

Глава 2

Декадно-шаговые АТС

*От знаний еще никто не умирал, но рисковать не стоит.
Из студенческого фольклора*

2.1 Основные принципы ДШ АТС

Те читатели, которые всерьез исповедуют приведенный в качестве эпиграфа принцип, могут пропустить эту и следующую главы и сразу перейти к цифровой коммутации. Остальным хотелось бы напомнить, что всякие знания рентабельны, что заложенные Строуджером технические идеи интересны и сегодня, и, наконец, что миллионы абонентов ВСС России все еще обслуживаются станциями этой системы.

Коммутация в декадно-шаговых АТС производится под непосредственным управлением сигналов набора номера вызывающим абонентом, без использования каких бы то ни было централизованных управляющих устройств. Мы вернемся к отсутствию централизованного управления далее, при рассмотрении полностью распределенного программного управления в цифровых АТС типов S12, DX-200 и др. Но это – уже следующий виток спирали развития систем коммутации. Ведь декадно-шаговые АТС, в отличие от электронных, квазиэлектронных и даже координатных, вообще не обладали никаким интеллектом (за исключением, разве лишь, схемы совместного монтажа индивидуальных электромеханических искателей, определявшей структуру той или иной АТС). Каждая набираемая вызывающим абонентом цифра управляла одним искателем, и каждый искатель мог обслуживать всякий раз только один вызов.

Например, если вызывающий абонент набирает цифру «3», искатель выполняет шаги вверх на три уровня, затем ищет свободный

искатель из тех, которые подключены к выходам этого третьего уровня. Контакты останавливаются на выходе, соединенном с первым свободным искателем третьего уровня, и этот прибор принимает затем следующую набираемую цифру. Таким путем, абонент сам управляет выбором маршрута через всю станцию.

Электромеханический искатель состоит из трех основных частей:

- неподвижной части – контактного поля;
- подвижной части со щетками – для создания электрического контакта с нужными ламелями контактного поля;
- движущего механизма (привода) – для перемещения подвижной части в нужное положение и для возвращения ее в исходное положение.

Искатели, как вращательные, так и подъемно-вращательные, с помощью которых производится искание всех видов, принято показывать на скелетных и принципиальных схемах в виде условных изображений, приведенных на рис. 2.1.

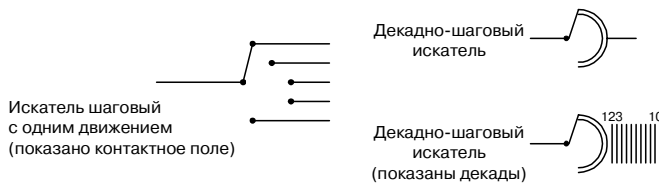


Рис. 2.1 Условные изображения шаговых искателей

Декадно-шаговые АТС относят к первому поколению автоматических систем телефонной коммутации. Первые АТС этой системы появились еще в позапрошлом столетии. Примерами таких АТС, выпускавшихся отечественной промышленностью, являются рассматриваемые далее в этой главе городские АТС-47, АТС-54 и сельские АТС-100/500, в которых используются подъемно-вращательный искатель, получивший название ДШИ (декадно-шаговый искатель), и вращательный искатель ШИ-17 (шаговый искатель на 17 положений). Наша промышленность выпускала шаговые искатели прямого действия с одним круговым движением щеток и с контактным полем емкостью 10, 15, 25 и 50 линий, предусматривавшие коммутацию от четырех до восьми проводов и обозначавшиеся ШИ11, ШИ17, ШИ25 и ШИ50, соответственно. На ступени предварительного искания применяются вращательные шаговые искатели типа ШИ-11 (АТС-47) или ШИ-17 (АТС-54), а на станциях малой емкости типа УАТС-50/100 принято обратное предыскание с применением искателей ШИ-50.

Кроме декадно-шаговых, к АТС первого поколения относятся так называемые «машинные» станции, которые производились в Советском Союзе с 1927 г. на заводе «Красная Заря» в Ленинграде. В машинных АТС для группы искателей предусматривается общий ма-

шинный привод, состоящий из нескольких постоянно вращающихся валов. Подвижная часть искателя приводится в движение при ее временном сцеплении с вращающимся валом.

