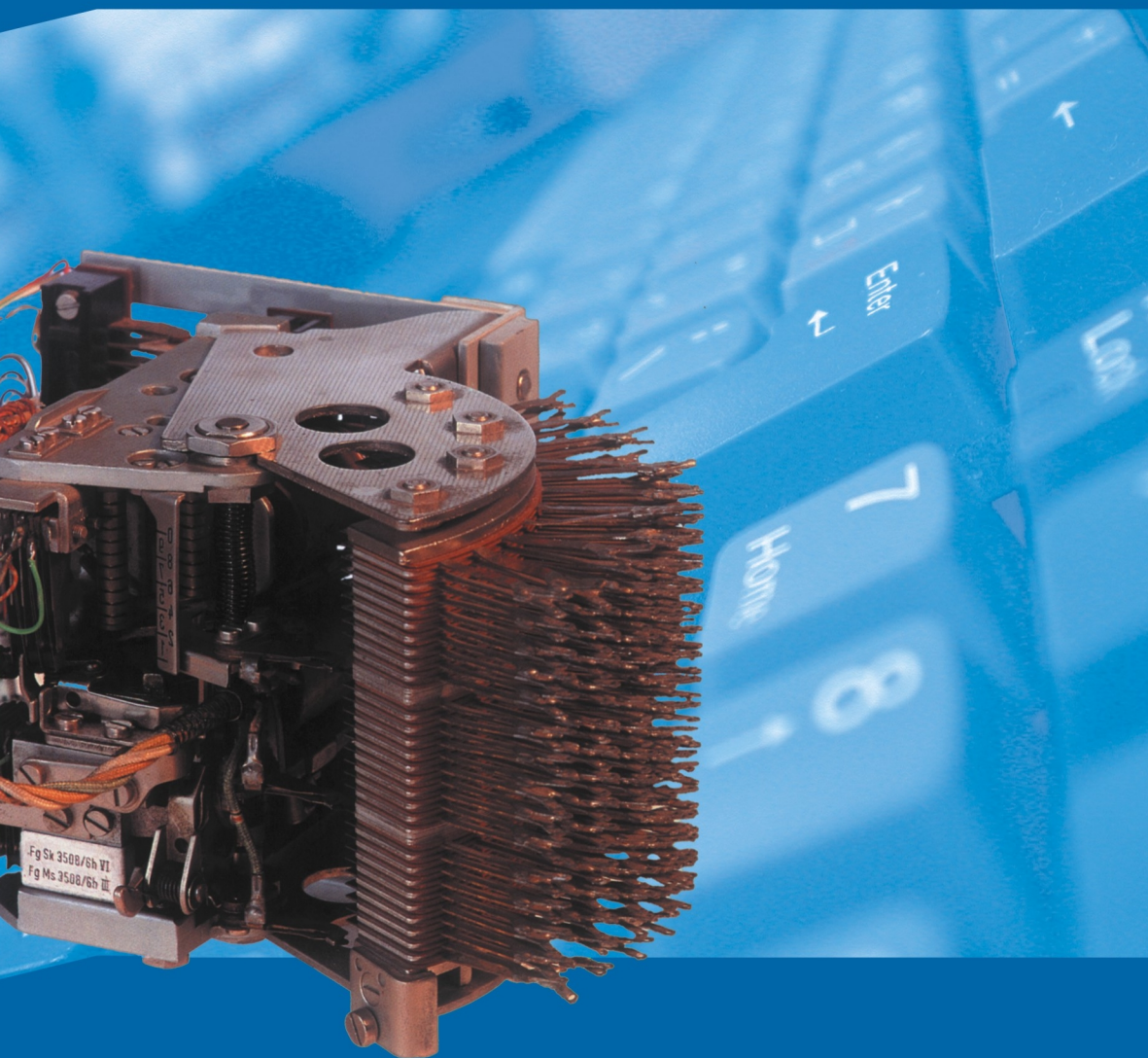


Б.С. ГОЛЬДШТЕЙН



СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

2-е издание

УЧЕБНИК ДЛЯ ВУЗОВ

Б. С. Гольдштейн

СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

2-е издание

*Учебник для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности
200900 – «Сети связи и системы коммутации»
и другим междисциплинарным специальностям
телекоммуникационных направлений
базового высшего образования*

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»
2014

УДК 621.395
У66
ББК 32.88

Гольдштейн Б. С.

Системы коммутации: Учебник для вузов. 2-е изд. —
СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 314 с.: ил.

ISBN 978-5-9775-1587-0

2-ое переработанное и дополненное издание учебника соответствует программе, утвержденной Управлением руководящих кадров и учебных заведений Министерства информационных технологий и связи Российской Федерации и охватывает широкий спектр вопросов автоматической коммутации. Предназначен для студентов телекоммуникационных университетов и других высших учебных заведений, обучающихся по специальности 200900 – «Сети связи и системы коммутации», а также по специальностям 201000 – «Многоканальные телекоммуникационные системы» и 550400 – «Телекоммуникации». Может быть полезен работникам научно-исследовательских, проектных и эксплуатационных организаций, занимающимся коммутационными узлами и станциями, а также широкому кругу специалистов, интересующихся теорией автоматической коммутации каналов и практикой применения АТС разных поколений.

Учебник для вузов

Рецензенты: проф. В. Г. Дедоборщ, проф. О. Н. Иванова,
проф. А. П. Пшеничников, проф. С. Н. Степанов (Москва),
проф. В. В. Лебедев, проф. В. И. Мейкшан (Новосибирск),

ISBN 978-5-9775-1587-0

© Гольдштейн Б. С., 2004, 2014

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

Содержание

Введение	7
Глава 1. Эволюция автоматической коммутации	13
1.1. Телекоммуникации	13
1.2. Телефонные сети общего пользования.....	14
1.3. Коммутация.....	15
1.4. Методы коммутации.....	17
1.5. Эволюция телефонных станций.....	18
1.5.1. Исторические предпосылки	18
1.5.2. Ручные коммутаторы.....	24
1.5.3. Автоматическая коммутация	33
1.5.4. Квазиэлектронные и электронные АТС	36
1.5.5. Цифровые АТС	39
1.6. Телефонные аппараты.....	40
1.7. Стандартизация в области коммутации.....	44
Глава 2. Декадно-шаговые АТС.....	48
2.1. Основные принципы ДШ АТС.....	48
2.2. Искатели	51
2.3. Вынужденное и свободное искание. Ступени искания	53
2.3.1. Предварительное искание	53
2.3.2. Линейное искание.....	55
2.3.3. Групповое искание	56
2.4. Импульсный набор номера	58
2.5. Межстанционные соединительные линии.....	59
Глава 3. Координатные АТС.....	62
3.1. Координатные соединители	62
3.2. Координатные АТС	67
3.3. Городские координатные станции АТСК и АТСК-У	72
3.4. Сельские координатные АТС К-50/200М.....	76

3.5.	Координатные АТСК-100/2000.....	79
3.6.	Координатные подстанции ПСК-1000.....	81
Глава 4. Принципы цифровой коммутации		82
4.1.	Цифровая телефония	82
4.2.	Цифровые АТС	88
4.3.	Абонентские модули.....	90
4.4.	Доступ к услугам ISDN	94
4.5.	Коммутационное поле	100
4.5.1.	Пространственная коммутация	100
4.5.2.	Временная коммутация.....	101
4.5.3.	Коммутация ПВП (пространство-время-пространство)...	101
4.5.4.	Коммутация ВПВ (время-пространство-время).....	102
4.6.	Модули соединительных линий, синхронизация и служебные функции	103
4.7.	Управление по записанной программе.....	105
Глава 5. Импортные цифровые АТС.....		106
5.1.	Выбор АТС.....	106
5.2.	Станции 5ESS. Решения Lucent Technologies	110
5.3.	Система 12.....	117
5.4.	Система EWSD компании Siemens	121
5.5.	Станция AXE-10 компании Ericsson.....	124
5.6.	Итальянская платформа Linea UT и стратегия iMSS	126
5.7.	Коммутационная платформа NEAX-61 компании NEC	129
5.8.	Станции DMS 100	131
Глава 6. Отечественные АТС с программным управлением		133
6.1.	Первые разработки АТС с программным управлением	133
6.2.	Коммутационная платформа DX-200	138
6.3.	Новые функции цифровых АТС	151

