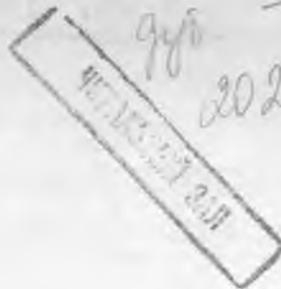


681.391(02)

ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

*Допущено Министерством связи СССР в качестве учебного пособия для студентов электротехнических институтов связи специальностей
2305, 2306, 2307*



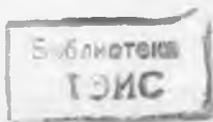
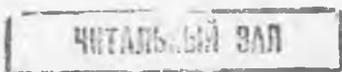
Москва
«Радио и связь»
1988

ББК 32.88
Э455
УДК 621.391.1 (075) —

Авторы: В. Г. Дурнев, А. Ф. Зеневич, Б. И. Крук, В. П. Кубанов, В. В. Романов,
В. И. Иванов

Рецензенты: Г. М. Гнедов, М. С. Самарин

Редакция литературы по электросвязи



Электросвязь. Введение в специальность: Учеб. пособие
Э45 для вузов/В. Г. Дурнев, А. Ф. Зеневич, Б. И. Крук и др.—
М.: Радио и связь, 1988.—240 с.; ил.

ISBN 5-256-00122-1.

Рассказывается о структуре институтов связи, формах и методах обучения, правах и обязанностях студентов, а также о специальностях инженеров-связистов. Даются общие понятия об электросвязи, описываются особенности, место и взаимосвязь различных видов связи и систем, реализующих их. Излагаются общие принципы построения технических средств, относящихся к различным видам электросвязи.

Для студентов вузов связи начальных курсов.

Э 2402040000—153 116—88
046(01)—88

ББК 32.88

ISBN 5-256-00122-1

© Издательство «Радио и связь», 1988

Учебное пособие «Электросвязь. Введение в специальность» написано в соответствии с действующей программой для специальностей «Автоматическая электросвязь» (2305), «Многоканальная электросвязь» (2306) и «Радиосвязь, радиовещание и телевидение» (2307) высших учебных заведений. Оно состоит из трех разделов, разных по назначению и объему. Разделы 1 и 2, а также гл. 12 предназначены для студентов всех трех специальностей. В разд. 3 содержатся главы, посвященные каждой специальности.

В разд. 1 (гл. 1—4) рассказывается о структуре института, особенностях аудиторной и самостоятельной работы, правах и обязанностях студентов. Материал этого раздела должен помочь студентам первого курса избежать ошибок, которые чаще всего ими допускаются при организации своего труда, а также ускорить процесс адаптации к специфическому режиму высшей школы.

Особая роль разд. 2 (гл. 5—8). В нем доступно и последовательно освещены основные вопросы современной электросвязи, показано разнообразие ее видов и средств, описаны основные системы, реализующие современные виды электросвязи, и сети, обеспечивающие удовлетворение потребностей населения в передаче различных сообщений. Выделение общих вопросов электросвязи в отдельный раздел (второй) преследует весьма важную цель — подчеркнуть, что в основе построения всех средств электросвязи лежат одни и те же принципы, технические средства и элементная база, что названные специальности требуют одинаковой общенаучной, общетехнической и общинженерной подготовки.

Раздел 3 состоит из четырех глав: гл. 9 знакомит читателей с вопросами, имеющими отношение к специальности 2305, гл. 10 — к специальности 2306, гл. 11 — к специальности 2307, гл. 12 посвящена вопросам электробезопасности и охраны окружающей среды. Ее назначение — подготовить студентов к сознательному изучению методов безопасного обращения с электрооборудованием и приборами. Практические навыки в этой области студенты получают, участвуя в работе студенческих строительных отрядов и в период производственной практики.

Подобная структура книги потребовала определенного дублирования в изложении некоторых вопросов: во втором разделе они рассматриваются в общем плане, а в третьем — более детально.

Главы 1—4 написаны Б. И. Круком и А. Ф. Зеневичем, гл. 5—8 — В. П. Кубановым и В. В. Романовым, гл. 9 — В. В. Романовым, гл. 10 — В. Г. Дурневым, гл. 11, 12 — В. П. Кубановым, § 10.4 и 10.5 — В. И. Ивановым.

Раздел 1. ИНСТИТУТ И СТУДЕНТ

Глава 1. ИНСТИТУТ

1.1. СТРУКТУРА ИНСТИТУТА

К высшим учебным заведениям относятся: университеты, политехнические и отраслевые (специализированные) учебные институты, академии, высшие училища и школы.

Университеты — это высшие учебные заведения, в которых готовят специалистов в области гуманитарных, естественных, физико-математических, а в последние годы медицинских, сельскохозяйственных и других наук.

Политехнические вузы являются, по существу, техническими университетами, так как в них ведется подготовка инженеров всех специальностей, а также инженеров-экономистов.

Отраслевые высшие учебные заведения отличаются от университетов и политехнических институтов тем, что в них готовят специалистов для определенных отраслей народного хозяйства и культуры. К таким вузам относятся и электротехнические институты связи (в Москве, Ленинграде, Одессе, Куйбышеве, Новосибирске и Ташкенте). Они ведут подготовку инженеров электросвязи для министерств связи, промышленности средств связи, радиотехнической промышленности и других, где требуются специалисты данного профиля. Инженеров электросвязи готовят также на специальных факультетах ряда политехнических и радиотехнических вузов.

Подготовка специалистов осуществляется не только в вузах дневной системы обучения, но и заочной формы обучения без отрыва от производства.

Во главе высшего учебного заведения стоит ректор, который совместно с заместителями (проректорами) направляет научно-учебную, воспитательную и хозяйственную деятельность института.

Факультет — учебно-научное и административное подразделение института, осуществляющее подготовку студентов и аспирантов по одной или нескольким родственным специальностям, а также руководство научно-исследовательской деятельностью кафедр, которые он объединяет. Факультеты возглавляются деканами, имеющими одного или нескольких (в зависимости от числа студентов на факультете) заместителей.

Другим учебно-научным подразделением вуза является кафедра, осуществляющая учебную, методическую и научно-исследовательскую работу по одной или нескольким родственным дисциплинам, а также воспитательную работу среди студентов. Руководит работой кафедры заведующий кафедрой — один из наиболее опытных профессоров или доцентов, известный специалист в своей области. В состав кафедры входят профессор, доценты, ассистенты, старшие преподаватели, старшие и младшие научные сотрудники, аспиранты и др. Кафедры имеют свои учебные

лаборатории и кабинеты. На кафедры возлагается проведение лекций, лабораторных, практических, семинарских и других видов учебных занятий.

Студенты, обучающиеся на факультете, объединяются по годам обучения в курсы. На каждом курсе может быть создано один, два или несколько лекционных потоков (например, по специальностям студентов), так как некоторые лекции читаются одновременно 100...300 студентам. Для выполнения студентами лабораторных работ и практических занятий создаются более мелкие студенческие подразделения — учебные группы по 25...30 человек. Для административного руководства учебной группой назначается староста группы из числа студентов, имеющий жизненный опыт (отслуживший в армии, работавший на производстве и др.) и способный проводить в группе организационную и воспитательную работу. Образованная как формальное объединение, учебная группа должна стать за годы учебы сплоченным коллективом с высокой познавательной и общественно-политической активностью, хорошим морально-психологическим климатом.