Помимо привода, характерными особенностями автоматических станций машинной системы являются отказ от декадного построения контактного поля и обусловленное этим наличие регистра, то есть использование не прямого, а обходного принципа управления исканием. Своеобразны также конструкция искателя и принцип его работы. Как и подъемно-вращательный, машинный искатель совершает движение двух видов, но в нем имеются две подвижные части – базовый блок и размещенная на нем рейка со щетками. Базовый блок вращается (вынужденное движение), поворачиваясь на такой угол, чтобы рейка оказалась против того ряда струн контактного поля, в который включены линии направления, выбранного при вынужденном движении базового блока. Затем рейка начинает свободное поступательное движение вдоль струн этого ряда и останавливается, когда ее щетки соприкоснутся с той группой струн, в которую включена свободная в этот момент линия. Интересно, что очень часто использовался такой вариант искания, когда рейка, не найдя свободного выхода, совершала обратное движение и могла двигаться взад-вперед до тех пор, пока какая-нибудь из линий не освободится. Этот вариант давал особенно упорным абонентам возможность получить соединение в сильно перегруженном направлении, не набирая многократно один и тот же номер, а лишь держа трубку возле уха и терпеливо дожидаясь момента, когда нужное соединение будет, в конце концов, установлено.

Наиболее сложная и дорогостоящая часть машинного искателя – механическая. Контактное же поле искателя составляет небольшую долю его стоимости. Очевидные экономические соображения продиктовали выбор конструкции искателя с большой емкостью контактного поля, что дало возможность уменьшить общее количество искателей на АТС.

После окончания Второй мировой войны восстановить производство машинных станций не удалось, и было принято решение организовать на заводе «Красная Заря» производство декадно-шаговых АТС. Разработка первой такой АТС была закончена в 1947 г. Станция получила название АТС-47. В 1954 г. была закончена разработка усовершенствованной декадно-шаговой АТС, получившей название АТС-54. Параллельно на заводе ВЭФ в Риге была разработана и стала производиться декадно-шаговая АТС типа УАТС-49, предназначенная для автоматизации внутренней телефонной связи предприятий и учреждений.

Характерной особенностью АТС-47 является применение на ступенях группового и линейного искания декадно-шаговых подъемно-вращательных искателей. Телефонный вызов, поступивший на вход

группового искателя, может быть направлен к 10 разным группам искателей следующей ступени группового искания или к 10 разным сотенным абонентским группам, т.е. к 10 группам линейных искателей. Выбор группы происходит при вынужденном движении искателя, которым непосредственно управляют импульсы, передаваемые от телефонного аппарата при наборе номера абонентом. После того как группа выбрана (т. е. щетки искателя поднялись на нужную декаду), групповой искатель начинает свободное вращательное движение (т. е. свободное искание незанятой и доступной линии в группе), и доступность выходов при свободном искании тоже равна десяти. Отличие работы линейного искателя состоит в том, что импульсы набора, получаемые от аппарата абонента, управляют и подъемным, и вращательным движением щеток этого искателя, в результате чего происходит выбор той из ста абонентских линий, включенных в его контактное поле, номер которой набрал вызывающий абонент.

К сожалению, простота и ясность декадного принципа искания удивительно быстро и на многие десятилетия затуманили головы работников эксплуатационных, проектных и научно-исследовательских организаций, сформировав в этих головах то, что весьма метко названо *декадно-шаговым мышлением*. Такое мышление до сих пор часто мешает рационально строить станции и сети, жестко привязывая их структуру и емкость к системе нумерации.

2.2 Искатели

Как уже было отмечено, искатель, в общем случае, содержит три основные части: контактное поле, совокупность подвижных коммутирующих элементов и привод. В некоторых искателях, кроме того, имеются служебные контактные группы, выполняющие вспомогательные функции. Электромеханические искатели бывают щеточные и бесщеточные. Первые характеризуются наличием щеток, скользящих при своем движении по контактными ламелям. В таких искателях подвижные детали и контактные поверхности подвержены значительному износу. Чтобы обеспечить достаточную механическую прочность щеток и контактных ламелей, им придают большие размеры, что заставляет использовать относительно недорогие металлы, преимущественно бронзу, а потому их существенным недостатком является окисление контактных поверхностей. В бесщеточных искателях применяют точечные контакты давления, изготовленные из благородных металлов, что обеспечивает надежность и высокое качество коммутации. В этих искателях перемещение контактных пружин происходит либо непосредственно под действием магнитного потока, что имеет место в герметизированных контактах (язычковые реле, ферриды), либо под действием якоря электромагнита, как в электромагнитных реле, либо при помощи специальных при-

водных приспособлений, передающих к контактным пружинам усилие от электромагнитов, что находит применение в многократных координатных и кодовых соединителях.