6.4.	Система C-32	154
6.5.	Бета, Сигма, Омега, Кразар и другие.....	156
6.6.	Развитие отечественных коммутационных платформ	159
Глава 7.	Абонентский доступ	162
7.1.	Глобальная информационная инфраструктура	162
7.2.	Цифровые абонентские концентраторы и мультиплексоры	164
7.3.	Интерфейс V5.....	167
7.4.	Беспроводный абонентский доступ WLL	171
7.5.	Оптическое волокно в абонентской линии	174
7.6.	Цифровые абонентские линии DSL.....	175
Глава 8.	Межстанционная сигнализация	180
8.1.	Элементы телефонной сигнализации	180
8.2.	Сигнализация по выделенным сигнальным каналам.....	185
8.3.	Многочастотная сигнализация	189
8.4.	Общеканальная сигнализация № 7	194
8.4.1.	Подсистема переноса сообщений МТП	201
8.4.2.	Подсистема управления сигнальными соединениями SCCP	205
8.4.3.	Подсистема средств транзакций.....	208
8.4.4.	Подсистема ISUP	211
8.5.	Сигнализация при переходе к NGN.....	214
Глава 9.	Программное управление	219
9.1.	Программное обеспечение коммутационных узлов и станций	219
9.2.	Управляющие устройства	220
9.2.1.	Централизованное управление	221
9.2.2.	Иерархическое управление	222
9.2.3.	Распределенная архитектура	222
9.3.	Основы программирования обслуживания вызовов в реальном времени	223
9.4.	Технологические аспекты разработки программного обеспечения АТС	230

9.5. Качество ПО	238
9.6. Программные системы современных АТС	240
Глава 10. Эксплуатационное управление	243
10.1. Эволюция функций эксплуатационного управления системами коммутации	243
10.2. Сопровождение программного обеспечения.....	247
10.3. Задачи СОРМ и информационной безопасности	248
10.4. Расчеты за услуги связи	251
10.5. Взаимодействие «человек-машина».....	254
10.6. Концепция TMN	254
10.7. Системы эксплуатационной поддержки OSS	260
Глава 11. Услуги	265
11.1. Дополнительные услуги АТС	265
11.2. Интеллектуальная сеть (IN).....	269
11.3. Компьютерная телефония (СТІ)	279
11.4. Конвергенция телефонных услуг и Интернет	282
Вместо заключения	291
Литература	293
Глоссарий.....	304
Предметный указатель.....	311
Именной указатель.....	313

Введение

На камне у входа в центр подготовки кадров компании IBM в Эндикотте, штат Нью-Йорк, высечены следующие слова: **«Образование никогда не достигает точки насыщения»**. Именно этот девиз сопровождал автора в течение всей работы над настоящим учебником, совпавшей по времени с самым разгаром революционных преобразований в автоматической коммутации каналов. Этот же девиз был главным критерием при решении вопросов о том, включать (и в каком объеме) или вообще не включать в учебник материал, посвященный тем или иным технологиям коммутации: не преждевременно ли еще? не устарело ли уже?

Другим критерием пропорционального представления материала в учебнике послужило количественное соотношение автоматических телефонных станций разных типов в сетях телефонной связи страны, которое в начале 2004 года составляло: доля декадно-шаговых станций – до 15%, координатных – около 45%, а квазиэлектронных и электронных цифровых станций – уже порядка 40%.

В результате книга организована по принципу компромисса между современной коммутационной техникой и педагогикой, которая предполагает освещение некоторых исторических аспектов эволюции коммутационных технологий. Основное внимание в учебнике уделено принципам построения автоматических телефонных станций (АТС) и современным телекоммуникационным технологиям для телефонных сетей связи общего пользования (ССОП), а также перспективным технологиям, используемым в сетях связи следующего поколения NGN (Next Generation Networks).

Учебник содержит 11 глав, в которых рассматриваются способы построения коммутационных станций, описываются процессы установления соединения, основные функциональные узлы АТС, элементы их программного управления и т.п.

Первое поколение телефонных станций характеризуется аналоговой передачей, ручным способом управления и сигнализации,

кроссовой коммутацией. Начиная с 1890 г. и заканчивая 60-ми годами XX века, телефонная инфраструктура развивалась в «электро-ромеханическом» направлении, характеризующимся телефонными аппаратами с дисковыми номеронабирателями, внутриполосной сигнализацией, управлением с помощью релейных логических схем и автоматическим способом коммутации. С середины 60-х годов телефонные станции начинают развиваться в направлении цифровизации: вначале – цифровая передача, управление с помощью компьютера и внеполосная сигнализация; затем – цифровая коммутация и общеканальная сигнализация. Краткий исторический экскурс, вместе с некоторыми полезными сведениями общего характера, приводится в главе 1.

История автоматической коммутации началась еще в XIX веке с изобретения А.Строуджером *декадно-шаговой* АТС, но и сегодня многие АТС такого типа продолжают эксплуатироваться во всепланетной телефонной сети. Тезисному рассмотрению этих АТС посвящена глава 2, являющаяся самой краткой в учебнике. Немногим больше места уделено *координатным* АТС в главе 3. Декадно-шаговые и координатные АТС явили собой первые примеры *пространственных* коммутаторов, и только значительно позже эту технологию дополнила (и почти заменила) технология *временной* коммутации. Возможно возражение, что технические средства, рассматриваемые в главах 2 и 3 учебника, устарели, и потому их обсуждение ничем не оправдано. Однако это те самые средства, на основе которых существуют сегодняшние (см. приведенную выше статистику), и наличие которых должны принимать во внимание за-втрашние телекоммуникационные сети.

В 1970-годах началась вторая революция в сфере коммутации. Благодаря технологии цифровой передачи стало возможным передавать речь в цифровом формате. Как следствие, коммутационные станции тоже постепенно стали цифровыми. Принципы цифровой коммутации изложены в самой объемистой главе 4, а примеры реализации этих принципов – в главах 5 и 6. В них автор посчитал лучшим способом преподнесения материала обучение на примерах.

Основные задачи АТС всех типов связаны с обслуживанием сети абонентского доступа и с взаимодействием с другими системами коммутации. В главе 7 рассматривается первая группа этих функций, включая первичный и базовый доступ ISDN (протокол DSS1, европейская версия), поддержку оборудования абонентского доступа (концентраторов, мультиплексоров, беспроводного доступа WLL), интерфейсов V5.1 и V5.2 и др.

Межстанционная сигнализация внутри ССОП (протоколы 2ВСК, 1ВСК, частотные системы сигнализации, стек протоколов ОКС7) и при ее взаимодействии с ISDN (DSS1, подсистемы ISUP, SCCP, TCAP, прикладные протоколы ОКС7), с Интеллектуальной сетью (протокол INAP) и с IP-сетями (протоколы H.323, SIP, MGCP, H.248, MEGACO, а также SCTP, M2UA, M2PA, M3UA) рассмотрены в главе 8. Исключение составляет интерфейс с пультом управления системы оперативно-розыскных мероприятий (ПУ СОРМ) по протоколу X.25, описание которого приведено в главе 10, посвященной технической эксплуатации. Естественно, что все эти протоколы сигнализации реализуются средствами программного управления АТС, которые рассматриваются в главе 9.

В главе 11 обосновываются взгляды автора на Интеллектуальную сеть (ИС) как на высшее достижение в области телефонных сетей. Именно в концепции ИС впервые было внятно сформулировано отделение телекоммуникационных услуг от функций коммутации, введены новые принципы и средства создания услуг, которые наполнили содержанием телекоммуникационные протоколы, не связанные с соединением (connectionless), и др. Архитектура ИС играет в традиционной телефонии практически такую же роль, которую сыграла в вычислительной технике архитектура ЭВМ фон Неймана, причем значение концепции ИС в контексте происходящей сегодня конвергенции сетей и услуг связи еще до конца не осознано. Некоторые перспективные решения и технологии предоставления услуг непосредственно в АТС с помощью компьютерной телефонии и с использованием Интернет также рассмотрены в последней главе 11, хотя сегодняшние разработки инфокоммуникационных услуг трудно описать не то что в одной главе, но и в целой книге.