В каждой группе, на курсах и факультете создаются комсомольские и профсоюзные организации, работой которых руководят курсовые и факультетские комсомольские и профсоюзные бюро. В институте имеются комитет ВЛКСМ и партийный комитет.

Действенную помощь в организации общественного самоуправления в группах оказывают кураторы учебных групп, назначенные из числа опытных преподавателей.

Кроме указанных подразделений в институте имеются учебный и научно-исследовательский отделы, вычислительный центр, аспирантура, учебно-методический кабинет, библиотека, общежития, столовая, поликлиника, студенческий клуб, спортивный клуб и др.

1.2. УЧЕБНЫЙ ПЛАН

Учебный план по каждой специальности, утвержденный Минвузом СССР, содержит перечень изучаемых дисциплин, количество часов, отводимое на изучение каждой дисциплины, в нем указаны последовательность изучения дисциплин, виды проводимых по каждой дисциплине занятий, формы и сроки проверки знаний студентов. В составлении учебного плана принимает участие широкий круг ученых — представителей различных отраслей науки.

Важное место в учебных планах занимают общественные науки — история КПСС, марксистско-ленинская философия, политическая экономия и научный коммунизм, на изучение которых отводится более 400 ч. Эти дисциплины, формирующие марксистско-ленинское мировоззрение будущих специалистов, студенты начинают изучать на первом курсе и заканчивают на последнем сдачей государственного экзамена.

Изучение физико-математических дисциплин, которые относятся к общенаучным, формирующим научный кругозор студентов и подготавливающим их к восприятию инженерных знаний, длится два года и занимает около 800 ч, т. е. почти пятую часть всего учебного времени. Другими общенаучными дисциплинами являются инженерная графика, основы применения ЭВМ, иностранный язык, которые также изучаются на первых двух курсах.

Глубокую общинженерную (общетехническую) подготовку специалистов связи обеспечивает изучение в течение 700 ... 800 ч (в основном, на втором и третьем курсах) дисциплин так называемого общетехнического цикла. Изучая их, студенты получают знания в области электротехники и электродинамики, электронных и полупроводниковых приборов, микроэлектроники, измерительной техники и т. д.

На старших курсах в зависимости от специальности изучают дисциплины, которые формируют инженерные знания, необходимые для работы в конкретной области связи. В течение пяти лет обучения в институте студенты осваивают современную вычислительную технику, выполняют на ЭВМ различные виды заданий. В учебные планы всех специальностей включены дисциплины, знакомящие с современной элементной базой устройств связи (микроЭВМ, микропроцессорами), перспективными направлениями развития систем связи (цифровой и оптической связью), системами автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры.

Инженер любого профиля должен обладать экономическими знаниями. Для этого в учебные планы введены дисциплины экономического цикла: экономика связи, организация и планирование предприятий связи, автоматизированные системы управления предприятиями.

Кроме того, студенты получают знания в области охраны труда, охраны окружающей среды, советского права. Важное место в системе обучения студентов отводится физическому воспитанию.

1.3. ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

В отличие от школы, где учебный год разбит на четверти, в институте учебный год состоит из двух семестров длительностью 4,5 ... 5 мес каждый. В вузах с пятилетним сроком обучения таких семестров десять. В конце каждого семестра студенты сдают зачеты (обычно по пяти — семи дисциплинам учебного плана, которые изучаются в данном семестре) и экзамены (не более чем по пяти дисциплинам). Последний, десятый семестр, отводится для работы студентов над дипломными проектами и защиты их на государственных экзаменационных комиссиях.

Учебный процесс в высшей школе складывается из различных видов и форм учебной работы, включая самостоятельную работу студентов. Одной из основных форм учебного процесса являются лекции, которые занимают примерно половину всего учебного времени. Вузовские лекции, в отличие от школьных уроков длятся два академических часа по 45 мин. На протяжении одного или двух семестров (а по некоторым дисциплинам учебного плана даже трех семестров) студенты могут прослушать в течение недели от одной до трех лекций по каждой дисциплине. Такая форма обучения требует сознательного и заинтересованного отношения к ней студентов.

Другая форма учебного процесса — практические занятия. Во многих высших учебных заведениях, особенно в технических, под практическими занятиями чаще всего имеются в виду упражнения в решении задач по высшей математике и другим дисциплинам. К ним относятся занятия по инженерной графике и иностранным языкам. Однако от курса к курсу практические занятия освобождаются от элементов «ученичества» и требуют большей самостоятельности.

Специфической формой практических занятий являются семинары, проводимые по дисциплинам общественно-политического цикла.

Еще одним видом учебы являются лабораторные занятия. Хотя в школе тоже существуют лабораторные работы, в институте лабораторный практикум имеет существенные отличия в целях, задачах и формах его проведения.

Как и лекции практические (семинарские) и лабораторные занятия проводятся в течение двух академических часов.

Правильной организации учебного процесса в вузе помогает расписание занятий. Расписанием, утвержденным ректором вуза, предусматривается, как правило, 6 ч занятий в день (обычно по трем различным дисциплинам).

Система подготовки специалистов в вузе складывается из органического сочетания аудиторных занятий и самостоятельной работы студентов. Самостоятельная работа имеет разнообразные формы, но чаще всего она находит свое выражение в виде «домашних заданий», даваемых на длительный срок (семестр) или сравнительно короткий (неделя, месяц). Это — решение задач и примеров, выполнение расчетно-графических работ, конспектирование работ классиков марксизма-ленинизма и подготовка рефератов по общественным дисциплинам, перевод текстов с иностранных языков и т. д. Наиболее серьезными и ответственными видами самостоятельной работы являются курсовые работы и проекты, а также дипломный проект, завершающий курс обучения. Полученные в институте знания и навыки со всей полнотой реализуются в дипломном проекте — первой самостоятельно и творчески выполняемой инженерной работе молодого специалиста.

Чтобы облегчить труд студентов и стимулировать рациональное использование ими своего времени, во многих вузах составляют на семестр так называемые графики самостоятельной работы студентов, в которых указывают сроки выполнения домашних заданий, курсовых работ и проектов и других видов самостоятельной деятельности. Такие графики размножают и раздают в начале семестра студентам.

Важным звеном в осуществлении связи обучения с будущей практической деятельностью специалистов является производственная практика. В высших учебных заведениях связи производственная практика организуется на ведущих предприятиях связи после третьего и четвертого курсов. На пятом курсе перед дипломным проектированием студенты проходят третью, преддипломную практику.

1.4. КОНТРОЛЬ РАБОТЫ И ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

Для развития самостоятельности студентов очень важно, чтобы они сами осознали необходимость систематической повседневной работы «без штурмовщины» в конце семестра. Такие трудности, как неумение работать самостоятельно, правильно организовывать труд и распределять свое время, возникают на первом курсе, когда студенты только еще входят в жизнь вуза и овладевают методикой вузовской работы.

На помощь студентам приходят преподаватели. Одной из форм содействия преподавателей развитию самостоятельности студентов является контроль за их самостоятельной работой. В вузе существует много видов контроля. Например, на практических занятиях преподаватель выдает студентам задачи для решения их дома, а затем проверяет правильность решения. Для проверки готовности студентов к лекционным, практическим и другим занятиям используют различные тесты. Во многих вузах студенты обязаны получить «допуск» к лабораторным

работам, цель которого заключается в проверке готовности студентов к выполнению этих работ. Здесь на помощь преподавателям приходят различные технические средства: контролирующие машины, опросные комплексы и т. д. Если студент готов к лабораторной работе, технически грамотно выполнил ее, может теоретически обосновать и пояснить экспериментальные результаты, он получает по данной работе зачет.