Щеточные искатели различаются количеством щеток, видами их движения и системой привода. Щетки искателей могут иметь один или два вида движения (по прямой линии и по окружности). Привод щеточных искателей может быть электромагнитным, машинным или моторным. В шаговых электромагнитных искателях блок подвижных коммутирующих элементов передвигается шаг за шагом при каждом притяжении или отпуске якоря электромагнита. В машинных искателях аналогичный по назначению блок передвигается плавно при его сцеплении с общим для группы искателей валом, приводимым в движение постоянно действующим мотором. Тот же блок моторных искателей передвигается с помощью небольшого электрического мотора, входящего в конструкцию каждого искателя.

На рис. 2.2 приведены схемы построения щеточных искателей с круговым движением щеток, поясняющие принцип действия шагового электромагнитного искателя. На рис. 2.2,а показана схема шагового искателя прямого действия, а на рис. 2.2,б – обратного действия. Перемещение щеток шагового электромагнитного искателя происходит вследствие воздействия собачки С якоря движущего электромагнита Э на храповое колесо ХК, скрепленное с осью щеток Щ. Это воздействие может происходить либо при притяжении, либо при отпуске якоря; соответственно, различают шаговые электромагнитные искатели прямого и обратного действия. При одинаковой мощности электромагнита искатели обратного действия могут обеспечить несколько большую скорость работы, чем искатели прямого действия. Однако в производственном отношении более удобны искатели прямого действия, которые и нашли преимущественное распространение. Они обеспечивают скорость искания до 40 шагов в секунду.

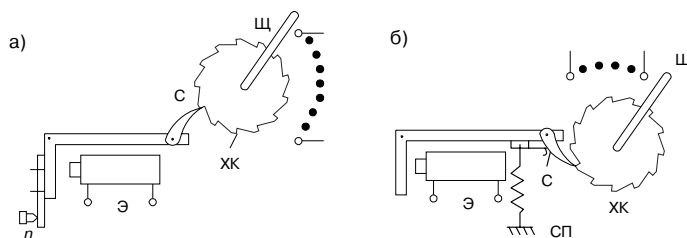


Рис. 2.2 Щеточные искатели

Щеточные искатели наиболее просты и наиболее распространены. Их основными характеристиками являются емкость поля, т. е. число линий, которые могут быть включены в контактное поле, и

проводность, т.е. число проводов, составляющих каждую из коммутируемых линий. Искатели, применяемые в АТС, имеют емкость поля от 2 до 500 линий и, в большинстве случаев, коммутируют три провода, из которых два (провода a и b) служат для передачи разговорных токов, управляющих и акустических сигналов, а третий (провод c) – для пробы занятости и блокировки занятых линий, о чем еще будет сказано в конце этой главы.

2.3 Вынужденное и свободное искание. Ступени искания

От коммутаторов Строуджера пошли некоторые основные понятия систем коммутации. В первую очередь это понятие *искания*, под которым понимается процесс выбора требуемой линии или группы линий. Искание бывает вынужденное и свободное. Вынужденное искание представляет собой поиск определённой линии или определённого направления, т.е. пучка линий.

В структуре ДШ-АТС имеются ступени искания трех видов: предварительного искания ПИ, группового искания ГИ и линейного искания ЛИ.

2.3.1 Предварительное искание

Предварительное искание (предыскание) производится только в режиме свободного искания и предназначается для подключения линии вызывающего абонента ко входу первой ступени ГИ. Каждая абонентская линия заканчивается на АТС абонентским комплектом (АК), состоящим из двух реле и предыскателя типа ШИ. Сто комплектов АК монтируются на одном стативе (статив ПИ), и, таким образом, число стативов ПИ, устанавливаемых на АТС, равно числу сотенных абонентских групп.