Да и другие описанные в учебнике технологии не рассматриваются во всех подробностях; задачей книги является представить принципы каждой из них и рассказать об основных функциях, которые они поддерживают. Если читателю потребуется более подробная информация, он сможет найти отдельную книгу, полностью посвященную интересующей его теме. Есть много книг, содержащих более подробные описания той или иной технологии, например систем сигнализации, ISDN, Интеллектуальной сети, IP-телефонии, протоколов сети доступа и др. Точно так же, не имея возможности включить в учебник подробные описания систем коммутации, автор все же попытался рассмотреть основные технические идеи и решения, сосредоточив их в главах 5 и 6, полезных, возможно, не только студентам и преподавателям, но

и инженерам, намеревающимся разрабатывать новые коммутационные станции на основе аналогичных решений и/или эксплуатировать и развивать существующее коммутационное оборудование сетей электросвязи.

Учебник предназначен для тех студентов телекоммуникационных университетов и других высших учебных заведений, которые обучаются по специальности 200900 – Сети связи и системы коммутации, а также по специальностям 201000 – Многоканальные телекоммуникационные системы и 550400 – Телекоммуникации, и соответствует программе, утвержденной управлением руководящих кадров и учебных заведений Министерства Российской Федерации по связи и информатизации. Он может также быть использован работниками научно-исследовательских, проектных организаций и эксплуатации, занимающимися коммутационными узлами и станциями.

Эта книга стала для автора одной из сложнейших его работ, потому что технологии, описываемые в ней, очень различны. Индустрия меняется быстро, и по этой причине весьма трудно связно изложить цепочку новаций во всех областях коммутационной техники. Работая над книгой, автор существенно повысил уровень собственного образования и надеется, что читатель тоже сможет узнать из нее много нового о таком удивительном изобретении как АТС.

Курсы лекций по тематике учебника автору посчастливилось в свое время прослушать у профессоров кафедры телефонии Р.А. Авакова, Б.С. Лившица и М.М. Подвидза, светлая память о которых определила в дальнейшем как его согласие на руководство этой кафедрой, так и решение написать этот учебник. Материалы учебника обсуждались с коллегами из ГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича и из ЛОНИИС, которым автор приносит глубокую благодарность за ценные советы и замечания. Опыт чтения курсов лекций и учебной работы со студентами (многие из которых стали потом его сотрудниками и на практике продемонстрировали положительные и отрицательные стороны полученного образования) позволил автору систематизировать и структурировать материал учебника в контексте эволюционного развития систем коммутации, в связи с чем хотелось бы процитировать следующую фразу из одной великой книги: *«Многому я научился у своих наставников, еще более – у своих товарищей, но более всего – у своих учеников»*.

Изменения во втором издании

Относительно короткий срок в 1 год между первым и вторым изданиями при сегодняшнем обилии другой литературы по телекоммуникациям приятно удивил автора. Хотя и за этот год телекоммуникационный мир не стоял на месте, именно краткость периода не потребовала радикальной переработки структуры книги, по-прежнему содержащей 11 глав, каждая из которых, впрочем, претерпела определенные изменения.

Основанием для этих изменений послужили не только эволюция телекоммуникационных технологий, но и полученные автором отзывы ведущих ученых отрасли – профессоров О.Н. Ивановой, А.П. Пшеничникова, М.А. Шнепса-Шнеппе, Г.Г. Яновского, В.Г. Дедоборца, которых автор всегда воспринимал как своих учителей и которым он выражает искреннюю признательность.

Развернутая пятистраничная рецензия проф. О.Н. Ивановой и проф. А.П. Пшеничникова наиболее значительно повлияла на переработку большинства глав и на дополнение списка использованной литературы. В этой рецензии отмечен определенный субъективизм автора при описании наиболее важной для процесса цифровизации сегодняшней ТФОП финской станции DX-200 (вместо DX-200 автор весьма подробно описывал российскую версию этой системы АТСЦ-90, к разработке которой имел в свое время самое непосредственное отношение, сознавая при этом авторский приоритет разработчиков компании NOKIA). Во втором издании эта несправедливость устранена, хотя, чтобы отдать должное усилиям российских инженеров, описание этой системы по-прежнему оставлено в главе 6, посвященной отечественным системам коммутации. В этой рецензии приведены также весьма важные замечания по терминологии, с которой автор изрядно поработал и в первом издании, но очевидно, поработал недостаточно прилежно, что и обусловило большое количество исправлений во втором издании. При этом учитывались и результаты многочисленных обсуждений во время занятий со студентами старших курсов и с молодыми инженерами на факультете повышения квалификации, значительная часть которых, изучив линейку оборудования CISCO, вместе с этими, безусловно полезными знаниями, переняла и соответствующий жаргон, на котором проходит общение в большинстве профессиональных Интернет-форумов. Учебник написан именно для них, и неудивительно, что автор хотел быть понятым, в первую очередь, этой талантливой технической молодежью, причем от-

нюдь не только питерской. Существенное влияние на изменение второго издания оказали прочитанные лекции и их обсуждения в различных учебных центрах страны, включая учебный центр ЮТК Ю. Н. Белова в Краснодаре, АДЭ А. С. Кремера в Москве, ФППК М. А. Сиверса в Петербурге, беседы с коллегами из университетов Москвы, Новосибирска, Нижнего Новгорода, Ижевска, Перми и с целым рядом других коллег.

Тем не менее, и во втором издании, по всей вероятности, остались ошибки и опечатки, не замеченные читателями и самим автором, который с благодарностью примет отзывы и пожелания по адресу nio1@loniis.ru. Информацию по системам коммутации читатели могут найти на сайте www.niits.ru, где помещены тексты статей на указанные в учебнике темы, программы читаемых автором и его коллегами курсов, обзоры новых технологий и много других полезных и интересных сведений, дополняющих данный учебник.

Глава 1

Эволюция

автоматической

коммутации

Изобретатель – человек, который создает оригинальное устройство из колес, рычагов и пружин, считая, что это и есть цивилизация.
Амброз Бирс

1.1. Телекоммуникации

Английский глагол *to communicate* (сообщать, передавать...) происходит от латинского слова *communico*, означающего «делать общим», «общаться», «связывать». Английское существительное *communication* переводится как «связь» (в самых разных значениях), а во множественном числе (с «s» на конце) означает систему средств сообщения или общения, не являясь, вообще говоря, техническим термином (сегодня часто встречаются такие выражения, как «политические коммуникации», «бизнес-коммуникации» и т. п.). Слово *телекоммуникации* (telecommunications) означает средства общения (то есть обмена информацией) на расстоянии и подразумевает совокупность технологий, реализующих разные способы такого общения.

Рассматриваемые в следующих главах, эти технологии охватывают механические и, по мере развития телекоммуникаций, все более и более сложные электрические и оптические системы связи. Такое объединение частично отражает и сложившаяся практически во всех странах мира структура национальных администраций связи, определяемая тремя словами: *почта, телеграф, телефон* (Post, Telegraph, Telephone – PTT).

Понятия, обозначаемые терминами *телефония* и *телекоммуникации*, иногда путают. Первый термин вначале употреблялся применительно к системам электросвязи, ориентированным на передачу речевой информации в реальном времени, а второй – применительно к прочим системам электросвязи (включая и те, которые базируются на телефонных системах), используемым для обмена дискретной информацией (данными) – в том числе между компьютерными системами.