Для более систематического и углубленного изучения иностранных языков студентам выдают домашние задания по переводу технических текстов и результаты этой работы контролируют.

По тем дисциплинам, по которым выдаются на длительный срок расчетные, графические и другие работы, после сдачи заданий проводится их защита. По результатам защиты задание может быть «зачтено» или «незачтено». В последнем случае требуется доработка задания или повторная его защита.

Курсовые проекты (работы) обычно защищают на специальной комиссии с участием научного руководителя. защите может предшествовать рецензирование курсовых проектов преподавателями или специалистами с производства. После защиты ставят дифференцированную оценку (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно). Защита курсовых проектов вырабатывает у студентов опыт публичных выступлений и, самое главное, опыт защиты выдвигаемых научных положений.

Для оценки степени усвоения студентами знаний и определения систематичности их работы по ряду дисциплин могут быть введены контрольные работы и коллоквиумы. Контрольные работы, как правило, письменные, а коллоквиумы чаще проводят путем собеседования преподавателя со студентом.

Графики самостоятельной работы, помимо указанных выше форм проверки самостоятельной деятельности студентов, имеют так называемые «контрольные точки» (в ряде вузов их называют «контрольные недели»), т. е. такие временные отрезки (обычно недельные), в течение которых осуществляется интегральная оценка деятельности каждого студента за предшествующий «контрольной точке» период. Своевременность выполнения каждым студентом графиков учебной и самостоятельной работ оценивается по каждой дисциплине в процентах или баллах. В ряде вузов распространена, например, трехбалльная шкала оценок: «0», «1» и «2». При такой системе контроля имеется возможность определить интенсивность работы каждого студента по различным дисциплинам.

Экзаменационная сессия организуется в конце семестра и длится 3 ... 4 недели. На подготовку к каждому экзамену отводится 3 ... 5 дней в зависимости от сложности предмета. В экзаменационную сессию действует специальное расписание экзаменов и предэкзаменационных консультаций.

К экзаменационной сессии допускаются студенты, сдавшие все домашние задания и получившие все зачеты до начала подготовки к первому экзамену. Для подготовки и сдачи зачетов специальных дней не выделяется. В институтах принята такая система зачетов, при которой студент, систематически и в соответствии с графиком выполнявший лабораторные работы, домашнее задание и т. д., получает в конце семестра зачет без специального собеседования. Студенты, успешно сдавшие в конце учебного года все экзамены, переводятся на следующий курс.

Глава 2. РАБОТА СТУДЕНТОВ НА АУДИТОРНЫХ ЗАНЯТИЯХ

2.1. КАК СЛУШАТЬ И КОНСПЕКТИРОВАТЬ ЛЕКЦИИ

Лекция (от лат. *lectia* — чтение) в средневековых университетах являлась единственной формой передачи знаний, так как книги были редкостью. Поэтому лектор с кафедры читал из книги или тетради готовый текст. Отсюда и термин — «читать лекцию». В настоящее время лекция — ведущая форма и метод преподавания: 50% времени в учебном плане занимают лекционные часы. Как бы хорошо ни был написан тот или иной учебник, он не заменит живого слова преподавателя. Лекцию можно сравнить с хорошим спектаклем в театре, который никогда не заменить чтением пьесы. Слушание лекции — активный процесс, требующий большого напряжения ума и воли, затраты сил и энергии. Невнимательное слушание лекции приводит к тому, что студент теряет логику мыслей лектора, схватывает случайные, не связанные друг с другом фразы, положения и перестает что-либо понимать. В результате интерес к лекции пропадает и время на лекции тратится впустую.

Исключительно важна запись лекции. Во-первых, запись лекции позволяет надолго сохранить основные положения, во-вторых способствует поддержанию внимания (известно, что можно невнимательно читать, но нельзя невнимательно писать): в-третьих, неизбежно активизирует мысль студента, так как он вынужден, слушая, лектора, анализировать и выбирать для записи главное; в-четвертых, способствует лучшему запоминанию материала. Студент, только слушающий лектора, устает и отвлекается быстрее, чем студент, слушающий и записывающий.

Что и как записывать на лекциях? Обычно студенты первого курса не умеют записывать лекции. Многие пишут все подряд, стараясь дословно законспектировать все, что сказал преподаватель. При таком механическом ведении конспекта студент превращается в стенографиста-протоколиста, не вдумывающегося в то, что он слышит и пишет. На лекции нужно записывать самое главное, необходимое для самостоятельной работы. Обычно на младших курсах лекторы стремятся помочь студентам выделить главное путем повторения сказанного, замедления темпа изложения, изменения интонации, а иногда и прямого указания на важность того или иного положения. Ведение конспекта принесет наибольшую пользу в том случае, если кратко записывается основной смысл сказанного. Такой метод конспектирования, конечно, дается не сразу, но этому способен научиться каждый.

Немаловажное значение имеет внешнее оформление конспекта лекции. В конспекте следует оставлять поля для заметок и дополнений, взятых из учебников и других книг. Ширина поля должна составлять примерно треть ширины листа. Хорошо в качестве поля использовать левую половину развернутого листа тетради. Писать надо достаточно крупно, разборчиво, разделяя текст подзаголовками на смысловые части. Для рисунков и графиков рекомендуется использовать цветные карандаши. Наиболее важные выводы и формулы полезно выделять цветом или заключать в рамку, по ходу лекции делать на полях конспекта пометки и замечания. Они отражают работу мысли студента, его отношение к излагаемому материалу, его сомнения, согласие или несогласие. Внимательное слушание и уме-

лая запись лекции — это только начало работы над курсом. К сожалению, некоторые студенты добросовестно записывают лекции, но не заглядывают в них до начала сессии. Это большая ошибка. К записям нужно обращаться не один раз. Первый просмотр записей желательно сделать в тот же день, когда все свежо в памяти. Нужно прочесть запись лекции, заполнить пропуски, расшифровать и уточнить сокращения и т. д.

Изучить дисциплину только по конспектам невозможно. Хорошо усвоить курс можно лишь при систематической работе с учебником, книгой. Поэтому после того, как лектор закончит излагать какой-либо раздел, следует проработать его по конспекту и учебнику. При этом все дополнительные сведения и уточнения из учебника нужно занести в соответствующие места на полях конспекта. Такой конспект окажет хорошую помощь при подготовке к экзамену.

2.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ И СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Значительное место в учебных планах отводится практическим занятиям, которые проводятся по большинству дисциплин. Эти занятия помогают студентам получить навыки самостоятельного применения теории для решения практических задач, овладеть методами решения этих задач и таким образом содействуют более глубокому пониманию теоретических вопросов. Если вы не научились применять полученные на лекции теоретические знания для решения практических задач, если теория остается сама по себе, то такие знания подобны пустоцвету, они формальны и никому не нужны.

К практическим занятиям необходимо тщательно проработать теорию по конспектам и книгам. Для неподготовленного студента часы практических занятий принесут очень мало пользы. При решении задачи нужно не только получить правильный ответ, но и усвоить общий метод решения подобных задач. Не понимая хода решения и пытаясь все свести к формальным вычислениям, вы затратите массу времени, но не придете к нужному результату.

