

Б.С. Гольдштейн

ан

ПРОТОКОЛЫ СЕТИ

ДОСТУПА

Б.С. Гольдштейн

ПРОТОКОЛЫ СЕТИ ДОСТУПА

Том 2

3-е издание

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»
2014

УДК 621.395.34

Г63

ББК 32.881

Гольдштейн Б. С.

Протоколы сети доступа. Том 2. 3-е издание — СПб.:

Г63 БХВ-Петербург, 2014. — 289 с.: ил.

ISBN 978-5-9775-3389-8

3-е переработанное и дополненное издание книги посвящено телекоммуникационным протоколам абонентской сети доступа, переживающей революционные изменения технологий и услуг. Рассматриваются протоколы ISDN, преобразующие использование и возможности просуществовавших почти 100 лет традиционных аналоговых абонентских линий. Предпринята попытка с единых позиций описать такие различные протоколы, как: DSS-1, QSIG, DPNSS, X.25, TCP/IP. Значительное внимание уделено открытому интерфейсу V5, роль которого в развитии сетей связи представляется чрезвычайно перспективной.

Для инженеров и научных работников, занятых исследованием, разработкой и эксплуатацией телекоммуникационных систем. Книга будет полезна студентам и аспирантам соответствующих специальностей.

Научно-техническое издание

ISBN 978-5-9775-3389-8

© Гольдштейн Борис Соломонович, 2005, 2014

Издательство «БХВ-Петербург», 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29

Содержание

Предисловие	7
Предисловие ко второму изданию	8
Предисловие к третьему изданию	8
Глава 1 Аналоговые абонентские линии	11
1.1 Немного истории	11
1.2 Типы источников абонентской нагрузки	14
1.3 Сигнализация по аналоговым абонентским линиям: Электрические параметры линий	21
1.4 Сигнализация по двухпроводным аналоговым абонентским линиям: Параметры сигналов	24
1.5 Включение малых АТС по абонентским линиям: Исходящий вызов	31
1.6 Включение малых АТС по абонентским линиям: Входящий вызов	37
Глава 2 Цифровые абонентские линии	41
2.1 Абонентские линии ISDN	41
2.2 Интерфейсы в опорных точках	44
2.3 Пользовательский доступ ISDN	56
2.4 Абонентские линии xDSL	57
Глава 3 Протокол DSS-1: Физический уровень и уровень звена данных	65
3.1 Введение в DSS-1	65
3.2 Физический уровень протокола DSS-1	70
3.3 Уровень LAPD	80
3.4 Уровень LAPD: процедуры	87
Глава 4 Протокол DSS-1: Сетевой уровень	95
4.1 Функции протокола Q.931	95

4.2	Форматы сообщений	96
4.3	Процедуры управления базовым соединением	112
4.4	Процедуры пакетной передачи данных	118
4.5	Процедуры сигнализации «пользователь–пользователь»	119
4.6	Дополнительные услуги	121
4.7	Вместо заключения	125
Глава 5	Протокол QSIG	127
5.1	Модель протокола QSIG	127
5.2	Функциональное описание подсистем	131
5.3	Услуги и дополнительные сетевые услуги QSIG	139
5.4	Протокол DPNSS	143
Глава 6	Открытый интерфейс V5	147
6.1	Три источника и три составные части сети доступа	147
6.2	Модель V5: Услуги и порты пользователя	151
6.3	Протоколы и пропускная способность	154
6.4	Физический уровень протокола V5	158
6.5	Уровень LAPV5	161
6.6	Форматы сообщений уровня 3	164
6.7	Мультиплексирование портов ISDN	167
Глава 7	Протокол ТфОП	171
7.1	Проблема ТфОП	171
7.2	Информационные элементы сообщений протокола ТфОП.....	173
7.3	Сообщения протокола ТфОП	182
7.4	Протокол ТфОП на стороне сети доступа	191
7.5	Протокол ТфОП на стороне АТС	201
7.6	Процедуры протокола ТфОП	207
7.7	Национальные спецификации протокола ТфОП	211

Глава 8 Служебные протоколы V5.2	215
8.1 Протокол назначения несущих каналов	215
8.2 Протокол управления трактами интерфейса V5.2	223
8.3 Протокол защиты V5.2	227
8.4 Протокол управления	231
Глава 9 Протокол X.25	235
9.1 Модель взаимодействия открытых систем	235
9.2 Сети с коммутацией пакетов X.25	240
9.3 Архитектура протокола X.25	242
9.4 Применения протокола X.25	244
Глава 10 Протоколы Интернет	247
10.1 Протоколы TCP/IP и модель OSI	247
10.2 Протокол управления передачей TCP	250
10.3 Протоколы UDP и ICMP	253
10.4 Межсетевой протокол IP	255
10.5 Протоколы нижнего уровня	261
10.6 Сетевые услуги в TCP/IP	262
10.7 Прогнозы по мотивам TCP/IP	263
Глава 11 Реализация, тестирование и преобразование протоколов	265
11.1 Тестирование протоколов сети доступа	265
11.2 Оборудование сети абонентского доступа	269
11.3 Конвертеры протоколов сети доступа	274
Литература	282

Предисловие

Целью этой книги является обзор телекоммуникационных протоколов современных сетей абонентского доступа и анализ архитектуры и основных функций каждого из них.

Книга не претендует на то, чтобы стать детальным пособием для инженеров и разработчиков, намеревающихся проектировать свою продукцию на основе этих материалов, но она содержит описания, достаточные для того, чтобы принять решения о необходимости разработки того или иного протокола, а при положительном решении – иметь представление о функциональном назначении и структуре такой разработки. То есть, принимая во внимание известное правило, что тот, кто хочет что-то сделать, ищет способ, а кто не хочет – ищет причину, книга может помочь и тем, и другим.

Если читателю потребуются более подробная информация, он может воспользоваться публикациями, посвященными интересующей его конкретной теме и приведенными в списке литературы. Этими источниками пользовался и автор в процессе работы над этой книгой, благодаря чему существенно повысил уровень собственного образования.

Структура второго тома монографии о телекоммуникационных протоколах практически совпадает с выдержавшей четыре издания (в 1997, 1998, 2001 и 2005 годах) книгой «Сигнализация в сетях связи», обозначаемой, начиная со второго издания, как том 1. Совпадение распространяется даже на количество глав, их также 11.

В главе 1 рассматривается сигнализация по аналоговым абонентским линиям, в том числе, и для подключения малых АТС к телефонной сети общего пользования, исчерпывая тем самым описание аналоговых систем сигнализации в этом томе. Вторая глава посвящена уже цифровым абонентским линиям, включая и технологии xDSL. В двух последующих главах (3, 4) рассматривается протокол DSS-1 системы цифровой абонентской сигнализации сети ISDN. В главе 5 описываются протоколы ведомственных (частных, корпоративных, учрежденческих) сетей связи (QSIG, DPNSS и др.). В современной сети абонентского доступа доминирующее значение приобрел интерфейс V5. Эта тема рассматривается в главах 6-8. В главе 9 описан интерфейс X.25 и связанная с ним процедура HDLC. В главе 10 рассматриваются протоколы TCP/IP и ряд протоколов Интернет более высокого уровня.

Глава 11 посвящена вопросам реализации, инструментальным средствам тестирования и преобразования протоколов сигнализации, рассмотренных в предыдущих главах.