Совокупность устройств и сооружений, обеспечивающих телефонную связь на некоторой территории, называют *телефонной сетью*. В состав такой сети входят: коммутационные устройства (автоматические телефонные станции, узловые станции, подстанции, концентраторы и мультиплексоры), линейные сооружения (абонентские и соединительные линии, каналы междугородной и международной связи), гражданские сооружения (здания телефонных станций, усилительных пунктов), телефонные аппараты и пульта операторов. В процессе эволюции телефонная сеть стала составной частью мощной инфраструктуры цифровых телекоммуникаций, в которой речь – лишь один из типов передаваемых данных. Это и внесло некоторую путаницу, так как телефонная сеть может рассматриваться как сеть телекоммуникаций, поддерживающая телефонию, а телекоммуникационная сеть – как телефонная сеть, снабженная средствами поддержки обмена мультимедийной информацией. Таким образом, телефония является одним из видов телекоммуникаций.

1.2. Телефонные сети общего пользования

Традиционно различают следующие виды телефонных сетей общего пользования: городские, сельские, зонавые и междугородные. *Городские телефонные сети (ГТС)* обеспечивают телефонную связь на территории более или менее крупного города и его ближайших пригородов. *Сельские телефонные сети (СТС)* обеспечивают телефонную связь в пределах сельских административных районов. Сети этих двух видов объединяет общее название *местные телефонные сети*.

Зонавые телефонные сети – это комплекс сооружений, которые предназначены для связи между абонентами нескольких разных местных телефонных сетей, расположенных на территории одной *телефонной зоны*. В такой зоне используется единая семизначная *зонавая нумерация*. Территории телефонных зон часто совпадают с территориями областей, краев и иных административных образований.

Междугородная телефонная сеть – это комплекс сооружений, которые предназначены для организации связи между абонентами

местных телефонных сетей, расположенных на территории разных телефонных зон.

Все названные сети вместе образуют телефонную сеть общего пользования (ТфОП), входящую во Взаимоувязанную сеть связи страны. В связи с вступлением в силу с 01.01.2004 г. нового «Закона о связи» постепенно начинают распространяться новые термины: сеть связи общего пользования (ССОП) и единая сеть электросвязи (ЕСЭ). Возможно, со временем ССОП заменит ТфОП, а ЕСЭ заменит ВСС, но пока эти новые термины не проникли ни в утвержденные программы учебных курсов, ни в инженерную лексику технических публикаций. Поэтому далее в учебнике используются устоявшиеся термины – ТфОП и ВСС.

Обязательное требование к ТфОП – полная связность между всеми местными, национальными и региональными телефонными сетями. Более того, связность между островками телефонии должна предусматриваться (и предусматривалась уже много лет назад) еще и с тем, чтобы любой абонент мог соединиться с любым другим абонентом, получая на национальном и региональном уровнях возможность передачи данных, их коммутации и защиты.

Помимо ТфОП существуют также *учрежденческие, ведомственные, корпоративные* телефонные сети, которые обеспечивают внутреннюю телефонную связь предприятий, учреждений, корпораций, организаций. Такие сети могут быть и полностью автономными, но чаще всего они имеют доступ к телефонной сети общего пользования.

Более подробно классификация сетей и описание их структуры приводятся в курсе «Сети связи».

1.3. Коммутация

Слово *коммутация* (switching) означает «включение и отключение». Для инженера-электрика *коммутационный элемент* – это устройство, которое при работе может переходить в любое из двух состояний: ВКЛ и ВЫКЛ. Это справедливо и в отношении оптических коммутационных элементов, и в отношении транзисторов, с помощью которых строятся логические вентили и триггеры для булевых операций, бинарная память и т.п. Кстати, именно на этой базе, с помощью конечных автоматов, карт Карно и других средств, создаются коммутационные схемы.

Сектор стандартизации электросвязи Международного союза электросвязи (ITU-T), определил *коммутацию* как «соединение одного (определенного) из множества входов системы с одним (определенным) из множества ее выходов, организуемое по запросу и предоставляемое этой паре вход-выход на время, которое

требуется для обмена информацией между ними». Иными словами, соединение создается в соответствии с номером линии вызываемого пользователя, набранным вызывающим пользователем, и сохраняется до тех пор, пока один из них не положит трубку. Пока же это соединение существует, по нему могут передаваться речь, данные или видеоинформация.

Таким образом, получив запрос *коммутируемой связи*, сеть устанавливает между вызывающим и вызываемым пользователями (людьми, компьютерами или модемами) соединение, доступное им полностью и безраздельно, но только на время связи. В течение всего этого времени ни один из ресурсов соединения не используется для обслуживания других запросов, а естественные паузы в разговоре или в передаче данных не могут заполняться другими разговорами или другими данными. По окончании связи соединение разрушается, после чего сетевые ресурсы, из которых оно было составлено, могут использоваться для создания других соединений.

С учетом приведенных в предыдущем параграфе сведений о сетях связи и введенных в начале этого параграфа понятий, можно сказать, что *коммутация* – это процесс последовательного соединения нескольких постоянно существующих независимо один от другого каналов в один составной канал, создаваемый только на время связи с тем, чтобы пользователи в конечных точках этого коммутируемого канала могли общаться между собой, т.е. обмениваться информацией. Компоненты коммутируемого канала выбираются из числа свободных, доступных и находящихся в нужном направлении.

Заметим, что оба приведенных определения относятся только к *коммутации каналов*. Существует еще и понятие *коммутация пакетов*, которая лишь упоминается в этой книге, и то – несколько позже.

Коммутация каналов может быть аналоговой и цифровой.

Аналоговой коммутацией называется процесс, при котором соединение между конечными точками коммутируемого канала устанавливается посредством операций над аналоговым сигналом (с возможной его дискретизацией, но без преобразования в цифровую форму). Аналоговая коммутация рассматривается в двух следующих главах учебника.

Цифровой коммутацией называется процесс, при котором соединение между конечными точками коммутируемого канала устанавливается с помощью операций над цифровым сигналом без преобразования его в аналоговый сигнал. Различным аспектам цифровой коммутации каналов посвящены остальные восемь глав.

1.4. Методы коммутации

В курсе многоканальной электрической связи рассматриваются классические методы мультиплексирования каналов – пространственное разделение, временное разделение и частотное разделение. Если нужно соединить два канала, мультиплексированных одним и тем же методом, то, по очевидным причинам, предпочтительнее выполнить коммутацию этих каналов тем же методом, что и их мультиплексирование. Отсюда и три классических метода коммутации:

- *Пространственная коммутация* – соединение пространственно разделенных каналов по электромеханической, электронной, цифровой или оптической технологии с использованием коммутационных элементов, построенных на базе той же технологии.
- *Временная коммутация* предусматривает возможность коммутировать в пространстве, но когда пространственно коммутируемый физический тракт достигает своего приемника в коммутационном поле, приемник получает команду выбирать только те данные, которые соответствуют определенному временному каналу. Если приемнику и передатчику назначены разные временные каналы, требуется временная коммутация, о чем мы еще порассуждаем в главе 4.
- *Частотная коммутация* применяется, как правило, для коммутации телевизионных каналов и радиоканалов и в этом учебнике не рассматривается.

Коммутационные узлы и станции представляют собой совокупность технических средств, предназначенных для обработки вызовов, поступающих по абонентским и соединительным линиям сети, для предоставления инициаторам этих вызовов основных и дополнительных услуг связи, а также для учета и для начисления платы за услуги. Данное определение охватывает коммутационные узлы и станции всех типов, используемых во Взаимоувязанной сети связи РФ, а именно: городские автоматические телефонные станции (АТС), учрежденческие телефонные станции (УАТС), концентраторы (К), узлы входящего (УВС) и исходящего (УИС) сообщения городских телефонных сетей, узлы спецслужб (УСС), междугородные станции (АМТС), узлы автоматической коммутации (УАК), центральные (ЦС), узловые (УС) и оконечные (ОС) сельские телефонные станции и другие устройства распределения информации.

В общем случае, коммутационный узел (станция) содержит коммутационное поле, предназначенное для соединения входящих и исходящих каналов (линий) на время обмена информацией; управляющие устройства, обеспечивающие установление соединения через коммутационное поле, а также прием и передачу управляющей информации; комплекты (станционные окончания) входящих

и исходящих линий; кодовые приемники и передатчики; устройства контроля и диагностики абонентских линий и оборудования самого узла коммутации; источники электропитания; кроссовое оборудование и некоторые вспомогательные устройства.