Крайне важна самостоятельность и активность в работе. Нельзя ждать, пока решат задачу на доске или это сделает ваш сосед. Большое зло — списывание у товарищей домашних заданий без попытки выполнить их самостоятельно. Не овладев методами решения задач в процессе самостоятельной работы, трудно рассчитывать, что это вам удастся сделать на экзамене. Все работы необходимо вести с предельной аккуратностью. Для практики безразлично, произошла ли ошибка в расчете из-за незнания теории или из-за описки. Научитесь широко пользоваться при расчетах справочниками, таблицами, вычислительными средствами — это значительно ускорит и облегчит практическую работу. На каждом этапе нужно проверять правильность своих действий, оценивать полученные результаты. Можно, например, проверять размерность входящих в задачу величин, порядок полученного результата и соответствие его здравому смыслу, соблюдение основных законов электротехники — Ома, Кирхгофа и др. Нужно выработать в себе постоянную привычку контролировать и критически оценивать получаемые результаты.

По мере овладения навыками решения отдельных небольших по объему задач на практических занятиях студенты старших курсов переходят к типовым расчетам в виде домашних заданий, курсовых работ и проектов. Такие задания обычно охватывают несколько разделов курса и по своему характеру приближаются к тем задачам, которые возникают на производстве.

Семинарские занятия проводятся по общественно-политическим дисциплинам: истории КПСС, марксистско-ленинской философии, политической экономии, научному коммунизму. Основное назначение семинара — помочь студенту глубоко разобраться в теоретических вопросах, научить логически мыслить, анализировать и обобщать факты, делать выводы, развить навыки устной речи (выработать умение выступать перед аудиторией).

Подготовка к любому семинару включает в себя ряд существенных требований, выполнение которых дает наилучшие результаты. Прежде всего следует хорошо ознакомиться с планом семинарского занятия. Такой план имеется на кафедре или выдается на руки каждому студенту. Другим требованием является основательная работа над учебником и лекционным материалом. Третьим и наиболее важным моментом в подготовке к семинару является глубокое изучение основной и дополнительной литературы и составление конспекта. После изучения литературы и написания конспекта необходимо составить план устного ответа и продумать содержание выступления.

2.3. РАБОТА В ЛАБОРАТОРИЯХ

Лабораторные занятия служат связывающим звеном между теорией и практикой. Они позволяют углублять и закреплять теоретические знания, получаемые студентами на лекциях и из книг, проверять научно-теоретические положения экспериментальным путем, знакомиться с оборудованием и приборами, изучать на практике методы научных исследований. Экспериментальная проверка теоретических положений дает студентам возможность воочию ощутить неразрывную связь теории с практикой, вселяет в них уверенность в собственных силах, приучает критически подходить к формуле и эксперименту.

В отличие от технических вузов других профилей в институте связи изучаются дисциплины, связанные с физическими явлениями, наблюдение которых требует специально поставленного эксперимента и не может быть осуществлено зрительно или с помощью каких-либо органов чувств. Дело в том, что органы чувств человека не в состоянии непосредственно воспринимать электромагнитные процессы во всем интересующем нас спектре частот без специальных приборов. Отсюда ясно важное значение специально подготовленных экспериментов для уяснения физических процессов, происходящих в электрических цепях при различных режимах работы.

Обычно лабораторные работы выполняются бригадами из двух-трех человек. При этом активные студенты берут на себя инициативу, проводят сборку схем, ведут наблюдения, а пассивные остаются не у дел и ограничиваются ролью «секретаря», записывая полученные результаты. Такие студенты не получают пользы от лабораторных занятий. Поэтому настойчиво советуем каждому студенту приложить все усилия, чтобы мобилизовать себя на активное участие в каждой работе и извлечение из нее всего ценного, что она может дать. Одно из основных усло-

вий для этого — предварительная подготовка к работе, т. е. ознакомление с теорией и содержанием работы по методическому руководству. Прежде чем прийти в лабораторию, студент должен не только знать, что и как он будет делать, но также заготовить план и схемы проведения работы, подготовить формы таблиц для записей наблюдений. Полезно побывать в лаборатории и ознакомиться с рабочим местом.

В процессе работы проводите эксперимент сознательно, т. е. представьте как должно протекать исследуемое явление и правильно ли оно наблюдается; оцените необходимую точность измерения, возможные источники погрешности и меры уменьшения их влияния. Стремитесь при проведении эксперимента закончить решение задач и построение графиков непосредственно в лаборатории, чтобы быть уверенным в правильности проведения опыта. Не откладывайте составление отчета о лабораторной работе на длительный срок. Лучше всего его сделать прямо в лаборатории, что возможно при хорошей подготовке к занятиям. Это дает большую экономию времени. Если же вы по какой-то причине не успели закончить составление отчета в лаборатории, закончите его в тот же день после занятий, пока весь ход эксперимента вы хорошо помните.

Анализ и выводы по проделанной работе — наиболее трудная часть отчета для многих студентов. Причина этого не столько неумение, сколько недостаточно ясное представление изучаемого явления, отсутствие должного внимания, заинтересованности к работе, не критичный подход к получаемым результатам, т. е. все та же лень мышления. Большой вред приносит списывание отчетов по лабораторной работе, к которой прибегают недобросовестные студенты.

Составляя отчет, помните, что он не должен представлять собой только констатацию проведенного эксперимента. Необходимо сделать анализ проведенной работы — указать, какие закономерности она подтвердила или выявила, с какой точностью, что было причиной погрешностей, если имели место отклонения от теоретических соотношений.

Глава 3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

3.1. ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Только в результате самостоятельного труда можно научиться самостоятельному мышлению, выработать собственные убеждения, взгляды и мнения, т. е. развить в себе те черты, которые характеризуют личность человека. Поэтому с первых шагов в вузе стремитесь проявлять самостоятельность во всем, что приходится делать. Если решаете задачу — ищите лучший путь ее решения, изучаете книгу — делайте свои выводы, работаете в лаборатории — становитесь первооткрывателями.

Работа в институте по расписанию занимает примерно половину учебного времени, которым располагает студент. Вторая половина времени отводится для самостоятельной работы. Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься, в зависимости от индивидуальных особенностей каждого студента, 4...5 ч ежедневно. Начинать самостоятельные занятия следует с первых

же дней семестра, так как упущенные для работы дни будут потеряны безвозвратно. Компенсировать их позднее усиленными занятиями без снижения качества работы и ее производительности невозможно. Кроме того, первые дни семестра очень важны для того, чтобы включиться в работу, установить определенный порядок, равномерный ритм на весь семестр.

Весь распорядок жизни человека должен быть подчинен четкому ритму. Суточному ритму подчинены функции дыхания, кровообращения, нервной системы, желез внутренней секреции, время сна и бодрствования. В начале дня усиливается деятельность сердечно-сосудистой, мышечной и нервной систем. Как показывают исследования, работоспособность человека поднимается с 9.30 до 12.00 и с 16.30 до 20.00. К этим периодам времени и следует приурочить работу над наиболее трудными предметами.

При организации самостоятельной работы нужно составить распорядок дня, в котором необходимо предусмотреть время на обязательные занятия по расписанию, самостоятельную работу, перерывы на обед, ужин, отдых, проезд и т. д. Этот распорядок не предопределяет содержания работы, а только устанавливает ее ритм, который следует закрепить на весь семестр и приложить все усилия, чтобы поддерживать его неизменным.

На каждый день составляется план самостоятельной работы. В этом плане должны быть определены время, отводимое на каждый вид работы, характер работы (чтение и конспектирование книги, перевод с иностранного языка, подготовка к лабораторным занятиям и т. д.) и ее объем.