Принцип предварительного искания, применение которого позволяет в несколько раз уменьшить число искателей на АТС, был впервые предложен российским изобретателем М.Ф. Фрейденбергом, запатентовавшим в 1895 г. первую в мире конструкцию предыскателя. При использовании принципа предварительного искания линия вызывающего абонента подключается к шнуровой паре АТС приборами предыскания. Наличие предварительного искания повышает использование основного станционного оборудования и, следовательно, снижает его стоимость.

Для предыскания в декадно-шаговых АТС используются вращательные или подъёмно-вращательные искатели, с помощью которых может быть реализован любой из двух способов – *прямое предыскание* и *обратное предыскание*. Скелетные схемы обоих способов предыскания показаны на рис. 2.3.

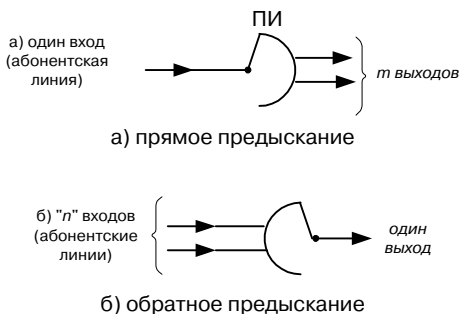


Рис. 2.3 Скелетные схемы способов предвысказания

Целесообразность применения прямого или обратного предвысказания определяется путем технико-экономического сравнения. Относительная экономичность того или иного способа зависит, в первую очередь, от затрат на оборудование (искатели и реле), суммарная стоимость которого зависит от нагрузки на одну абонентскую линию в ЧНН, от заданных норм качества обслуживания вызовов, от способа образования пучка приборов (ГИ или ЛИ) и от стоимости приборов.

Линии, имеющие высокое использование, например, соединительные линии от учрежденческих АТС и подстанций, могут подключаться непосредственно к приборам ГИ и ЛИ. Линии с малым использованием подключаются к соединительным устройствам АТС только через ступень предвысказания.

При прямом предвысказании в каждом абонентском комплекте имеется искатель ПИ небольшой емкости (на 10–15 выходов), который подключает линию вызывающего абонента к одному из свободных соединительных устройств, например, к 1ГИ. Количество предвысказателей равно числу абонентов станции.

При полном доступном включении линий в выходы предвысказателя каждому источнику нагрузки (входу коммутационной схемы) доступны все соединительные пути. В такой схеме потери вызовов возникают лишь при занятости всех выходов.

При неполнодоступном включении линий каждому источнику нагрузки доступна лишь часть выходов ступени искания. Применять неполнодоступное включение приходится потому, что доступность D на ступени предвысказания или группового искания обычно бывает меньше числа V выходов ступени. Потери вызовов в неполнодоступном пучке возникают при занятости всех выходов, доступных данному источнику нагрузки, хотя свободные выходы ступени в это время могут существовать. Поэтому для обеспечения заданных потерь при неполнодоступном включении необходимо большее число выходов, приборов, линий.

Если известна интенсивность поступающей нагрузки и задана норма вероятности потери вызова, количество линий в полностью доступном пучке определяется по формуле Эрланга. Для расчета полностью доступного пучка можно также пользоваться таблицами Г.П. Башарина, в которых табулирована формула Эрланга и по которым удобно определять вероятность потерь, если известна поступающая нагрузка и число линий. В случае ступенчатого неполнодоступного включения линий в выходы (при $D=10$) число приборов можно определять по таблицам Б.С. Лившица.

Для увеличения доступности применяют звеньевое включение. Примером использования такого включения в шаговых АТС является двойное предыскание, которое обеспечивает значительно большую доступность, чем одинарное предыскание. В схемах одинарного предыскания доступность постоянна. Особенностью схем двойного предыскания является переменная доступность, т.е. количество 1ГИ, доступных линии абонента из некоторой подгруппы, зависит от числа вызовов, ранее возникших в этой подгруппе.