Х. Безир в [15] упрощает вышеизложенное, определяя *коммутационную станцию* как совокупность станционных окончаний линий, устройств коммутации и устройств управления одного узла сети, задача которой состоит в установлении, поддержании и разрушении соединений между входящими и исходящими информационными каналами, задаваемыми соответствующими адресами.

Коммутационные узлы и станции классифицируются по способу обслуживания соединений (ручные, полуавтоматические, автоматические), по месту, занимаемому в сети связи (оконечные, промежуточные, транзитные, центральные, узловые), по принципу коммутации (аналоговые, цифровые), по типу оборудования (электромеханические, квазиэлектронные, электронные).

1.5. Эволюция телефонных станций

1.5.1. Исторические предпосылки

Развитие средств связи началось с сигнальных костров и деревянных барабанов и продолжилось изобретениями голубиной почты, фельдъегерской связи, оптического телеграфа Шаппа и других средств, оставшихся элементами «суммы технологий» своего времени и важными вехами в истории цивилизации в целом.

В южных регионах России до сих пор сохранились старинные курганы, с вершин которых подавались световые сигналы. Днем, когда огонь был виден хуже, сигналом служил столб дыма, для чего сторожевым казачьим постам, расположенным на южных границах, предписывалось подбрасывать в костер сырые ветки. Точно так же в 1658 г. сообщение о появлении у берегов Англии испанского флота было передано с юга Англии на север при помощи заранее подготовленных костров. Специальные вышки, на которых всегда лежала куча хвороста или соломы, строили и в Запорожской Сечи: цепь таких вышек позволяла передавать сигналы на значительные расстояния.

Кроме оптической сигнализации использовалась и звуковая. Ружья гремят громче барабанов, поэтому в 1796 году известие о начале коронации императора Павла I было передано ружейными выстрелами 3000 солдат, расставленных на всем пути от Москвы до Петербурга. Пушки стреляли еще громче, чем ружья, в связи с чем, в 1838 г., сообщение об отходе первого парохода по новому каналу Эри было послано из Буффало в Нью-Йорк посредством пушечных

выстрелов. Сигнал преодолел расстояние в 700 км и поступил в Нью-Йорк через 1 ч. 20 мин.

Уже в конце XVIII века, после опытов Гальвани и Вольты, положивших практическое начало науке об электричестве, начались работы, нацеленные на создание электрических средств связи. Первые такие работы касались передачи телеграфных сообщений. Наиболее примитивный способ телеграфии был основан на том, что две телеграфные станции соединяли между собой линиями связи, число которых было равно числу знаков алфавита, и каждый провод служил для передачи одного определенного знака. На этом принципе были построены электростатический телеграф Маршалла (Англия, 1753 г.) и электрохимический телеграф Земмеринга (Германия, 1809 г.).

Для уменьшения количества проводов между станциями потребовалось изыскать более совершенные способы передачи данных, одним из которых явился равномерный шестиэлементный код, созданный Павлом Львовичем Шиллингом, выпускником Первого кадетского корпуса в Петербурге, ветераном Отечественной войны 1812 года. Более совершенные системы телеграфирования обеспечивали получение сообщений в виде печатного текста. Первый буквопечатающий аппарат был изобретен Борисом Семеновичем Якоби, академиком Петербургской Академии наук. Буквопечатающие аппараты Якоби успешно работали на подземной кабельной линии между Зимним Дворцом и Главным Управлением путей сообщения, затем – на кабельной линии Петербург – Царское Село.

Однако, словно в насмешку над непростой судьбой Б. С. Якоби, контракт на закупку изобретенных ранее им же стрелочных синхронных аппаратов, российское правительство Николая I заключило с прусским бизнесменом Вернером фон Сименсом. Здесь, впрочем, нет ничего необычного для истории отечественных телекоммуникаций: у тогдашнего российского правительства всегда были последователи, с такой же легкостью из века в век, вплоть до наших дней, принимавшие аналогичные решения.

Успехи телеграфии стимулировали разработку идей передачи на расстояние живой человеческой речи. В фантастическом романе князя Владимира Одоевского «4338 год. Петербургские письма», написанном в 1840 году, люди будущего звонят друг другу по «магнетическому телеграфу». Еще раньше, в 1627 году, «передача звуков на большие расстояния с помощью труб различных форм» упоминалась в другом фантастическом романе – «Новая Атлантида» Френсиса Кона. Близкая к сегодняшней телефония выдвигалась на идейном уровне французским ученым Ш. Бурселем в 1854 году. Среди других участников процесса, приведшего к изобретению телефона, следует назвать англичанина Чарльза Уинстона, аме-

риканцев Мозеса Фармера, Антонио Меуччи, Эмиля Берлиннера и Элайша Грея. Первая попытка создать прибор для передачи звуков на расстояние была предпринята Иоганном Филиппом Рейсом в 1861 г. Именно он впервые ввел термин *телефон* и наглядно продемонстрировал возможность переносить тональные сигналы на расстояние с помощью электрического тока. Эта разработка, однако, не получила распространения в силу ее технического несовершенства. И лишь 15 лет спустя, 14 февраля 1876 г., Александр Грехем Белл зарегистрировал свой патент на изобретение, которое он назвал «Усовершенствование в телеграфии». Обо всем этом автор уже имел удовольствие подробно написать в [42, 43, 51]. Там же был отмечен значительный вклад, который внесли в разработку принципов действия и конструкций телефонных устройств российские изобретатели проф. П. Д. Войнаровский, инженеры Ф. И. Балюкевич, Е. И. Гвоздев, М. Дешевов, Г. Игнатъев, В. М. Нагорский, А. А. Новицкий, М. Махальский, К. А. Мосцицкий, Ю. Охорович, А. А. Столповский и др.

В этот список хотелось бы добавить еще несколько фамилий. Блестящий выпускник физико-математического факультета Петербургского университета Павел Михайлович Голубицкий создал в своем имении в селе Тарусса Калужской губернии отечественный прототип Bell Laboratories, где было сделано немало изобретений в телефонии и где по его рисункам изготавливали первые телефоны и другие электрические приборы, включая знаменитый многополюсный телефон. Он так писал в одном из своих всеподданнейших прошений: *«Стремясь развить дело русской кустарной постройки простых электрических приборов, я поселился для сего в имении покойного отца моего и на свои личные средства устроил мастерскую, которая дает заработок моим ученикам – местным крестьянам...»*.

Примечательно внедрение телефонии в российском военно-морском флоте. Огромные заслуги в этом, включая организацию отечественного производства телефонной аппаратуры и внедрение ее на боевых кораблях флота, принадлежат морскому офицеру Евгению Викторовичу Колбасьеву. Первая телефонная станция Колбасьева состояла из трех телефонов: два – у водолаза (из которых один использовался в качестве микрофона) и один – у старшины команды на корабле. Броненосец «Потемкин», в частности, и многие другие корабли имели телефонные установки Колбасьева, изготовленные и установленные кронштадтской мастерской.

Активно экспериментировал с первыми российскими телефонами действительный член Русского технического общества подполковник Владимир Борисович Якоби, сын академика Б. С. Якоби. Он сообщал в своих записках Инженерному корпусу: *«...в самое непродолжительное время можно обучить армейских солдат об-*

ращению с телефонными приборами, так что в случае внедрения таковых в войсках, это не встретит ни малейшего затруднения». В 1881 году В.Б. Якоби изобрел миниатюрный телефон, который назывался «телекаль» и представлял собой, по существу, вибрационный телефонный сигнальный прибор. Этот телефонный аппарат с успехом демонстрировался в 1882 году на Второй Петербургской электротехнической выставке, которую отделяло более 100 лет от выставок Норвеком, где демонстрировались миниатюрные мобильные телефоны с вибровывозами. Самому же В.Б. Якоби не было суждено увидеть практическое использование своих изобретений: материальные трудности, и без того слабое здоровье, а также наследственный трудоголизм привели его к преждевременной кончине в августе 1884 года.