По мере приобретения опыта рекомендуется переходить к планированию на более продолжительные сроки (до недели и более). Содержание самостоятельной работы на каждую неделю в значительной степени определяется графиком обязательных заданий, составляемым деканатом и вручаемым студентам в начале семестра. Следует учитывать также расписание занятий с тем, чтобы вовремя подготовиться к практическим, лабораторным и семинарским занятиям.

При распределении занятий во времени в течение дня в зависимости от их сложности и трудности необходимо иметь в виду следующее обстоятельство: в умственном труде, как и во всяком деле, имеется первоначальный период втягивания в работу, за которым наступает период наиболее энергичного функционирования, сменяющийся к концу некоторым снижением продуктивности. Исходя из этой общей физиологической закономерности можно рекомендовать начинать работу с выполнения заданий средней трудности, затем переходить к работам, требующим наибольшего умственного напряжения, оставляя на конец самые легкие задания. Однако есть люди, у которых наиболее продуктивны первые часы занятий. Таким людям надо начинать работу с наиболее трудных для них заданий и затем переходить к более легким.

Необходимо установить нормы своего труда, т. е. рассчитать, что вы можете сделать в течение часа. Проще всего определить время, затрачиваемое на прочтение, конспектирование книг, исходя из среднего времени, затрачиваемого на каждую страницу. Для этого, выбрав книгу, подсчитайте число страниц, которые необходимо прочитать, засекайте время, нужное для тщательного прочтения и проработки одной страницы средней трудности, затем подсчитайте, сколько часов потребуются на проработку всего необходимого материала. Эти реальные нормы учитывайте при составлении планов работы.

Нужно правильно учесть свойственный вам темп (скорость) работы. Нарушать этот темп вредно: человек или спешит, не успевая как следует проработать намеченное, или затормаживает свою работу и вследствие этого рассеивается, отвлекается.

Любая работа требует учета. Тем более в строгом учете нуждается такой сложный вид труда, как умственный. Учитывать труд можно, делая отметки в своем плане. Невыполнение поставленных задач на одной неделе потребует выделения дополнительного времени на следующих, что может завести в тупик. Перед составлением нового плана необходимо обязательно проверить выполнение старого и, если выяснится, что какие-то работы не выполнены, это учесть при составлении дальнейшего плана.

Не надо особенно огорчаться, если на первых порах в план придется вносить поправки, и иногда существенные. Свою роль план все равно сыграет, даст общее направление в работе, установит перспективу. Помните, что план не догма, но руководство к действию.

Составив план, следует добиваться его полного и своевременного выполнения. Преодоление неизбежных при этом препятствий и трудностей укрепляет волю, повышает уверенность в своих силах, способствует бодрому, хорошему настроению.

3.2. УЧЕТ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

Любой труд, а в особенности умственный, требует умения сосредоточить внимание. Различают два вида внимания: произвольное и непроизвольное. Непроизвольное внимание возникает, когда предмет изучения сам по себе занимательный, когда работающий проявляет к нему интерес. Произвольное внимание основано на умении человека заставить себя заниматься тем, что требуется. Очень важно выработать у себя произвольное внимание: человек, управляющий своим вниманием, всегда сумеет создать работоспособное настроение и заставить себя приняться за нужный вид умственного труда.

Вначале приходится затрачивать время на то, чтобы сосредоточиться, втянуться в работу. Это время нужно свести к минимуму, приучаясь начинать занятия немедленно, как только сел за стол, не дожидаясь какого-то вдохновения.

На человека постоянно обрушивается лавина всякой информации: разговор, шум, музыка, собственные мысли, воспоминания. Поэтому нужно заставить собственную психику воспринимать ту информацию, которая в данный момент нужна для занятий. Чтобы внимание было устойчивым и сосредоточенным, предмет его должен быть связан с интересом к работе и вызывать чувство удовлетворения. Наличие произвольного внимания свидетельствует о том, что данный человек является волевой личностью. Развить у себя твердую волю — значит в значительной степени создать необходимые предпосылки для производительного умственного труда.

Для процесса усвоения чрезвычайно важное значение имеет память, которую образно называют «сестрой» внимания. Память является сложной психической функцией, в которой принято различать способность запоминать новое, а также сохранять и воспроизводить накопленные в прошлом знания и опыт.

Память человека индивидуальна и зависит от многих условий. Есть люди, которые легко запоминают и прочно удерживают в памяти конкретные факты и события, лица, фамилии, адреса и т. д. Такая «механическая» память играет важную роль в изучении иностранных языков, в заучивании стихотворений, запоминании хронологических дат, формул и т. д. Этим людям можно отнести к той категории лиц, у которых преобладают конкретно-образные восприятия. Другие люди лучше запоминают внутреннюю связь явлений и событий, их последовательность и логическое развитие, доводы и доказательства. У таких людей превалирует абстрактно-логическая память. В процессе обучения оба вида памяти могут развиваться и совершенствоваться.

В молодом возрасте память, особенно конкретная, наиболее яркая и острая. К 20...25 годам она достигает своего высшего развития. Приобретенные в этом возрасте знания отличаются большой прочностью. Справедливо известное изречение: «Учение в молодости — резьба на камне; в старости — чертеж на песке».

Считают, что из суммы всех знаний, применяемых человеком на протяжении его жизни, 70% приобретается в возрасте до 25 лет. Такое утверждение относится только к лицам с конкретно-образной памятью; память же логическая, являющаяся высшей формой и главной опорой нашего познания, не лимитируется возрастом. Следовательно, молодые годы следует максимально использовать для накопления и закрепления знаний, однако учиться можно и нужно на протяжении всей жизни.

В зависимости от органа чувств, восприятие через который облегчает запоминание, различают три типа памяти: зрительную, слуховую и моторную. В чистом виде какой-либо один тип памяти встречается редко. Обычно у людей имеется смешанный тип памяти с некоторым преобладанием одного из основных типов.

При умственной работе следует учитывать индивидуальные особенности своей памяти и максимально их использовать. Если предмет лучше усваивается при чтении только глазами, если при этом хорошо запоминается порядок распределения материала в книге или конспекте (на левой или правой стороне, сверху или снизу), можно считать, что преобладает зрительный тип памяти. При преимущественно зрительном типе памяти нужно стараться читать самому, молча, пользоваться схемами, таблицами. Читая, необходимо широко использовать подчеркивания, расстановку выработанных вами условных значков, желательно разноцветными карандашами. К этим приемам можно прибегать, если вы пользуетесь собственной книгой или конспектом.

Исключительная зрительная память была свойственна известному художнику И. И. Левитану, который, разъезжая летом и делая в своем альбоме лишь карандашные зарисовки с понравившихся ему уголков природы, затем писал картины по этим наброскам.

Если предмет лучше запоминается при чтении вслух товарищем или слушании лекций, то у вас преобладает слуховой тип памяти. При преимущественно слуховом типе памяти рекомендуется чаще слушать чтение других, посещать лекции, самому читать вслух. Прочитанное важно рассказать вслух или выслушать рассказ товарища. Для таких лиц особенно важна тишина, так как каждый звук воспринимается обостренно, вызывая раздражение.

Примером феноменальной слуховой памяти может служить известный композитор В. А. Моцарт. В 14-летнем возрасте он попал в Рим, где в соборе св. Петра услышал крупное произведение церковной музыки. Ноты этого произведения состав-

ляли тайну папского двора и хранились в величайшем секрете. Но юный Моцарт весьма простым способом похитил этот секрет: придя домой, он на память записал всю музыку. Когда, много лет спустя, удалось сопоставить запись Моцарта с подлинником нот, то оказалось, что в этих записях не было ни одной ошибки.