К высказанным в первом томе благодарностям автор считает своим долгом отметить неоценимую помощь В.А. Соколова и В.А. Фрейнкмана в редактировании книги, позволившую связать разнообразную, а иногда – просто противоречивую терминологию, использующуюся при описании разных протоколов, специфицируемых разными группами специалистов разных организаций. Если читатель почувствует определенную комфортность при чтении представленных в книге описаний различных телекоммуникационных протоколов, это в значительной мере заслуга упомянутых выше коллег. Всю ответственность за возможные неудобства и погрешности автор не намерен делить ни с кем, но будет благодарен всем читателям, которые сообщат свои замечания, впечатления и пожелания по электронной почте nio1@niits.ru.

Предисловие ко второму изданию

По сравнению с первым изданием доработаны посвященные интерфейсам V5.1 и V5.2 главы 6, 7 и 8, основанием чему послужил накопленный опыт отладки этих интерфейсов при установке нового оборудования доступа, расширен материал главы 9, что также связано с практическим использованием X.25 при дистанционном доступе к коммутационным узлам и станциям для поддержки СОРМ и централизованного техобслуживания, переработан материал главы 11, связанный с включением рассмотренного в предыдущем издании протокол-тестера сети доступа АНТ-5 в универсальную платформу SNT-7531 (протоколы ОКС-7, интерфейсы V5, H.323, DSS-1 и др.), дополнен список литературы, исправлены замеченные опечатки.

Предисловие к третьему изданию

Решение издательства «БХВ — Санкт-Петербург» о переиздании и так уже разошедшегося почти в 30 тысячах экземпляров двухтомника по протоколам сигнализации ТФОП застало автора врасплох, по крайней мере, по трем причинам.

Во-первых, 30 тысяч для двух узкоспециальных книг, адресованных преимущественно профессиональным связистам, и так уже слишком много.

Во-вторых, 9 лет с момента выхода первого издания «Сигнализации в сетях связи» – это еще больше.

Бурно развивающаяся телекоммуникационная индустрия за этот период сменила само свое название с *телекоммуникаций* на *инфокоммуникации*, более соответствующее сегодняшним процессам конвергенции телефонных и компьютерных сетей. Да и в консервативной юридической терминологии традиционная *ТФОП* согласно новому российскому Закону о связи названа не очень привычным пока термином *ССОП* (*Сеть связи общего пользования*).

В-третьих, все эти 9 лет автор и его коллеги не переставали трудиться в нашей чрезвычайно увлекательной инфокоммуникационной области и написали ряд других книг, не менее интересных и/или полезных, как хотелось бы думать. Все эти книги можно условно расположить на трех уровнях, как показано на последней странице обложки. Центральный уровень, кроме данного двухтомника и его англоязычной версии «*Evolution of Telecommunication Protocols*», содержит еще четыре книги, каждая из которых в равной степени может рассматриваться как том 3:

- «Интеллектуальные сети» (2000 г.), которая посвящена концепции и архитектуре Интеллектуальной сети и протоколу INAP общеканальной сигнализации №7, рассматривающейся в томе 1 ;
- «IP-телефония» (2001 и 2003 гг.), в которой наряду с принципами и решениями VoIP рассмотрены протоколы H.323, SIP, SIP-T, MGCP, MEGACO/H.248;
- «Call-центры и компьютерная телефония» (2002 г.), описывающая IP-контакт-центры, prepaid-платформы, узлы услуг SN, модели и протоколы ECTF, а также прикладные программные интерфейсы API, включая, но не ограничиваясь TAPI, Parlay, OSA, CSTA, SCAL, JAIN и др.;
- «Технология и протоколы MPLS» (2005 г.), в которой рассмотрены протоколы LDP, CR-LDP, RSVP, RSVP-TE, OSPF, IS-IS, BGP-4, а также инжиниринг трафика, GMPLS и др.

В зависимости от области практических интересов читателя (услуги, Call-центры, транспортные сети, VoIP и т.п.) каждая из этих четырех книг может читаться в качестве непосредственного продолжения этого двухтомника.

Под этими 6 книгами располагается уровень более глубокой детализации, содержащий справочники серии «Телекоммуникационные протоколы», отвечающие упомянутым в начале этого предисловия требованиям практической инженерной деятельности. На данный момент этих справочников пока издано тоже 6:

- «Стек ОКС-7. Подсистема MTP. Справочник» (2003);
- «Протоколы V5.1 и V5.2. Справочник» (2003);
- «Стек ОКС-7. Подсистема ISUP. Справочник» (2003);

- «Сигнализация R1.5. Справочник» (2004);
- «Протокол SIP/SIP-T. Справочник» (2005);
- «Стек ОКС-7. Подсистема SCCP. Справочник» (2005).

Эта серия справочников в свое время задумывалась для включения в комплекты поставок ставших стандартом *де факто* протокол-тестеров платформы SNT (SNTlite, SNT-7531, SNT-4268, SNTsmart), модулей системы мониторинга СПАЙДЕР и протокол-конвертеров платформы xSM (ISM, CSM, USM, XSM и др.). Но вопреки первоначальным планам книги эти завоевали гораздо более широкую читательскую аудиторию. Поэтому в следующем году запланированы еще два справочника этой серии; в отличие, к слову, от центральной плоскости, где никаких новых книг пока не планируется.

И, наконец, верхний уровень содержит пока только две книги:

- «Системы коммутации» (2003 и 2004 гг.), являющуюся учебником для ВУЗов связи по специальности 200900 и смежным специальностям направления «Телекоммуникации» и затрагивающую практически все вопросы, рассмотренные в центральной плоскости, но в полном согласии с требованиями учебного стандарта и в соответствующем учебнику стиле;
- «Softswitch», которая хотя официально еще не является учебником для ВУЗов связи, но составляет основу читающихся на кафедре телефонии СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича весьма важных спецкурсов по тем же инфокоммуникационным специальностям.

Столь подробное описание этого трехуровневого подхода к изложению проблематики современных инфокоммуникаций является также попыткой автора оправдать свое намерение никогда более не переиздавать этот двухтомник.

Впрочем, никогда не говори «никогда»...

Глава 1

Аналоговые абонентские линии

L'amor che muove il sole e l'altre stelle, ит.
(Любовь, что движет солнце и светила)
Данте «Божественная комедия», Рай, XXXIII

1.1 Немного истории

Передатчиком и приемником в первом «телеграфном устройстве для передачи человеческой речи», на которое Александр Грэхем Белл получил патент с приоритетом от 14 февраля 1876 г., были электромагнитные приборы, явившиеся прототипом современного телефона.

Это было второе великое открытие, составившее одну из основ сегодняшнего информационного общества и сделанное спустя 420 лет после первого – изобретения Иоганном Гутенбергом печатного станка с подвижными металлическими литерами, на котором была напечатана в 1456 г. знаменитая Библия Гутенберга.

Как это иногда случается с великими открытиями, изобрели телефон независимо друг от друга и почти одновременно два исследователя: Александр Белл в Бостоне и Элайша Грей в Чикаго. И, как это бывает не менее часто, на принцип телефона, согласно одной из исторических версий, Белл наткнулся случайно во время эксперимента с гармоническим телеграфом.