2.3.2 Линейное искание

Линейное искание производится только в режиме вынужденного перемещения щеток искателя. В АТС ёмкостью до 10 номеров шаговый искатель выбирает линию вызываемого абонента, совершая вынужденное движение только одного вида – вращательное, а в АТС ёмкостью до 100 номеров декадно-шаговый искатель при выборе линии вызываемого абонента производит вынужденное движение двух видов – подъёмное движение для выбора той группы выходов, в которой находится нужная абонентская линия, и вращательное движение для отыскания самой этой линии.

Такое искание и называется линейным. Его цель – соединить определённый вход станции с определённым выходом, т.е. с определённой линией. Искатели, выполняющие линейное искание, называют линейными искателями (ЛИ).

Таким образом, ступень линейного искания (ступень ЛИ) выполняет индивидуальное искание и подключает свой вызывающий вход к вызываемой абонентской линии. Для каждой сотни абонентов предусматривается один статив ЛИ, на котором для обслуживания всех вызовов, поступающих к этой сотне, может быть установлено до 20 ЛИ. Все контактные поля этих ЛИ запараллеливаются и подключаются к абонентским комплектам статива ПИ, обслуживающего ту же сотенную группу.

При установлении соединения в ЛИ передаются две последние цифры номера вызываемого абонента. Подъёмное движение ЛИ определяется цифрой десятков, а вращательное движение – цифрой единиц, так что и то и другое движение ЛИ является вынужденным.

2.3.3 Групповое искание

Только после введения принципа *группового искания* стало возможным неограниченное расширение емкости телефонных сетей. Сущность группового искания заключается в том, что на АТС, емкость которой превышает емкость контактного поля искателей, все абонентские линии разбиваются на группы, число линий в каждой из которых равно емкости контактного поля искателя. Увеличение же емкости контактного поля ограничено принципом конструкции искателя и обусловленными этим стоимостными характеристиками. Предоставлять чрезвычайно дорогие устройства всего двум абонентам на всё время соединения между ними экономически неэффективно. Поэтому практическое применение в АТС нашли искатели с емкостью поля не свыше 500 выходов, а для выбора группы, в которой находится нужная линия, стали устанавливать специальные приборы, называемые *групповыми искателями*. Принцип группового искания также был предложен М.Ф. Фрейденбергом, запатентовавшим свое изобретение через год после патента на предварительное искание, в 1896 г.

Степень группового искания (степень ГИ) подключает свой вызывающий вход к одному из свободных выходов в направлении, определяемом поступившим на этот вход числом импульсов. Искание направления является вынужденным, искание выхода в направлении – свободным. В зависимости от емкости телефонной сети и нумерации абонентских линий в соединении двух абонентов участвует последовательно несколько ступеней ГИ.

Групповое искание производится с помощью групповых искателей, каждый из которых выполняет две функции: выбирает группу приборов следующей ступени искания (вынужденное искание) и отыскивает свободный прибор в выбранной группе (свободное искание). Объединяя с помощью ступеней ГИ нужное количество групп абонентских линий, можно обеспечить доступ любого ПИ к любой такой группе, т.е. строить станции большой емкости. Емкость каждой абонентской группы равна емкости поля ЛИ, а выбор нужной группы производится с помощью одной или нескольких ступеней ГИ, расположенных между ступенями ПИ и ЛИ. На каждой ступени ГИ ведется искание свободного коммутационного прибора, через который может быть установлено соединение с ЛИ, обслуживающим требуемую абонентскую группу.

Одна ступень ГИ, построенная на декадно-шаговых искателях, позволяет объединить десять абонентских групп емкостью по 100 номеров, т.е. образовать станцию емкостью 1000 номеров. Скелетная схема объединения абонентских групп с помощью одной ступени группового искания показана на рис. 2.4. На ступени ГИ устанавливается $k_{ГИ}$ групповых искателей. Это число определяется в зави-

симости от величины поступающей телефонной нагрузки. Контактные поля всех искателей запараллеливаются. Образуется 100 общих выходов – по 10 выходов в декаде. В каждую декаду поля ГИ включается десять линейных искателей: в первую декаду включается ЛИ первой сотенной абонентской группы, во вторую декаду – ЛИ второй сотенной абонентской группы и т. д.