При моторном (двигательном) типе памяти прочитанное запоминается лучше всего, если процесс запоминания сопровождается какими-либо движениями. При этом полезно делать при чтении пометки, выписки, сопровождать чтение и повторение мимическими движениями, жестами, а если условия позволяют, то и ходить во время заучивания по комнате. Известно, что Карл Маркс любил прохаживаться по комнате во время работы. Стоя за конторкой, работали такие ученые как Д. И. Менделеев, К. А. Тимирязев, И. П. Павлов и др. Студентам, у которых развит преимущественно моторный тип памяти, особенно полезно конспектирование лекций и книг.

В запоминании значительную роль играют эмоциональные моменты. Вот почему при заинтересованности в работе и увлечении изучаемым вопросом прочитанное усваивается значительно легче, нежели при пассивном чтении или при отношении к работе как к какой-то скучной обязанности. Нередко студент необоснованно жалуется на «плохую память». В большинстве случаев это объясняется несерьезным отношением к изучаемому предмету или отсутствием должного интереса к предмету.

Ресурсы памяти человека чрезвычайно велики: человек в среднем использует лишь 4% общего количества нервных клеток, 96% остаются в резерве. Если бы человек мог полностью его использовать, то это позволило бы ему овладеть несколькими иностранными языками, усвоить программу трех вузов и запомнить содержание всех 10 000 статей Большой Советской Энциклопедии. Память поддается развитию. Пожелайте понять, усвоить, запомнить и вы это сделаете.

Без периодического повторения или применения изученного материала в повседневной практической работе эта информация постепенно забывается. Кривая 1 на рис. 3.1 отражает процесс забывания полученной информации. Здесь H_0 — объем информации (в некоторых условных единицах), необходимой, например, для отличного ответа на экзамене. Чтобы предотвратить забывание, нужно в моменты времени t_1, t_2, t_3, \dots повторить материал и восстановить в памяти весь полученный ранее объем информации. Интервал между повторениями не должен быть

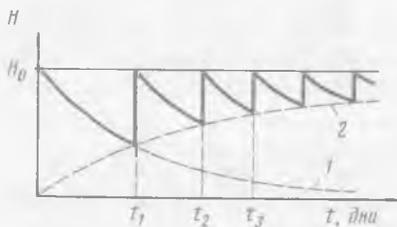


Рис. 3.1. Кривые забывания (1) и накопления (2) информации H в зависимости от времени

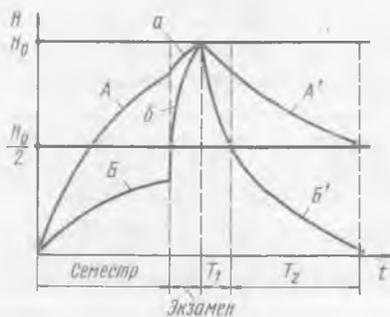


Рис. 3.2. Накопление и забывание информации при систематической (кривые A, a и A') и несистематической (кривые $B, б$ и B') работе студента над материалом

большим, иначе это потребует усилий для восстановления информации. Кривая 2 показывает процесс накопления информации. Из рисунка видно, что чем реже повторяется (или применяется) материал, тем больше время нужно для его полного закрепления в памяти. Вот почему необходимо (хотя бы бегло) регулярно просматривать конспекты и учебники, выполнять домашние задания, тщательно готовиться и проводить лабораторные исследования.

На рис. 3.2 показана зависимость накопления и забывания (потери) информации во времени при систематической и несистематической работе студента в течение семестра. При систематической отработке информации в ходе семестра уровень ее накопления к концу семестра будет большой (кривая A) и для получения отличной оценки студенту потребуется немного времени и усилий (кривая a). Если студент не отработывал материал в ходе семестра, то уровень накопления информации к концу семестра будет невелик (кривая B). В этом случае, чтобы добиться отличных результатов на экзамене, за период сессии студенту потребуется приложить много усилий (кривая b). Однако дело не только в этом. Процесс забывания информации первого студента будет происходить плавно (кривая A'), а второго студента — очень быстро (кривая B'). При этом «период полураспада» информации (когда забывается половина материала) в сознании второго студента (T_1) оказывается соизмеримым с периодом «аврала», тогда как период полураспада информации в сознании первого студента ($T_1 + T_2$) будет достаточно велик. Этот график достаточно наглядно показывает, что реализация принципа прочности знаний состоит в систематической работе в течение всего семестра. Напряженная работа студентов только в период экзаменационной сессии позволяет достичь лишь кратковременного эффекта и не отвечает требованиям советской высшей школы.

Памяти человека свойственно так называемое ретроактивное торможение — отрицательное влияние последующего заучивания на предыдущее. Поэтому при переходе к новым занятиям необходимы перерывы в работе, которые снижают ретроактивное торможение до «безопасного уровня». Интервал, 10... 15 мин, не заполненный никакой деятельностью, можно считать достаточным. При этом лучше всего чередовать занятия по тем предметам так, чтобы материал последующих занятий был бы наименее сходен с тем, над которым только что закончена работа.

3.3. ГИГИЕНА УМСТВЕННОГО ТРУДА

Чрезвычайное значение в повышении эффективности труда и сохранении здоровья имеет гигиена умственного труда. Рассмотрим наиболее важные гигиенические требования. Надо научиться чередовать труд с разумным отдыхом. В результате чрезмерного умственного труда нервные клетки головного мозга переутомляются и человек начинает испытывать апатию, плохое настроение, нередко возникают головные боли. Необходим отдых. Перерывы в умственной работе не обязательно должны быть длительными. Их рекомендуется делать, как правило, частыми и короткими (по 10 мин после каждого часа работы). Важно правильно и полноценно использовать эти короткие перерывы для отдыха. Основоположник русской физиологии И. М. Сеченов доказал, что наилучшей формой отдыха является

не полный покой, а так называемый активный отдых или переключение на другой вид деятельности. Успешнее всего снимает утомление перерыв, сопровождающийся физическими упражнениями.

Во время перерыва следует выйти из комнаты, в которой вы занимались, и проветрить ее. Легкая трехминутная разминка может состоять из нескольких глубоких вдохов и выдохов с прогибанием вперед поясницы, нескольких приседаний или других упражнений, в которых участвуют мышцы нижних конечностей, и наконец, трех-четырёх упражнений с поворотами туловища и шеи.

Во время перерыва старайтесь не думать о той работе, которой вы только что занимались и не разговаривать о ней с товарищами и окружающими. Не следует во время перерыва заниматься какой-либо другой напряженной умственной работой (играть в шахматы, решать сложную математическую задачу и т. д.). Легкая беседа, шутки, веселье, смех — лучшая форма кратковременного отдыха. Отдыхом является и переключение на другие интересы. Известны исторические случаи, когда выдающиеся писатели, например Жорж Санд, работали одновременно над несколькими литературными произведениями, переключались с одной рукописи на другую.

После 3—4 ч занятий желателен более длительный отдых (в течение 30...40 мин). Если погода позволяет, полезно прогуляться на свежем воздухе, сделать несколько физических упражнений.

Нужно научиться не поддаваться преждевременному утомлению. У здорового человека оно означает, скорее всего, проявление лени или слабой воли. Если дневная нагрузка была очень интенсивной и впереди предстоит работа, целесообразно делать «сонную паузу» не более чем на 25...30 мин. Такой сон освежает, после него появляется чувство бодрости. Длительный сон в середине дня приводит к обратным результатам: расслабляет организм и снижает работоспособность.