Это произошло 2 июня 1875 г., когда Томас Ватсон, друг и ассистент Белла, не заметив, что один конец стальной пластины телеграфного передатчика оказался плотно зажат контактным винтом прерывателя, создавшим тем самым постоянный электрический контакт, попытался вручную заставить ее колебаться. При этом генерировался

электрический ток за счет вибрации намагниченной стальной пластины над полюсом магнита, что, в свою очередь, было зафиксировано находившимся в другой комнате приемником, который настраивал Белл. Прижав к уху пластину и зафиксировав свободный ее конец, что фактически превратило этот элемент гармонического телеграфа в аналог мембраны современного телефонного аппарата, Белл услышал звук и осознал значение случившегося. После 9 месяцев упорного труда Белл и Ватсон провели первый сеанс телефонной связи. Первое в истории человечества телефонное сообщение, произнесенное Беллом, звучало довольно прозаично: «Мистер Ватсон, идите сюда, вы мне нужны» и было передано на расстояние 12 м. Впрочем, этому эпохальному событию предшествовали годы упорного труда.

Довольно интересен важный стимул этих исследований [17], подтверждающий великий тезис о том, что любовь правит миром, выбранный в качестве эпиграфа к данной главе. Александр Грэхем Белл, родившийся в 1847 г. в Эдинбурге (Шотландия) и окончивший Лондонский и Эдинбургский университеты, в 1870 г. переехал с семьей сначала в Брантфорд, провинция Онтарио (Канада), а затем в Бостон, США. Оказавшись в Бостоне, Александр Белл влюбился в девушку по имени Мейбл Хаббард. Мейбл страдала глухотой после перенесенной в детстве скарлатины, и это повлияло на направление дальнейших занятий и исследований Белла. В 1872 г. он открывает в Бостоне учебное заведение для подготовки учителей школ для глухих, а в 1873 г. становится профессором физиологии органов речи Бостонского университета, одновременно занимаясь исследованиями в области создания искусственных гласных звуков и передачи их по телеграфным проводам. Кстати говоря, заявку на изобретение телефона подал от имени Белла юрист Гардинер Хаббард, отец Мейбл.

Другой тезис, состоящий в том, что миром правит справедливость, а не «произвол, оставляющий справедливости место только на сцене», как утверждал Фридрих Шиллер, иллюстрирует история Элайши Грея.

Опоздав на считанные часы с подачей заявки на изобретение телефона, Элайша Грей успел вовремя сделать другое важное дело. За 7 лет до появления патента на телефон Грей совместно с Иносом Бартоном организовал небольшую фирму в Кливленде. Три года спустя, в 1872 г. в Чикаго эта фирма была переименована в Western Electric Manufacturing Company и вскоре стала крупнейшей электрической компанией США. После появления патента на телефон практическая ценность изобретения была отнюдь не столь очевидной, как сегодня. Согласно исторической версии, одно время Белл безуспешно предлагал патент компании Western Electric за 100 тысяч долларов. Впрочем, через несколько лет Western Electric уже сама предла-

гала за патент 25 миллионов долларов, а в 1879 г. организовала дочернюю компанию American Speaking Telephone Company, ставшую главным конкурентом Белла. Конкуренция в телефонной промышленности уже тогда была чрезвычайно жесткой, и в начале всеобщей телефонизации American Speaking Telephone Co. получила преимущество благодаря другому изобретению: Томас Эдисон изобрел микрофон, который был гораздо более эффективным, чем у Белла.

В свою очередь, Белл совместно с Хаббардом и Ватсоном организовали собственную фирму New England Telephone Company, а затем Bell Telephone Co. Любопытно, что Александр Белл был назначен главным электротехником компании, тогда как его помощник Ватсон был назначен управляющим и бухгалтером. При этом Хаббард и Ватсон получили 1497 акций в компании, в то время как сам Белл получил только 10 акций. В 1879 г. Белл покинул правление своей компании в результате разногласий, и президентом стал Вильям Х. Форбес. Bell Telephone Company продолжала двигаться вперед без своего основателя. В 1922 г. Александр Грэхем Белл умер от диабета не очень богатым, но осознающим значение сделанного им самого важного в истории телефонии открытия. Его ассистент Ватсон ушел из Bell Telephone Company вскоре после смерти Белла и избрал для себя карьеру актера; умер он в 1934 г.

Но еще задолго до этого, в 1878 г., Bell Telephone Co. возбудила судебный иск против Western Electric о нарушении патентных прав. В конце 1879 г. между этими компаниями было достигнуто согласие, в результате которого началось успешное развитие Bell Telephone Co., впоследствии – знаменитой Bell System. В 1881 г. Bell Telephone Company полностью приобрела Western Electric, которая продолжала оставаться эксклюзивным производителем телефонного оборудования в течение 100 лет, пока сама Bell System не распалась.

Это происходило следующим образом. В 1910 г. Bell Telephone Co. приобрела и основавшую Western Electric главную компанию Western Union, закончив тем самым конкурентную битву, а вместе с Western Union – все ее патенты, изобретения и телефонную сеть, обслуживавшую 56 000 абонентов, после чего скупила множество маленьких телефонных компаний, тем самым увеличив количество своих клиентов. Впоследствии департамент юстиции США возбудил иск против Bell System, обвинив ее в нарушении антимонопольного законодательства. Его результатом стало Кинбургское соглашение, в соответствии с которым Bell System вернула Western Union полномочия, связанные с телеграфным бизнесом, а также позволила независимым телефонным компаниям подключиться к сети Bell, которая охватывала всю страну. В 1974 г. департамент юстиции снова предъявил иск AT&T и Bell System, обвинив их в монополизации телефонной индустрии. Результатом длительного судебного процесса явился распад Bell System в 1984 г. на AT&T, Bell Labs и Western Electric и 7

самостоятельных региональных эксплуатационных компаний: Pacific Telesis, NYNEX, Ameritech, Southwestern Bell, US West, Bell Atlantic и Bellsouth Telecommunications. В 1995 г. уже AT&T разделилась на три новые компании в трех различных сферах индустрии: сотовой связи, междугородной связи и компьютерной промышленности.

Сама компания AT&T (American Telephone & Telegraph Co.) была создана в 1900 г., а в 1907 году Теодор Вейл объединил AT&T и подразделение разработчиков Western Union в единую организацию, которая в 1925 г. превратилась во всемирно известные Bell Telephone Laboratories. Этот крупнейший научный центр дал миру транзистор, цифровую АТС, аппаратуру ИКМ, узлы коммутации с программным управлением, лазер, пакетную коммутацию, сотовую связь, операционную систему UNIX и многие другие изобретения и открытия, а по количеству сотрудников – Нобелевских лауреатов – уступил только Кембриджу.

Возвращаясь к телефону, вспомним, что в 1878 г. американец Давид Юз изобрел микрофон с угольными палочками, который, к сожалению, был недостаточно чувствительным и давал большие искажения звуков. В том же году Томас Эдисон применил в телефонной схеме индукционную катушку, Ватсон запатентовал применяющийся и поныне в телефонных аппаратах электромеханический звонок, а российский электротехник П.М. Голубицкий впервые применил в телефонных аппаратах конденсатор. Богатый телефонными событиями 1878 г. упоминался и в первом томе данной книги: в этом году была построена первая коммерческая телефонная станция в Нью-Хевене, штат Коннектикут.