Не все российские изобретения были удобны иностранным концессионерам, управлявшим тогда (да и только ли тогда?) электропромышленностью России, что иллюстрируется, например, историей микрофона Вредена. Международная телефонная компания Белла в 1881 году обязалась приобрести привилегию Р.Р. Вредена на микрофон и внедрить его на телефонных станциях, строившихся в Петербурге и Москве, но, как оказалось впоследствии, целью фирмы было не допустить своим «обязательством» распространения этого изобретения до окончания срока строительства телефонных станций, о чем Р.Р. Вреден писал в феврале 1882 года директору телеграфов: *«Так как Вашему превосходительству известно, что ... я по телефонному делу состою с Барановым в Международной Беллевской компании, и что они обязались приобрести мою русскую привилегию на изобретенный мною микрофон, то я считаю долгом заявить, ... что до сих пор... не исполнено ни одного из обязательств в отношении ко мне, и поэтому покорнейше прошу Ваше превосходительство принять участие в охране интересов русского изобретателя по телефонии».*

Другие, не связанные, как В.Б. Якоби и Е.В. Колбасьев, воинской присягой российские изобретатели, например, С.М. Бердичевский-Апостолов и М.Ф. Фрейденберг, после тщетных попыток заинтересовать своими работами отечественные государственные организации и коммерческие фирмы, были вынуждены патентовать свои изобретения за границей.

Впрочем, косность и недалёковидность отнюдь не являются свойствами исключительно отечественных госструктур. Крупные телекоммуникационные компании во всем мире грешили (а подчас и теперь грешат) тем же. Иллюстрацией этому может служить продолжающееся с самого начала XXI века беспрецедентное падение индекса NASDAQ. Более наглядный пример – реакция телекоммуникационного гиганта XIX века компании Western Union на предложение Белла и его тестя Гардинера Хаббарда приобрести патент

на телефон за 100 000 долларов. Одним из наиболее поучительных документов в истории телефонии является письмо, написанное группой специалистов, которые были уполномочены Western Union составить заключение по поводу этого предложения:

15 ноября 1876 года

Чаунси М. Детью

Президенту компании Western Union Telegraph Co.

Нью Йорк Сити

Уважаемый мистер Детью:

Наш комитет был образован согласно Вашему указанию для решения вопроса о приобретении патента США 174.465 компанией Western Union Company. Мистер Гардинер Г. Хаббард и мистер А. Г. Белл, изобретатель, продемонстрировали нам свой прибор, который они называют «телефоном», и изложили свои планы его применения.

Указанный «телефон» предназначен для передачи человеческой речи по телеграфным проводам. Мы обнаружили, что голос звучит очень слабо и неразборчиво, а при использовании длинных проводов между передатчиком и приемником звук становится еще слабее. С технической точки зрения мы не считаем, что это устройство когда-либо сможет передавать понятную речь на расстояние в несколько миль.

Господа Хаббард и Белл хотят установить свои «телефоны» практически в каждом доме или деловом предприятии нашего города. Эта идея абсурдна сама по себе. Более того, с какой стати кто-то захочет использовать такое неуклюжее и непрактичное устройство, если он может отправить посыльного на местную телеграфную станцию и передать оттуда ясно написанное сообщение в любой большой город Соединенных Штатов?

Специалисты-электрики нашей компании на сегодня уже разработали все существенные улучшения в области телеграфии, и мы не видим причин, по которым следует поддерживать группу неспециалистов с нелепыми и непрактичными идеями, коль скоро у них нет ни малейшего представления о том, как решить затронутые проблемы. Финансовые прогнозы мистера Г. Г. Хаббарда, хотя и звучат очень заманчиво, основаны на необузданном воображении и на отсутствии понимания технических и экономических аспектов существующего положения; при этом игнорируются технические ограничения, присущие их устройству, которое едва ли может быть более чем игрушкой или лабораторной диковинкой. Мистер А. Г. Белл, изобретатель, служит учителем в школе для плохо слышащих, и для его работы «телефон», возможно, имеет какое-то значение, но при столь большом количестве недостатков не может всерьез считаться средством связи.

В свете изложенных фактов мы считаем, что предложение мистера Г. Г. Хаббарда о приобретении его патента за 100 000 долларов лишено здравого смысла, поскольку это устройство по своим возможностям не представляет для нас никакого интереса. Мы не рекомендуем его покупать.

Это легендарное письмо является, по-видимому, крупнейшей и грубейшей ошибкой во всей истории телекоммуникационного бизнеса.

В июле 1877 года образовалась компания Bell Telephone Company с Гардинером Хаббардом в качестве президента. Эта компания производила телефоны и продавала их, а также право на их использование. Первые коммерческие аппараты, предложенные Bell Telephone Company, состояли из цельного куска дерева (черный орех или красное дерево) с элементом, который служил и передат-

чиком, и приемником. Источником энергии служил, преимущественно, постоянный магнит, находившийся внутри устройства, а не батарея или внешний источник электропитания. Каждый телефонный аппарат имел прямое соединение с другим аппаратом через частную линию, которую обычно телеграфисты сдавали в аренду телефонной компании. В первых рекламных объявлениях пользование двумя телефонами и соединяющей их линией предлагалось за \$20 в год для общественных целей и за \$40 в год – для корпоративных; при этом обеспечивалось бесплатное техобслуживание.

Одним из клиентов Bell Telephone была компания New England Telephone Company, образованная в 1878 году. Первую коммерческую телефонную станцию, о которой речь пойдет ниже, она открыла в Нью-Хэвене. Тогда, к концу 1877 года, в пользовании находилось свыше 600 телефонов, а рост популярности изобретения ассоциировался с кабинетами, заполненными телефонами, и со столбами, увешанными проводами воздушных линий связи (рис. 1.1).

В 1880 году компании New England Telephone Company и Bell Telephone Company слились и образовали American Bell Telephone Company, впоследствии – знаменитую AT&T. Компания Western Electric была в то время производителем электрического оборудования для Western Union и находилась под ее корпоративным управлением. В 1882 году American Bell тайно купила контрольный пакет акций Western Electric. Этот маневр, который тогда некоторые считали грабительским, обеспечил American Bell необходимые дополнительные производственные мощности и нанес Western Union сокрушительный удар, от которого она фактически так никогда и не оправилась. AT&T выкупила Western Union в 1911 году. В 1908 году президентом AT&T стал Теодор Вейл, а к 1911 году AT&T превратилась в Bell System, корпоративная структура которой оставалась почти неизменной до распада компании в 1984 году. В 1923 году AT&T создала Bell Telephone Laboratories в качестве своей дочерней компании, на которую возлагались исследования и разработки.

Сегодня все воспринимают как самую собой разумеющуюся возможность связаться по телефону с людьми, являющимися пользо-

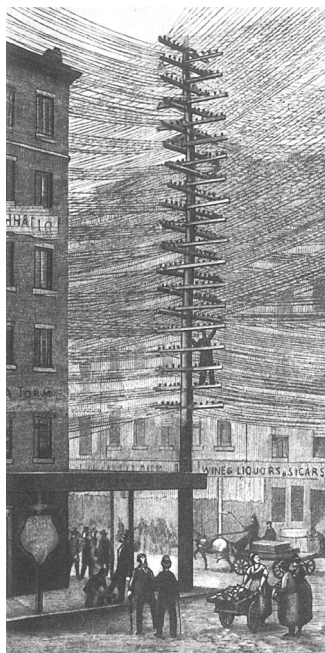


Рис. 1.1. Телефонная сеть до коммутации каналов

вателями самых разных местных и междугородных сетей. Так было не всегда. К 1885 году в США существовало уже более 300 лицензированных телефонных компаний, а телефону было всего лишь девять лет. Начиная с этого времени и по 1907 год, людям часто приходилось иметь два телефона: один для связи с абонентами Bell Telephone Company, а второй – для связи с людьми, жившими в городе, который обслуживала другая телефонная компания. Независимые телефонные компании и компания Bell не «разговаривали» друг с другом, между ними отсутствовало какое-либо взаимодействие. В 1910 году компания AT&T выдвинула стратегию взаимоувязанной телефонной связи, и из этой стратегии выросла телефонная сеть общего пользования. В обмен на предоставление компанией AT&T такого универсального обслуживания Федеральное правительство США предоставило ей монополию на телефонную связь, которую затем неоднократно отбирало. Большая часть других стран избежала этого неудобного периода и с самого начала создавала взаимоувязанные национальные сети, которые, в свою очередь, объединились в единую всепланетную сеть связи.