Не следует засиживаться допоздна. Ночной сон должен быть регулярным и продолжительным (7...8 ч в сутки). Если вы ложитесь и поднимаетесь постоянно в определенный час, у вас скоро выработается условный рефлекс именно на данное время. Рекомендуется прекращать интенсивную умственную работу за час до сна. Перед сном весьма желательна полчасовая прогулка на свежем воздухе. Не следует часы, предназначенные для сна, рассматривать как резерв времени, который можно часто и безнаказанно использовать для других целей. Нередко студенты решают: «Не посплю, но зато сделаю». Систематическое недосыпание легко может привести к хроническому утомлению и ослаблению умственной работоспособности. Лучше пораньше встать утром, чем работать ночами. Помните народную пословицу — «утро вечера мудренее». Ложиться спать надо не позднее 24 ч, обязательно в хорошо проветренном помещении. На ночь не следует плотно есть, ужины непосредственно перед сном признаны вредными. Не есть весь день в институте, а придя поздно домой наедаться «до отвала» и «заваливаться спать» — верный способ нажить себе гипертонию, язву желудка, потерять здоровье и работоспособность. Отдых и сон тесно связаны с режимами питания и жизни вообще, с правильным пониманием о пассивном и активном отдыхе в быту.

Каждый студент, желающий сохранить здоровье и работоспособность, должен заниматься спортом. Крупнейший русский психиатр В. М. Бехтерев указывал на то, что движения благоприятно отражаются на умственной работоспособности. Когда человек, занимающийся умственным трудом, периодически выполняет фи-

зическую работу или занимается спортом, его умственная работоспособность, как правило, отличается высоким уровнем.

При постоянной сидячей умственной работе в закрытых помещениях ослабевает мышечный тонус, развивается вялость кишечной деятельности, нарушается кровообращение. В итоге мышцы ослабевают, появляется сутулость, грудная клетка сдавливается, сердце отвкает от энергичной работы и слабеет, ухудшается обмен веществ, откладывается лишний жир. Еще Аристотель утверждал, что ничто так не истощает и не разрушает человека, как продолжительное физическое бездействие. Великий русский писатель Л. Н. Толстой сочетал творческую деятельность с физическим трудом, занятиями спортом. В 65 лет он выучился ездить на велосипеде, в возрасте 80 лет продолжал систематически заниматься гимнастикой.

Выходной день для занимающихся умственным трудом должен быть полностью использован для другой деятельности. Не нужно без необходимости оставлять на выходной день какую-то часть обычной работы, неоконченной из-за недостаточной организованности и собранности на протяжении рабочей недели.

Очень хорошая форма отдыха в воскресенье — посещение театра, концертов, кино. Однако пользоваться этим отдыхом надо в разумных пределах. Если в выходной день побывать на двух киносеансах, часа три танцевать в душном помещении, то такой «отдых» принесет только вред и уменьшит продуктивность последующей учебной работы.

Необходимым условием гигиенически рациональной организации умственного труда является правильная освещенность рабочего места. Свет должен быть достаточно ярким, в то же время слишком яркий свет портит зрение. Лучше всего, если источник света находится с левой стороны, а сам свет падает сверху. Освещение оказывает значительное влияние на продуктивность умственного труда. Часто глаза вообще не защищены от непосредственного видения светящейся нити, в других случаях освещенность недостаточна или слишком велика. В результате глаза быстро устают и работающий испытывает чувство общего утомления, не осознавая истинную его причину. Обычно это утомление приписывают другим факторам и мер никаких не принимают. Не надо читать лежа. Такое чтение плохо отражается на зрении и не способствует сосредоточению внимания.

Сидя за рабочим столом, необходимо обращать внимание на положение тела. Сидеть надо прямо, близко к столу, но не опираясь грудью о его край и не сгибая спины. Лучше всего опираться на локти. Большой вред умственной работе приносит употребление алкоголя, который снижает ее продуктивность.

3.4. РАБОТА С КНИГОЙ

Значительная часть самостоятельной работы студента связана с изучением литературы. Никакими другими способами, кроме работы с книгой, нельзя получить систематических, глубоких и прочных знаний. Одна из важнейших задач обучения в высшей школе — научиться самостоятельно работать с книгой. Чтение книг требует больших затрат времени и энергии, поэтому эту работу надо научиться делать рационально.

Работа над книгой состоит из четырех основных этапов: предварительного ознакомления с содержанием книги, раздела или главы; углубленного чтения в

размере того же отрезка текста; составления плана прочитанного; составления конспекта, тезисов, рабочих записей и т. д.

Предварительное ознакомление с книгой перед ее проработкой сберегает время, труд и помогает охватить содержание книги или какой-либо ее части. Часто беглый просмотр книги в магазине или библиотеке помогает выбрать нужную книгу либо получить отдельные сведения по тому или иному вопросу. Этот тип чтения широко применяется научными работниками, так как прочесть всю литературу, издаваемую по той или иной тематике, часто просто не представляется возможным.

Углубленное чтение должно сопровождаться продумыванием прочитанного и сопоставлением с изученным ранее, со своими взглядами или с теми сведениями, которые были сообщены на лекциях. По прочтении каждого законченного раздела (параграфа, главы и т. д.) нужно осмыслить прочитанное, выделить главное и второстепенное. Усвоенный материал постараться пересказать в уме и только в том случае, когда это легко сделать без помощи книги, можно сказать, что вы поняли прочитанное. Трудные и малопонятные места нужно перечитать, выводы отдельных формул выписать на лист бумаги.

Для плодотворного чтения технической книги необходимо не только понимать смысл текста, но и разбираться в схемах, уметь анализировать формулы, графики, расчеты. Иллюстрация облегчает понимание текста и дополняет его, а часто вообще является единственно целесообразной формой освещения какого-либо вопроса.

В каждой дисциплине имеется своя терминология, без знания которой нельзя понять написанное. Поэтому в процессе чтения следует пользоваться справочной литературой для выяснения значения непонятных слов и терминов.

Читать книгу лучше всего про себя, так как большинству людей свойствен смешанный тип памяти. Такое чтение на 25% быстрее чтения вслух, причем читающий меньше устает. Чрезвычайно важно соблюдать правильный темп чтения. Он определяется целым рядом факторов: характером книги, задачами чтения, кругозором читателя в изучаемой области науки и т. д. Основным критерием для определения правильности выбранного темпа чтения является полное понимание прочитанного и хорошее его усвоение. Следует решительно предостеречь от торопливого, поспешного и невнимательного чтения. Быстрый темп чтения, являясь несомненным достоинством, приобретает в результате систематических тренировок. Большой скоростью чтения обладал А. М. Горький. По воспоминаниям Новикова-Прибоя, казалось, что Горький не читал, а просматривал журнал, затрачивая на каждую страницу менее минуты. При этом он не только улавливал фабулу повести, ход мыслей автора, но и с поразительной легкостью приводил впоследствии по памяти метафоры, эпитеты, сравнения и т. д.

Подавляющее большинство людей легче усваивают и запоминают прочитанное, если параллельно с чтением они делают выписки, заметки или ведут конспект. Чтение с карандашом способствует сосредоточению внимания, пониманию прочитанного, выявлению основного, главного, является средством самоконтроля и позволяет студенту многократно использовать конспект.

Многим студентам свойственны при работе над книгой вредные привычки, мешающие плодотворной работе. Вот несколько из них:

1. Невнимательное чтение. Привычка, читая книгу, думать о другом, отвлекает, не позволяя уловить смысл прочитанного и намного увеличивая затраты времени на проработку материала.