Упомянув о российских разработках принципов действия и конструкций телефонных аппаратов, нельзя не отметить, что первый в мире микрофон с угольным порошком изобрел в 1879 г. инженер М. Махальский. В 1881 г. В. Якоби создал первый российский телефонный аппарат оригинальной конструкции, а в 1882 г. М. Дешевов применил в телефонном аппарате трансформатор, что позволило реализовать принцип местной батареи (МБ).

1.2 Типы источников абонентской нагрузки

Практически с тех самых времен, о которых шла речь в предыдущем параграфе, и до настоящего времени наиболее массовым телефонным интерфейсом является двухпроводная аналоговая абонентская линия с дистанционным питанием и шлейфным способом передачи сигналов, схематически представленная на рис. 1.1.

Абонентские комплекты (SLIC) аналоговых абонентских линий современных цифровых АТС выполняют функции электропитания (Battery), защиты от перенапряжения (Overload protection), посылки вы-

зова (Ringing), контроля состояния шлейфа (Supervision), кодирования (Coding), дифференциальной системы (Hybrid) и испытаний (Test). Первые буквы английских названий этих семи функций, реализуемых в большинстве коммутационных станций, составляют аббревиатуру BORSCHT, созвучную хорошо известному русскому слову (табл. 1.1).

Таблица 1.1 Функции BORSCHT

Батарейное питание	Battery	(B)
Защита от перенапряжения	Overload protection	(O)
Посылка вызова	Ringing	(R)
Контроль состояния шлейфа	Supervision	(S)
Кодирование	Coding	(C)
Дифсистема	Hybrid	(H)
Тестирование	Test	(T)

Дистанционное питание (B) абонентских линий постоянным током, чаще называемое батарейным, обеспечивается с помощью источника напряжения или источника тока, находящегося на АТС. В российских телефонных сетях питание абонентских линий осуществлялось постоянным напряжением -60 В. В большинстве стран мира стандартизировано напряжение -48 В, что, кстати, имело место и в телефонных сетях СССР до конца сороковых годов. В начале интенсивного внедрения импортного коммутационного оборудования к этой частной технической проблеме добавлялись политические мотивы. Тем не менее, сейчас по решению Министерства связи России допускается использование и номинала напряжения -48 В.

Впрочем, практически все современные АТС используют для абонентских комплектов технику ограничения тока в линии величиной от 45 до 75 мА в случае короткого замыкания или низкоомной нагрузки линии. Повышение сопротивления линии приводит к уменьшению тока в линии, но соотношение между сопротивлением линии и током в ней является нелинейным. При использовании абонентских систем передачи ток в линии обычно не превышает 20-25 мА, что обусловлено расстоянием между абонентским устройством системы передачи и телефонным аппаратом абонента. В отличие от напряжения питания разомкнутого шлейфа на АТС, равного -48 В (-60 В), в абонентских системах передачи напряжение на разомкнутом шлейфе обычно составляет 10-14 В.

Защита от перенапряжения (O) ограничивает или изолирует посторонние напряжения, возникающие в абонентской линии, от оборудования АТС (или от оборудования абонентского терминала) и необходима в каждом абонентском комплекте. Посторонние напряжения могут быть вызваны разрядом молнии («прямым попаданием» или вблизи линии), касанием силовых проводов, наводками от

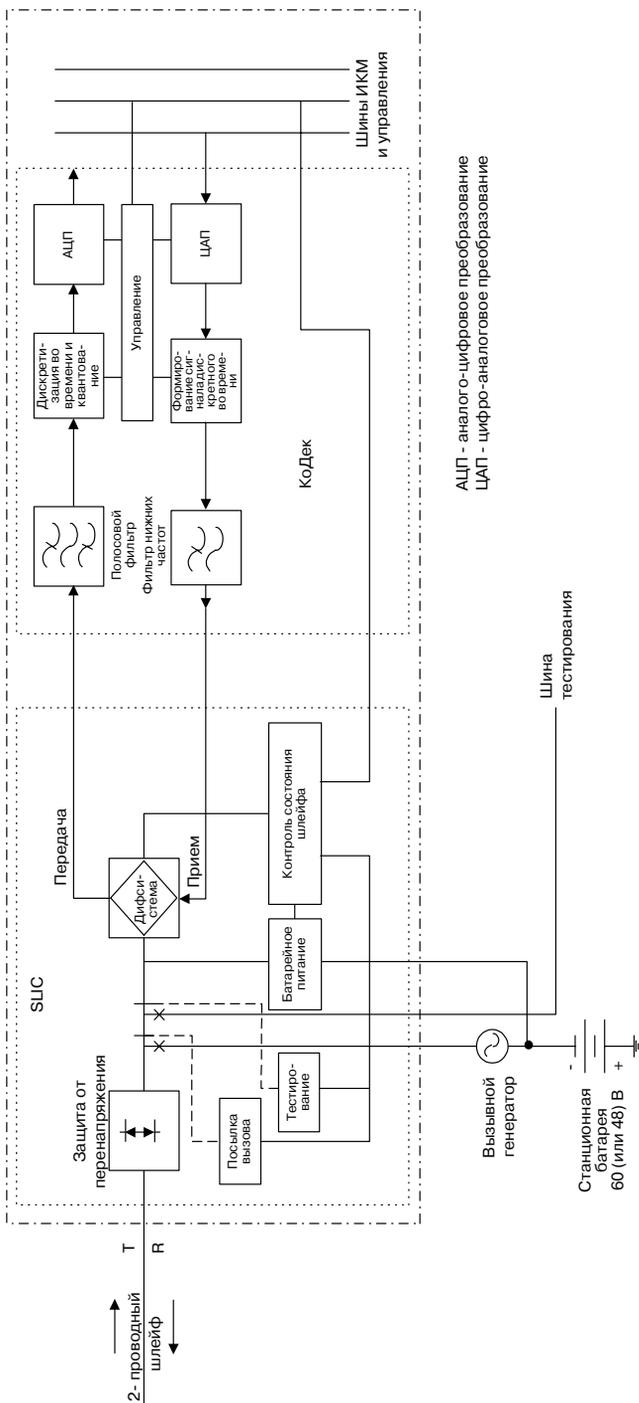


Рис. 1.1 Упрощенная схема абонентского комплекта

высоковольтной линии или другими источниками электромагнитных наводок. Здесь речь идет о вторичной защите (в отличие от устройств первичной защиты в кроссах АТС и в помещениях абонента). Схемы абонентских комплектов цифровых АТС имеют средства ограничения импульсных токов: резисторные предохранители, резисторы с положительным температурным коэффициентом или комбинации предохранителей и резисторов. Обычно защита от перенапряжения в схемах абонентских комплектов ограничивает напряжение примерно до 70-100 В и обрабатывает импульсы тока в несколько десятков ампер.

Функция посылки вызова (R) в абонентском комплекте заключается в подаче напряжения вызывного сигнала к проводам абонентской линии через контакты реле или другой управляемый переключатель. В функцию посылки вызова также входит обнаружение ответа вызываемого абонента для немедленного прекращения посылки вызывного сигнала. Генератор вызывного напряжения обычно располагается вне абонентского комплекта. Каденции (длительности посылок и пауз) вызывного сигнала могут задаваться или непосредственно внутри абонентского комплекта, или извне.

