор выхода в направлении в режиме *свободного* искания.