1.5.2. Ручные коммутаторы

Как это обычно бывало в истории техники, решение представленной на рис. 1.1 проблемы оказалось весьма простым и было найдено в городе Нью-Хэвен, Коннектикут, где в 1878 году была открыта первая телефонная станция. Этот ручной коммутатор стоил 28.5 долларов и обслуживал 21 абонента. Оператор коммутатора прослушивал все телефонные соединения, чтобы определить момент окончания разговора.

Экономическое обоснование применения телефонных коммутаторов связано с невозможностью соединить всех абонентов по принципу «каждый с каждым». В случае малого числа абонентов, скажем $N=5$, такое соединение вполне представимо и изображено на рис. 1.2.

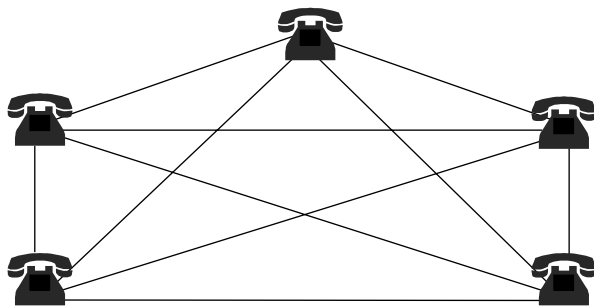


Рис. 1.2. Соединение «каждый с каждым» для 5 абонентов

Для того чтобы представить себе, сколько нужно иметь линий в сети с $N=10$ абонентами, достаточно взглянуть на рис. 1.3, который наглядно иллюстрирует для этого случая формулу $N(N-1)/2$.

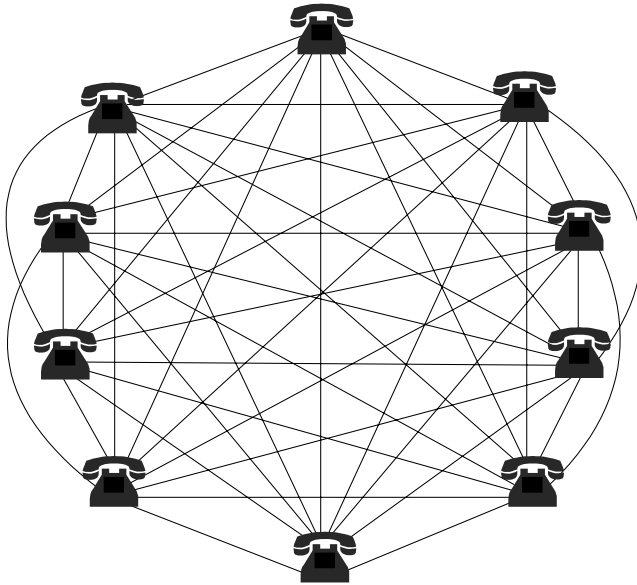


Рис. 1.3. Соединение «каждый с каждым» для 10 абонентов

Возможность связи любой пары абонентов при значительно меньшем числе соединительных линий в сети обеспечили ручные коммутаторы (рис. 1.4), количество которых быстро увеличивалось, и хотя компания Western Union, а не Bell принадлежало вначале большинство установленных телефонов, сеть Bell System быстро разрасталась за счет установки ручных телефонных станций и вскоре опередила сети Western.

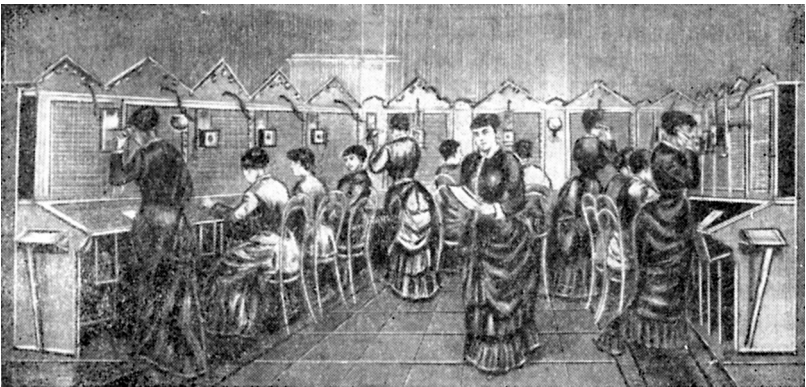


Рис. 1.4. Первая Петербургская ручная телефонная станция

В те годы Россия, по-видимому, в гораздо меньшей степени, чем теперь, отставала от США, потому что спустя всего 4 года ручные городские телефонные станции начали действовать в Петербурге, Москве, Одессе и Риге. Согласно первому проекту Петербургской телефонной сети представленную на рис. 1.4 главную телефонную станцию «... предполагалось устроить в Петербурге в доме Гансена, по Невскому проспекту, против Казанского собора, № 26, откуда будут направлены семь магистральных линий, группами от 10 до 120 проводов; по Казанской улице; к Николаевскому мосту и на Васильевский остров; к Исаакиевской площади; к Троицкому мосту; к Александровскому мосту и на Выборгскую сторону; по Невскому проспекту к Знаменской площади и к Министерству Внутренних дел....». В Москве первая телефонная станция была построена в 1882 г. и помещалась на Кузнецком мосту. В нее было включено всего лишь 26 телефонных аппаратов. На станциях были установлены однопроводные коммутаторы Гилеланда (рис. 1.5), оборудованные сигнальными клапанами, индуктором для вызова абонентов, микрофоном и телефоном для переговоров оператора с абонентом или с другой телефонисткой. Вызов станции абонентом отмечался открытием дверцы вызывного клапана. При вставлении штепселя в одно из гнезд происходило соединение между соответствующими вертикальной и горизонтальной полосами, к которым были подключены линии абонентов. В каждый такой коммутатор, кроме 50 абонентских линий, могло быть включено до 90 соединительных линий для связи с другими коммутаторами данной станции. От каждого коммутатора, через сделанные в потолке квадратные отверстия, пучок из 50 изолированных проводников поднимался к башне, установленной на крыше здания телефонной станции. Вначале для проводов использовали стальную проволоку диаметром 2.2 мм. Позднее применяли бронзовую (!) проволоку диаметром 1.25 и 1.4 мм.

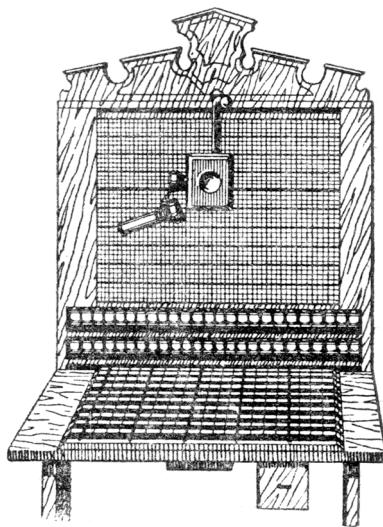


Рис. 1.5. Коммутаторная доска системы Гилеланда

Каждая линия оканчивалась абонентским пунктом, содержащим аппарат МБ системы Белла с микрофоном Блека, индуктор и звонок Гилеланда и гальваническую батарею. Весьма поучительна инструкция пользования первыми телефонными аппаратами:

Абонентам предоставляется возможность пользоваться услугами телефонной станции с 8 часов утра до 11 часов вечера.

При разговоре по телефону, чтобы собеседник лучше вас понимал, повышать голос не требуется, слова следует выговаривать отчетливо, не слишком замедляя темп речи.

В состоянии покоя (отсутствие связи) телефонная трубка должна висеть на крючке – только при этом условии может быть приведен в действие вызывной звонок.

В целях быстрого и надежного обслуживания телефонная станция рекомендует абоненту следовать приведенным ниже указаниям.