В АТС российских сетей связи для посылки вызова используются сигналы частотой (25 ± 2) Гц и напряжением (95 ± 5) В, рассчитанным на включение до 3 параллельных телефонных аппаратов. Каденция вызывного сигнала для местного вызова предусматривает одну секунду звучания и четырехсекундную паузу (рис. 1.2,а). Длительность первого звонка может составлять от 0.3 до 4.45 с, а время срабатывания схемы отключения вызывного сигнала при ответе вызываемого абонента не должно превышать 100 мс. Для междугородного вызова при автоматической связи каденция вызывного сигнала показана на рис. 1.2,б, а при ручном обслуживании междугородного соединения длительность сигнала посылки вызова определяется продолжительностью нажатия ключа на консоли оператора междугородной станции (рис. 1.2,в).

Для сравнения можно отметить, что вызывной сигнал в США, Канаде и большинстве стран Европы имеет частоту 20 Гц и состоит из двухсекундных посылок и четырехсекундных пауз (рис. 1.3). В Бразилии и Мексике используются секундные посылки с такими же четырехсекундными паузами.

В Великобритании, Австралии и других странах, которые следуют Британским телекоммуникационным стандартам, используется более сложная структура сигнала вызова, предусматривающая посылку 0.4 с, паузу 0.2 с, опять посылку 0.4 с и паузу 2 с (рис.1.4).

Акустические сигналы контроля посылки вызова (КПВ) имеют те же каденции, что и сигналы посылки вызова.

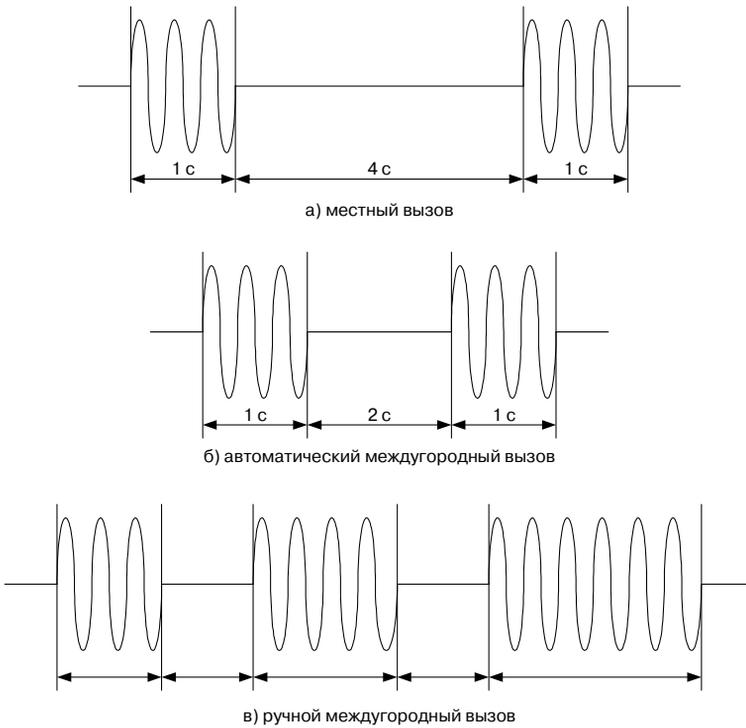


Рис. 1.2 Сигналы послышки вызова, используемые в телефонных сетях СНГ

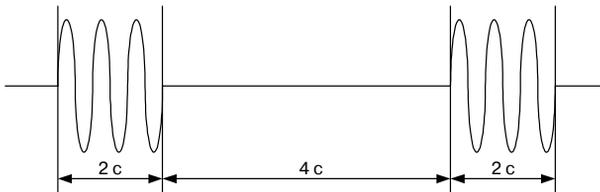


Рис. 1.3 Стандартный сигнал послышки вызова, используемый в США



Рис. 1.4 Стандартный сигнал послышки вызова, используемый в Великобритании

Функция кодирования (С) в абонентском комплекте реализуется с помощью кодека (КОдер-ДЕКОдер) и состоит в преобразовании аналоговых сигналов в цифровые (А/D) и цифровых сигналов в аналоговые (D/A). Эти функции уже рассматривались в главе 3 тома 1 настоящей книги.

Функция дифсистемы (Н) преобразует двухпроводную схему двунаправленной передачи сигналов в четырехпроводную схему с раздельными односторонними передающей и приемной цепями, обеспечивает согласование импедансов и обычно содержит балансный контур дифсистемы и эхокомпенсатор. В современных АТС дифсистема реализуется с помощью технологии цифровой обработки сигналов (DSP – Digital Signal Processing).

Функция тестирования (Т) обеспечивает доступ к линии и к абонентскому комплексу от внешней шины тестирования. Этот доступ обычно реализуется через реле или электронные переключатели.

На противоположной от абонентского комплекта стороне двухпроводной аналоговой абонентской линии находится абонентский терминал, создающий телефонную нагрузку сети связи. С точки зрения АТС абонентские линии вместе с терминалами являются источниками телефонной нагрузки. В общем случае, к типовой АТС возможно подключение следующих источников абонентской нагрузки:

- абонентских линий с телефонными аппаратами, оборудованными дисковыми или кнопочными номеронабирателями, которые обеспечивают передачу импульсов набора номера размыканием шлейфа абонентской линии, и приемником индукторного вызова;
- абонентских линий с телефонными аппаратами, оборудованными тастатурой (кнопочным номеронабирателем, который предусматривает частотный способ передачи набора номера), а также приемником сигнала индукторного вызова и (необязательно) дополнительной кнопкой «R»;
- абонентских линий с терминалами передачи данных и факсимильной связи, предусматривающими создание и разрушение соединений согласно телефонному алгоритму;
- абонентских линий удаленных абонентов;
- абонентских линий, организуемых с использованием аппаратуры систем передачи, систем малоканальной радиотелефонной связи и малоканальной радиорелейной аппаратуры;
- абонентских линий телефонных концентраторов;
- абонентских линий оборудования пожарной, гражданской, аварийной и др. сигнализации с использованием Z-интерфейса;
- абонентских линий таксофонов местной связи с оплатой разговора посредством монет или кредитными карточками, с диско-

вым или кнопочным номеронабирателем, без ограничения времени разговора, а также таксофонов местной телефонной связи, требующих со стороны АТС ограничения времени разговора с возможностью его продления при внесении дополнительной платы;

- абонентских линий таксофонов междугородной исходящей связи, телефонов переговорных пунктов для ведения исходящих и входящих междугородных переговоров, а также таксофонов для связи с платными службами с оплатой монетами или кредитными карточками. Эти таксофоны могут быть как с автономным начислением платы (с помощью встроенного устройства), так и с централизованным управлением ее начислением от АТС с помощью реперолюсовки или импульсами на частоте 16 кГц.

Как уже отмечалось в первом томе монографии, с точки зрения системы автоматического определения номера вызывающего абонента имеется 10 категорий абонентских линий (категорий АОН):

Категория 1. Телефон квартирный, учрежденческий с возможностью выхода на автоматическую зонную, междугородную и международную сети.

Категория 2. Телефон гостиницы с возможностью выхода на автоматическую зонную, междугородную и международную сети.

Категория 3. Телефон квартирный, учрежденческий, гостиничный с возможностью выхода к абонентам местной сети, но без права выхода на автоматическую зонную, междугородную и международную сети и к платным (справочно-информационным, заказным и т.п.) службам.