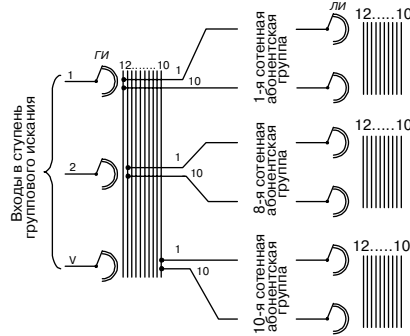


Рис. 2.4 Скелетная схема АТС с одной ступенью группового искания

Станция емкостью 1000 номеров имеет трёхзначную нумерацию – от 000 до 999. При наборе абонентом цифры сотен происходит вынужденное искание, при котором выбирается требуемая сотенная абонентская группа. Затем ГИ совершает свободное вращательное движение, при котором отыскивается свободный ЛИ. Свободное искание должно завершиться в межсерийное время – с момента окончания передачи цифры сотен до момента начала передачи в ЛИ цифры десятков.

Структура декадно-шаговой АТС емкостью 10000 номеров уже заметно отличается от представленной на рис.2.4. Такая станция имеет четыре ступени искания – ступень ПИ, две ступени ГИ и ступень ЛИ. На ступени ПИ вся емкость станции разделяется на k абонентских групп, в каждую из которых включается n абонентских линий. Контактные поля предыскателей одной и той же абонентской группы запараллеливаются, и в них включаются входы группы приборов ГИ. Количество приборов ГИ, обслуживающих одну абонентскую группу, ограничивается емкостью контактного поля предыскателей. Емкость абонентской группы n зависит от величины телефонной нагрузки, поступающей на станцию от n абонентов, и от емкости контактного поля искателя, используемого в качестве ПИ. При других рассматриваемых в этой главе способах соединения между собой контактных полей искателей выбор емкости абонентской группы практически не зависит от емкости контактного поля применяемых искателей.

Коммутационные возможности ступени группового искания характеризуются двумя параметрами: делимостью поля H , т.е. числом

направлений к отдельным группам коммутационных устройств следующей ступени искания, и доступностью D , т.е. числом выходов выбранного направления, к которым возможен доступ в процессе свободного искания. Величина H делимости поля ГИ определяет эффективность применения группового искания. Каждая ступень ГИ может увеличить емкость станции в H раз. Поэтому при большей делимости поля ГИ можно получить нужную емкость станции (или сети), применяя меньшее количество ступеней ГИ. Пусть N – емкость станции, M – емкость линейного искателя, s – число ступеней группового искания, а H_1, H_2, \dots, H_s – делимость поля ГИ на разных ступенях ГИ. Тогда емкость станции

$$N = M \cdot H_1 \cdot H_2 \dots H_s$$

В декадно-шаговых АТС делимость поля ГИ невелика, как правило, $H=10$. Тогда, если делимость поля на всех ступенях ГИ одинакова, т.е. $H_1=H_2=\dots=H_s=H=10$, то емкость станции или сети равна $N=M \cdot 10^s$.

Доступность D оказывает большое влияние на использование соединительных путей. Увеличение доступности на ступени ГИ приводит к повышению использования и, следовательно, к уменьшению количества искателей на следующей ступени искания.

Декадное построение поля позволяет непосредственно управлять вынужденным исканием – серия импульсов набора направляется непосредственно в схему того искателя, в котором устанавливается соединение. Для повышения доступности на ступени ГИ в декадно-шаговых АТС иногда применяют двойное свободное искание, используя т.н. релейные смешивающие искатели типа РСИ-3 и РСИ-6. В этом случае, как уже упоминалось, доступность становится переменной величиной.

2.4 Импульсный набор номера

Выше уже отмечалось, что в декадно-шаговых АТС одни и те же устройства – искатели – принимают информацию о номере вызываемого абонента и устанавливают соединение, работая под непосредственным воздействием импульсов тока, получаемых от номеронабирателя. Для их надежной работы необходимо, чтобы как импульсы, так и паузы между ними имели фиксированную длительность.

В диске номеронабирателя имеется десять пронумерованных отверстий. Для набора определенной цифры, нужно вставить палец в отверстие с соответствующим номером и повернуть диск по часовой стрелке до упора, а затем освободить его. После этого диск сам возвращается в первоначальное положение под воздействием пружинного возвратного механизма. При обратном движении диска связанный с ним импульсный контакт периодически прерывает ток в линии, причем количество прерываний всегда равняется набранной