1. Абонент «А» желает разговаривать с абонентом «Б». Для этого «А», прежде всего, вызывает телефонную станцию, для чего в течение 2-3 с нажимает на кнопку, затем снимает трубку с крючка и прикладывает ее к уху. После ответа «Станция слушает, что вам угодно?» «А» просит соединить его с ... (называет имя абонента «Б»). Телефонная станция либо говорит «Вызываю» и предоставляет требуемое соединение, либо сообщает «Ваш абонент занят, а когда он освободится, вам позвонят». В последнем случае «А» отвечает, что он понял телефониста, и снова вешает трубку на крючок, где она висит до следующего звонка. Когда звонок зазвонит, трубка снимается, снова прикладывается к уху, и абонент уведомляет телефонную станцию о своей готовности словами «Вас слушает ...». Телефонная станция сообщает: «Абонент ... свободен, вызывайте». «А» вызывает «Б» при помощи повторного нажатия кнопки, не отнимая при этом трубки от уха. После того как «А» услышит: «Б» слушает, кто говорит?», он начинает разговор словами: «Говорит А». Конец отдельных сообщений, фраз, вопросов и т.п. подчеркивается словами: «Пожалуйста, отвечайте» или «Я кончил». Об окончании разговора «А» уведомляет станцию, нажимая в последний раз на кнопку.

2. Вызывают абонента «Б». После того как зазвенел звонок, «Б» снимает телефонную трубку с крючка и, держа ее возле уха, говорит: «У телефона «Б», кто говорит?». После этого «А» называет себя (см. п. 1) и начинает разговор».

Со временем количество телефонов росло, и операторы испытывали трудности, выясняя, кто есть кто. Им необходимо было знать наизусть по фамилиям и именам до нескольких тысяч абонентов. В 1879 году одному врачу пришла мысль использовать в своем офисе систему нумерации для ведения картотеки пациентов, после чего и местная телефонная компания стала использовать номера вместо имен абонентов. Так родился телефонный номер, а что с этим номером случилось дальше, подробно рассматривается в разделе учебного курса по сетям связи, посвященном нумерации.

Таким образом, на ручных телефонных станциях (РТС) действия, необходимые для установления соединения, были распределены между абонентами и оператором. С переходом от системы МБ к системе ЦБ эти действия распределились следующим образом: абонент вызывает станцию, снимая микротелефонную трубку с рычага аппарата. После ответа оператора абонент устно передает ему информацию о нужном абоненте, т. е. называет его номер. В конце связи вызывавший абонент передает на станцию сигнал отбоя, вешая микротелефонную трубку на рычаг аппарата. Вызываемый абонент, отвечая на вызов, снимает микротелефонную трубку и этим даёт на станцию сигнал ответа. Окончив разговор, он кладёт или вешает микротелефон на рычаг аппарата, давая этим сигнал

отбоя. На станции оператор подключается к линии вызывающего абонента, принимает от него информацию о номере вызываемого абонента, отыскивает на коммутаторе гнездо, в которое включена линия этого абонента, проверяет, не занята ли она, подключается к линии, если она свободна, посылает вызов, соединяет между собой линии вызывающего и вызываемого абонентов, а после получения от абонентов сигнала отбоя производит разъединение.

Когда вызывающий абонент снимает трубку с рычага своего телефонного аппарата, возле гнезда, по крайней мере на одном коммутаторе загорается сигнальная лампа. Оператор вводит штепсельную вилку на одном конце коммутационного шнура в гнездо абонента А, подсоединяет головной телефон и говорит: «Номер, пожалуйста». Абонент А сообщает номер абонента Б оператору, тот вводит вилку штепселя на другом конце того же коммутационного шнура в гнездо абонента Б и, перекидывая переключатель, производит коммутацию, в результате чего телефон абонента Б звонит (в дальнейшем эта процедура усложнилась в тех случаях, когда гнездо абонента Б оказывалось не на том же коммутаторе, что и гнездо абонента А). Когда абонент Б отвечает, звонок прекращается, оператор отключается и может обслуживать другой вызов. Когда абонент А вешает трубку, оператор вынимает штепсельные вилки коммутационного шнура из обоих гнезд.

Конфигурация штепсельного электрического соединителя показана на рисунке 1.6. Штепсель показан в левой части рисунка, его сечение – в центре, а сечение гнезда – в правой части. На рис. 1.6 незаштрихованные участки представляют проводящий металл, а заштрихованные участки – изоляцию. Проводящие участки обозначены как *головка*, *шейка* и *корпус* (*tip*, *ring*, and *sleeve*). Эти элементы штепселя выполнены как коаксиальные цилиндры. Когда штепсель вставляется в гнездо, образуется электрический контакт каждого цилиндра штепселя с соответствующим коаксиальным цилиндром в гнезде. То, что этот контакт является пружинным, на рис. 1.6 не показано. Шнур содержит три провода, которые подключаются к головке, шейке и корпусу штепселя на том и другом конце шнура. Электрический сигнал, несущий абонентские данные, передается по двум проводам, подключенным на том и другом конце шнура к головке (*tip*) и шейке (*ring*) штепселя. Провод, подключенный на каждом конце шнура к корпусу штепселя (*sleeve*), несет сигнал постоянного тока для включения сигнальной лампы на коммутаторе. Названия «*tip*» и «*ring*» служат также для обозначения двух проводов линии между телефоном и телефонной станцией, а первые буквы этих названий – Т и R – для обозначения клемм внутри телефона, к которым подключаются провода линии.

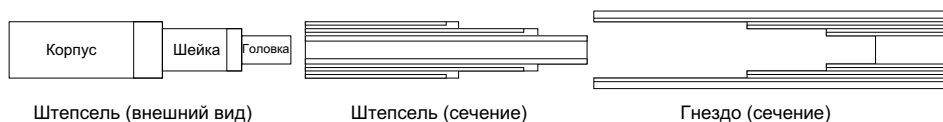


Рис. 1.6. Штепсельный электрический соединитель

Заметим, что термины «tip, ring и sleeve» пережили ручной коммутатор и продолжают использоваться в настоящее время как названия трех проводов **a**, **b**, и **c** в электромеханических АТС.

Далее в книге будет показано, что абонент АТС выполняет, по существу, те же функции, что и абонент РТС. Он вызывает станцию, снимая микрофон с рычага, и дает сигнал отбоя, опуская микрофон на рычаг. По-иному на станцию передается лишь информация, идентифицирующая вызываемого абонента: вызывающий абонент АТС использует для этой цели установленный на его телефонном аппарате номеронабиратель, который преобразует набираемый номер в серии импульсов тока. Количество серий соответствует числу цифр в номере вызываемого абонента, а число импульсов в каждой серии – очередной цифре этого номера. Что же касается функций оператора РТС, то они выполняются на АТС автоматическими приборами. При вызове со стороны абонента АТС к его линии подключаются устройства для приема информации о набираемом номере. При этом вызываемому абоненту передается зуммерный сигнал *Ответ станции*, означающий готовность станции к приему номера. В соответствии с принятым номером коммутационные устройства отыскивают линию вызываемого абонента. Затем проверяется состояние этой линии. Если она свободна, то со станции в аппарат вызываемого абонента посылается индукторный ток – сигнал вызова, и одновременно в аппарат вызывающего абонента передается зуммерный сигнал *Контроль посылки вызова*. После ответа вызываемого абонента в коммутационных приборах замыкается цепь разговорного тракта. При отбое абонентов разговорный тракт нарушается и коммутационные устройства возвращаются в исходное состояние. Если же линия вызываемого абонента оказалась занятой другим соединением, то со станции в аппарат вызывающего абонента передается зуммерный сигнал *Занято*.

Строительство и эксплуатация городских телефонных сетей в важнейших городах России с самого начала выполнялись телефонной компанией Белла. Однако в 1885 г. русское правительство приняло решение строить городские телефонные сети не только по договорам с компанией Белла, но также силами и средствами Главного управления почт и телеграфа. Первая станция на 60 номеров, смонтированная силами Главного управления, была введена в эксплуатацию 1 апреля 1886 г. в Киеве. В дальнейшем Главное управление почт и телеграфа строило собственные станции в Харькове, Казани, Астрахани, Курске и других городах.