Категория 4. Телефон учрежденческий с возможностью выхода на автоматическую зонную, междугородную и международную сети и к платным службам; обеспечивается приоритет при установлении соединений во внутризонной и междугородной сетях.

Категория 5. Телефон учрежденческий для учреждений Минсвязи с возможностью выхода на автоматическую зонную, междугородную и международную сети и к платным службам; разговоры с телефона не должны оплачиваться, но должны учитываться.

Категория 6. Междугородный таксофон и телефон переговорного пункта с возможностью выхода на автоматическую зонную и междугородную сети, а также универсальный таксофон с возможностью выхода на междугородную и местную сети; разговоры ведутся за наличный расчет; таксофон для связи с платными службами.

Категория 7. Телефон квартирный, учрежденческий с возможностью выхода на автоматическую зонную, междугородную и международную сети и к платным службам.

Категория 8. Телефон учрежденческий с подключением устройства передачи данных, факсимильных сообщений и сообщений элек-

тронной почты и с возможностью выхода на автоматическую зоную, междугородную сети.

Категория 9. Местный таксофон.

Категория 10. Резерв.

1.3 Сигнализация по аналоговым абонентским линиям: Электрические параметры линий

Множество линейных и регистровых сигналов, рассмотренных в первом томе монографии применительно к протоколам межстанционной сигнализации, для случая двухпроводной аналоговой абонентской линии вырождается в очень простой набор сигналов:

- *линейных* – замыкание (вызов станции или ответ) и размыкание (отбой) абонентского шлейфа,
- *управления (адресных)* – декадный или многочастотный набор номера,
- *информационных акустических* – ответ станции, занятость, вызывной сигнал, контроль посылки вызова, предупреждение о неправильно положенной трубке.

В исходном состоянии трубка находится на рычаге телефонного аппарата абонента, и шлейф абонентской линии разомкнут. Когда абонент инициирует вызов, поднимая трубку, шлейф замыкается, и в линии возникает постоянный ток. АТС фиксирует замыкание шлейфа линии и подключает к ней оборудование для приема сигналов набора номера. Вызывающему абоненту посылается акустический сигнал ответа станции, предлагающий ему начать набор номера. При декадном наборе цифры номера передаются к АТС в виде серий шлейфных импульсов. Каждая цифра представлена соответствующим количеством импульсов в серии. Например, цифра 1 представлена одним импульсом, цифра 2 – двумя импульсами и т.д. Нормальная скорость передачи импульсов составляет 10 импульсов в секунду.

Формат импульса различен в разных национальных сетях, часто встречается соотношение 60% пауза (т.е. замкнутый шлейф) и 40 посылка (т.е. разомкнутый шлейф), а также соотношения 66,7 и 33,3, 50 и 50%.

Когда абонент отвечает на входящий вызов, поднимая трубку аппарата, замыкается шлейф его линии, что обнаруживается входящей АТС. Сигнал ответа передается по сети в обратном направлении на исходящую АТС средствами межстанционной сигнализации.

Отбой абонента (как вызывающего, так и вызываемого) сигнализируется размыканием шлейфа линии.

Значения сигналов в типовой системе абонентской сигнализации даны в таблице 1.2.

Таблица 1.2 Примеры сигналов при шлейфном способе сигнализации

Сигнал	Состояние линии
Вызов станции	Замыкание шлейфа
Набираемые цифры	Шлейфные импульсы
Ответ вызываемого абонента	Замыкание шлейфа
Отбой абонента	Размыкание шлейфа

Принцип шлейфной сигнализации легко реализуем и дешев, но набор сигналов, которые он позволяет передать, крайне ограничен. Применение шлейфной сигнализации ограничено также характеристиками цепи, по которой происходит передача, что обусловлено влиянием емкости линии на передачу импульсов и пауз. Емкость линии искажает форму импульса, причем искажение увеличивается с возрастанием длины линии. Приемники импульсов могут допустить только ограниченную степень искажения без ущерба для надежного распознавания импульсов. Таким образом, емкость линии ограничивает расстояние, на котором может быть использована шлейфная сигнализация. Более подробно (на уровне межстанционной линейной сигнализации) этот вопрос рассмотрен в первом томе монографии.

Акустические (тональные) сигналы применялись уже на самых ранних этапах телефонии. Сигналы выбирались в диапазоне частот 400-600 Гц и представляли собой или непрерывные посылки, или повторяющиеся циклы «посылка–пауза» с определенной каденцией. Эти частоты и каденции устанавливались администрациями связи разных стран еще до определения международных стандартов.

Набор акустических сигналов, передаваемых по абонентским линиям местных телефонных сетей Российской Федерации, приведен в таблице 1.3.

Таблица 1.3 Информационные акустические сигналы

Сигнал	Частота, Гц	Период, с
Ответ станции (dial tone)	425±3	Непрерывно
Занятость (busy tone)	425±3	Посылка 0.3-0.4 Пауза - 0.3-0.4
Контроль посылки вызова КПВ (ringback tone)	425±3	Посылка 1±0.1 Пауза - 4±0.4

В большинстве Европейских стран и в США каждый из тональных сигналов содержит две и более фиксированных частот. Сигнал «Ответ станции», как и в России, непрерывен (в отличие от большинства других информационных акустических сигналов), но состоит из двух

тональных частот – 350 и 440 Гц. Имеется также специальный акустический сигнал, содержащий четыре негармонические частоты – 1400, 2060, 2450, 2600 Гц и подаваемый для большей отчетливости импульсами по 0.1 с и такими же паузами, который предназначен для уведомления абонента о плохо положенной трубке.

Характеристики стандартных информационных акустических сигналов, используемых в местных телефонных сетях США, приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 Тональные сигналы в сети США

Сигнал	Частота, Гц	Период, с
Ответ станции (dial tone)	350 и 440	Непрерывно
"Занято" (busy station) по причине абонента	480 и 620	Посылка 0.5, пауза 0.5
"Перегрузка" (network congestion)-занятость из-за перегрузки сети	480 и 620	Посылка 0.25, пауза 0.25
Контроль посылки вызова КПВ (ring return tone)	440 и 480	Посылка 2, Пауза 4
Сигнал предупреждения о записи (recording warning)	1400	Посылка 0.5, Пауза 15
Сигнал уведомления о новом вызове (call waiting)	440	Посылка 0.3, Пауза 9.7
Сигнал о плохо положенной трубке (off-hook alert)	1400, 2060, 2450 и 2600	Посылка 0.1, Пауза 0.1

Информационный акустический сигнал «Занято» передает обслуживающая вызываемого абонента АТС. Как видно из табл. 1.4, каденция этого сигнала в Северной Америке предусматривает посылки и паузы по 0.5 с., а в Южной Америке эти же посылки и паузы имеют длительность по 0.25 с.

Информационный акустический сигнал «Перегрузка» АТС передает, когда вызов не может быть обслужен из-за отсутствия доступной исходящей соединительной линии в сети. Каденция этого сигнала в США и Канаде указана в табл. 1.4, а в телефонных сетях Бельгии и Норвегии используются посылки и паузы длительностью по 0.5 с. В ряде стран (Австралия, Бразилия, Италия, Россия и т.д.) перегрузка указывается обычным сигналом «Занято».

Еще один вариант информационного акустического сигнала занятости – «Недоступность номера». Первоначально этот сигнал использовался в Великобритании и странах, следующих британским телекоммуникационным стандартам. В Великобритании этот сигнал непрерывный, а в Австралии и Южной Африке используются посылка 2.5 с и пауза 0.5 с.

Во многих европейских странах для указания того, что набранный номер не является действующим, используется специальный информационный акустический сигнал SIT (special information tone) –

последовательность трех частот 900 Гц, 1400 Гц, 1800 Гц, передаваемых поочередно по 0.33 с и с паузой 1 с.

Электрические параметры абонентских линий для вновь устанавливаемых городских АТС ограничиваются в России следующими величинами: остаточное затухание на частоте 1020 Гц не более 4.5 дБ для кабеля с диаметром жил 0.5 мм и не более 3.5 дБ для кабеля с диаметром жил 0.32 мм; сопротивление шлейфа до 1600 Ом; рабочая емкость линии не более 0.5 мкФ; сопротивление изоляции между проводами или между каждым проводом и землей не менее 20 кОм (рис. 1.2).

Сопротивление шлейфа абонентской линии от аппарата абонента до используемых в настоящее время АТС ограничивается предельными значениями, приведенными в табл. 1.5.

Нормы затухания абонентской линии на частоте 800 Гц между абонентом и районной АТС составляют не более 4.3 дБ, а между двумя наиболее удаленными абонентами – не более 28.7 дБ.

Таблица 1.5 Сопротивление шлейфа АТС различных типов

Тип АТС	Сопротивление, Ом
АТС машинной системы	До 2000
Декадно-шаговые АТС-47, АТС-54А	До 1000
Декадно-шаговые АТС-54	До 1500
Координатные АТСК, АТСКУ, Пентаконта	До 1000
При включении через комплект реле удаленных абонентов (РУА)	До 3000
Цифровые АТС	До 1800

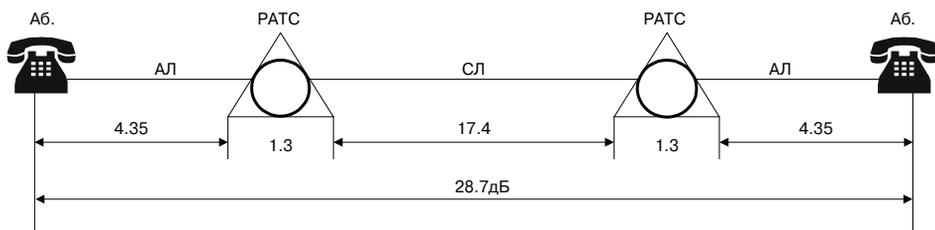


Рис. 1.5 Распределение затухания тракта телефонной передачи

1.4 Сигнализация по двухпроводным аналоговым абонентским линиям: Параметры сигналов

Как следует из материала предыдущего параграфа, в системе сигнализации по аналоговым абонентским линиям информация о статусе телефонного аппарата передается при помощи замыкания (трубка снята) и размыкания (трубка положена) шлейфа абонентской линии. Номер вызываемого абонента передается декадными импульсами или многочастотным способом.

Рекомендуемые значения выдержек времени для распознавания сигналов абонентской сигнализации в цифровых АТС приведены в таблице 1.6. Данные таблицы 1.6 являются обобщением реальных проектных решений. Если строго следовать численным данным из ГОСТа 7153-85, где указан допуск на период T , равный 100 ± 5 мс, и импульсный коэффициент 1.3–1.9, то импульс должен распознаваться в диапазоне от 53.7 мс до 68.8 мс, а пауза – от 32.8 до 45.6 мс.

Таблица 1.6 Рекомендуемые значения выдержек времени при сканировании сигналов по абонентским линиям

Абонент А (вызывающий) снимает трубку (закрывает шлейф)		
Не должен распознаваться	< 50 мс	
Может распознаваться	50-200 мс	
Должен распознаваться	> 200 мс	
Абонент Б (вызываемый) снимает трубку (закрывает шлейф)		
Не должен распознаваться	< 10 мс	
Может распознаваться	10 - 50 мс	
Должен распознаваться	> 50 мс	
Импульс набора номера		
Не должен распознаваться	< 10 мс	Примечание: номинальный диапазон 16-96 мс
Может распознаваться	10-20 мс	
Должен распознаваться	20 - 100 мс	
Может распознаваться	100-150 мс	
Не должен распознаваться	> 150 мс	
Пауза набора номера		
Не должна распознаваться	< 10 мс	Примечание: номинальный диапазон 24-112 мс
Может распознаваться	10-20 мс	
Должна распознаваться	20 - 120 мс	
Может распознаваться	120-150 мс	
Не должна распознаваться	> 150 мс	
Межцифровой интервал набора номера		
Не должен распознаваться	< 150 мс	Примечание: номинальное значение 650 мс
Может распознаваться	150-250 мс	
Должен распознаваться	250-20000 мс	
Не должен распознаваться	> 20000 мс	

Разрыв абонентского шлейфа во время разговора или набора номера более чем на 150 мс может восприниматься станцией как отбой абонента. Кратковременный же разрыв шлейфа в пределах (80 ± 40) мс в процессе разговора или после набора номера на фоне сигнала занятости воспринимается как сигнал повторного вызова регистра (нажатие кнопки «R» или набор цифры «1» на дисковом номеронабирателе).

Характеристики приема на АТС при ручном дисковом декадном наборе определяются необходимостью обеспечить уверенный прием информации при колебании скорости возвратного движения но-

меронабирателя от 7 до 13 имп/с и импульсном коэффициенте (отношении времени размыкания ко времени замыкания) в пределах 1.3-1.9. Контрольное время ожидания набора первой и каждой следующей цифры номера обычно выбирается в пределах 20-40 с. Последовательность сигналов, передаваемых по абонентским линиям для различных абонентских установок при декадном наборе, приведена на рис. 1.6 и 1.7.

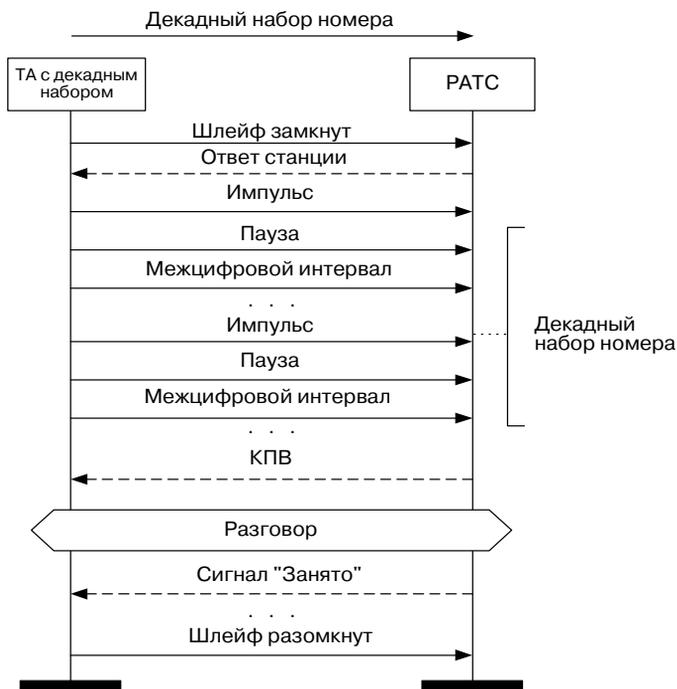


Рис. 1.6 Сигнализация по абонентским линиям

На всех стадиях разговора (за исключением платного разговора с местного таксофона, требующего переполюсовки) обеспечивается следующая полярность проводов абонентской линии: минус на проводе «а» и плюс на проводе «б». При работе с местными таксофонами полярность линейных проводов (за исключением выхода на бесплатные спецслужбы 01, 02, 03) соответствует рис. 1.7.

При взаимодействии АТС с таксофонами местной сети могут обеспечиваться следующие дополнительные функции:

- переполюсовка напряжения на линейных проводах при ответе вызываемого абонента для всех типов таксофонов местной телефонной сети;
- предупредительный сигнал за (30 ± 2) с до окончания оплаченной телефонной сети при ограничении времени разговора от АТС. Параметры этого предупредительного сигнала: частота

(1400 ± 20) Гц, длительность посылки (1.0 ± 0.1) с, длительность паузы (1.0 ± 0.1) с, количество посылок 2–3, уровень на выходе АТС от -4 до 0 дБ;

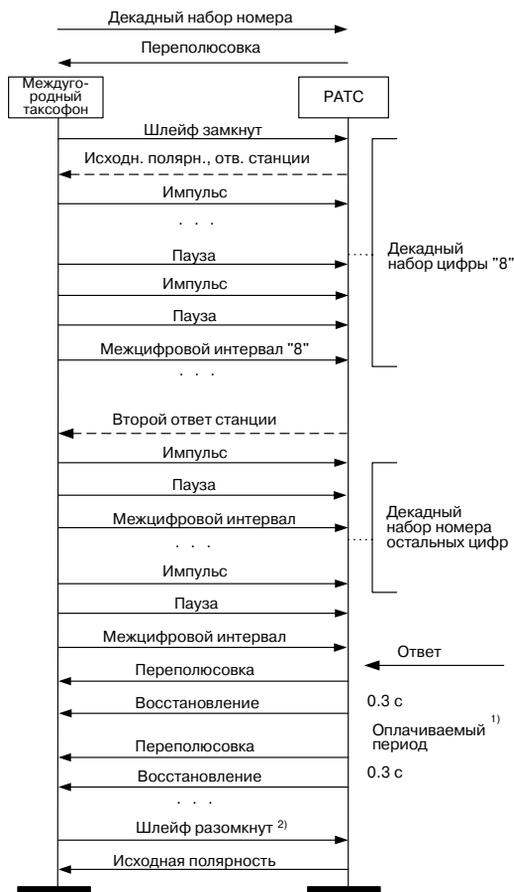
- кратковременное восстановление исходной полярности напряжения на линейных проводах длительностью (300 ± 50) мс по окончании оплаченного периода и повторная переполюсовка для обеспечения доплаты (для телефонов местной связи с возможностью продления времени разговора и ограничения разговора по сигналам от АТС).

По мере внедрения современных цифровых АТС в телефонных сетях Российской Федерации постепенно распространяется многочастотный способ передачи сигналов набора номера, обозначаемый английской аббревиатурой DTMF (Dual-Tone Multiple-Frequency).



Рис. 1.7 Сигнализация по абонентским линиям. Местный таксофон. Декадный набор номера. Переполюсовка

Иногда для наименования этой системы передачи сигналов набора используется другой англоязычный термин – Touch-Tone. Такой способ был разработан в 1960 г., но реальное его распространение началось с 80-х годов.



Примечания:

- 1) Длительность оплачиваемого периода зависит от зоны и может быть 3 мин; 1 мин; 36с; 30с; 26с; 22с; 20с; 18с; 16с; 15с.
- 2) Отбой может быть выполнен как по сигналу ШЛЕЙФ РАЗОМКНУТ, так и автоматически самим таксофоном, когда монета отсутствует в течение (2–6) с после импульса смены полярности.

Рис. 1.8 Сигнализация по абонентским линиям (междугородный таксофон)

При этом способе передачи сигналов управления каждый много-частотный сигнал цифры номера состоит из двух тональных сигналов в соответствии с рекомендацией Q.23 ITU-T «Технические особенности телефонных аппаратов с таксатурным набором номера». Согласно этой рекомендации частоты в так называемой нижней частотной группе равны 697, 770, 852, и 941 Гц, а частоты в так называемой верхней частотной группе равны 1209, 1336, 1477, 1633 Гц.

Частоты DTMF подобраны негармонически. Это означает, что частоты не имеют отличного от 1 целого общего делителя. Например, частоты 1200 и 1600 Гц – гармоники частоты 400 Гц ($3 \cdot 400 = 1200$ и $4 \cdot 400 = 1600$), а частоты 697 и 770 Гц – негармонические. Каждый сигнал содержит две частоты: одна выбирается из нижней, а вторая – из верхней группы частот.

Соответствие между передаваемой информацией и частотами приведено на рис. 1.9.

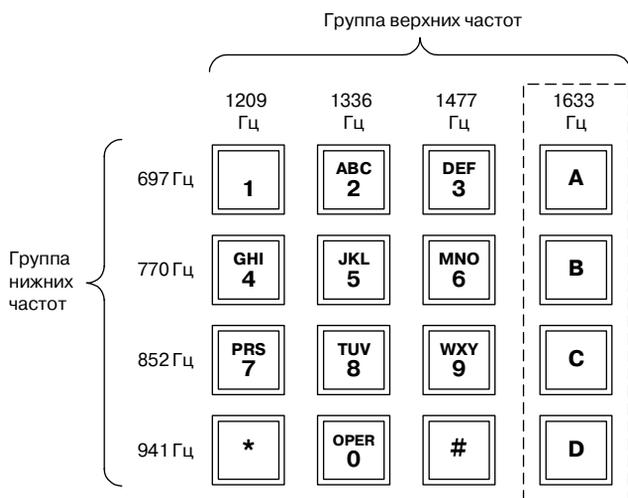


Рис. 1.9 Многочастотный способ набора номера DTMF

Уровень передачи в двухчастотной посылке, измеренный на нагрузке 600 Ом, составляет для нижней группы частот минус 6 дБМО \pm 2 дБ, для верхней группы частот – минус 3 дБМО \pm 2 дБ. Уровень частоты верхней группы частот в суммарном сигнале на 2 ± 1 дБ превышает уровень частоты нижней группы. Суммарный уровень всех частотных составляющих высшего порядка, по крайней мере, на 20 дБ ниже уровня частоты нижней группы.

Условия, при которых должен происходить нормальный прием сигналов, следующие: наличие в сигнале двух частот, одна из которых выбрана из нижней группы, а другая – из верхней; частоты не отличаются от своих номинальных значений более чем на 1.8%; уровень каждой из двух частот лежит в пределах от минус 7 до минус 30 дБМО; разность уровней двух частот не превышает 3 дБ; длительность частотного сигнала не менее 40 мс. Сигнал же длительностью менее 20 мс не должен фиксироваться, даже если он отвечает всем остальным требованиям, а два сигнала принимаются как отдельные, если длительность паузы между ними равна 40 мс или более.

Абонентская сигнализация при многочастотном способе набора для разных абонентских устройств приведена на рис. 1.10–1.12.