2. Торопливость и нетерпение. Читателю не хватает терпения следить за развитием мысли, хочется сразу узнать результат и он пропускает целые страницы. При чтении технической литературы студент не следит за ходом мыслей, последовательностью и убедительностью их изложения, за доказательством при выводе формул, не анализирует схемы, графики, таблицы, а стремится скорее найти выводы, окончательные формулы и запомнить их, т. е. занимается зубрежкой. Такая работа над книгой приносит мало пользы, не учит критически мыслить и воспринимать материал.

3. Привычка бросать книгу, не дочитав ее до конца. Эта привычка вредна во всяком деле, являясь следствием слабой воли. Одно из качеств сильного человека — все, за что он берется, доводить до конца.

С отмеченными дурными привычками следует вести настойчивую борьбу. Правильная работа над книгой позволит при наименьшей затрате времени и сил достигнуть наилучших результатов.

И еще хочется остановиться на одном моменте. Помните, что книга нуждается в бережном отношении. Как часто студенты варварски обращаются с учебниками — делают подчеркивания в библиотечных книгах, загибают страницы, перегибают переплеты, а иногда и вырывают целые страницы. Такая книга уже не может быть использована в дальнейшем, а ведь она рассчитана не на одного читателя и не на один год. Аккуратное и бережное обращение с книгой — признак высокой культуры читателя.

3.5. ПОДГОТОВКА К ЭКЗАМЕНАМ

Экзамены (от латинского *examine* — испытание) проводились еще в средневековых университетах. В России первые экзамены были введены при Петре I, и проводились они по математике. Экзамены — одна из форм учебного процесса, так как подготовка к ним содействует обобщению и закреплению знаний, приведению их в строгую систему, устранению пробелов, возникающих в процессе учебных занятий.

Подготовка к экзаменам должна начинаться с первого дня учебных занятий и вестись в течение всего семестра планомерно и систематически. Только правильная организация самостоятельной работы в семестре гарантирует успешную сдачу экзаменов. К экзамену допускаются студенты, сдавшие все зачеты. На подготовку к экзамену обычно отводится три — пять дней.

Как бы ни была хорошо организована учебная работа в течение всего учебного года, все же конец семестра и период экзаменационной сессии — время самой напряженной работы студентов. В период сессии происходит резкое изменение ритма жизни и работы. Очень важно как можно скорее приспособиться к новым условиям и эффективно использовать время, отводимое на подготовку к экзаменам. Новый распорядок дня должен содержать длительные рабочие периоды (с утра до обеда, с обеда до ужина, от ужина до сна), чередующиеся с отдыхом. Не нужно забывать о прогулках на свежем воздухе, восьмичасовом ночном сне, физических упражнениях. Подготовка к экзаменам за счет сокращения сна не только не приводит к успеху, но и вредна сама по себе. К сожалению, некоторые студенты сидят до глубокой ночи, судорожно пытаются восполнить пробелы в знаниях. На экзамен они идут с больной головой, вялыми и, конечно, в таких условиях трудно ожидать хорошего результата. Накануне экзамена вечером лучше всего совсем не заниматься

и провести вечер на свежем воздухе. Утром полезно бегло просмотреть конспект и идти на экзамен.

При подготовке к экзаменам следует руководствоваться программой курса, а также конспектами, дополненными выписками из книг, сделанными в течение семестра. Учебник поможет проработать наиболее сложные разделы, восстановить пробелы, развеять возникшие сомнения.

Повторение — процесс сугубо индивидуальный. Это означает, что каждый студент должен подготавливаться к экзаменам индивидуально. Не рекомендуется коллективная подготовка к экзаменам. После окончания подготовки к экзамену полезно обменяться с товарищами мнениями по наиболее трудным вопросам курса.

Важную роль в подготовке к экзаменам играют предэкзаменационные консультации, на которых можно получить ответы на трудные или оставшиеся невыясненными вопросы.

На экзамене, получив билет, надо внимательно вдуматься в поставленные вопросы, понять, о чем идет речь. Только после этого следует записать ответ в виде кратких тезисов, выделяя основную мысль, доказывая ее, иллюстрируя формулами, графиками и примерами.

Отвечать на билет следует спокойно, продуманно, без торопливости. Необходимо показать экзаменатору не только знания предмета, но и способность к логическому мышлению, умению четко излагать свои мысли. Экзаменатор обращает внимание и на культуру речи студента.

Медицинские обследования студентов во время экзамена показали, что изменения в сердечно-сосудистой системе у неподготовленных к экзамену студентов близки к изменениям у человека в предынфарктном состоянии (частота пульса достигала 160 ... 180 ударов/мин, а электрокардиограмма давала всплески, внушающие опасения за этих студентов). Сильное волнение у них продолжалось на протяжении всего экзамена и долгое время после него. Студенты, которые в течение семестра систематически работали, не имели таких сильных изменений в сердечно-сосудистой системе.

Глава 4. ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ГОСУДАРСТВА И СТУДЕНТОВ

4.1. ЗАБОТА ГОСУДАРСТВА О СТУДЕНТАХ

Накануне Великого Октября в пределах современной территории СССР действовали всего 105 высших учебных заведений, в которых обучались 127,4 тыс. студентов. Высшее образование было привилегией правящих классов. Среди студентов восьми российских университетов выходцы из рабочих, крестьян и трудовой интеллигенции составляли только 4,5%, а остальные являлись детьми духовенства, буржуазии, дворян и чиновников.

Сейчас в нашей стране насчитывается более 890 вузов, в которых получают образование свыше 5 млн. человек. В 1914 г. на 10 тыс. населения страны приходи-

лось всего 8 студентов, а выпуск специалистов составлял немногим более 12 тыс. человек. В настоящее время на 10 тыс населения у нас приходится 197 студентов. Ежегодно высшая школа направляет в народное хозяйство около 850 тыс. своих выпускников.

Партия и правительство проявляют постоянную заботу о создании в вузах всех условий, необходимых для обучения, проведения научно-исследовательской работы, культурно-бытового и медицинского обслуживания студентов. Достаточно сказать, что общая площадь учебных зданий вузов составляет более 26 млн. кв. м. Для сравнения отметим, что на этой площади свободно могли бы разместиться тринадцать таких небольших государств Европы, как Монако. За годы одиннадцатой пятилетки построено много современных учебно-лабораторных корпусов, и строительство их непрерывно продолжается.

Государство расходует на обучение студентов значительные средства. Только стоимость основных фондов вузов (зданий, сооружений и т. д.) составляет свыше 6 млрд. руб. или более 1000 руб на одного студента. С учетом стоимости вузовского оборудования и выделяемых государством средств на выплату студентам стипендии затраты государства на обучение одного студента составляют несколько тысяч рублей.

Как отмечают социологи, больше половины своего времени многие студенты проводят в общежитии. От того, какие там созданы условия для повседневной жизни, учебы, организации досуга, зависит и успех обучения студентов, их настроение. За последние годы построено немало современных комфортабельных общежитий. Удобные комнаты, современный интерьер, красные уголки, комнаты для занятий, библиотеки с читальными залами, бытовые помещения, студенческое самоуправление — все это делает жизнь в таких общежитиях интересной и содержательной.

С первых лет существования советского государства партия и правительство уделяли большое внимание здоровью молодого поколения. Уже в 30-е годы стала внедряться система медицинского диспансерного обслуживания студентов, в вузах стали открываться диетические столовые, ночные профилактории. Сейчас вузы страны располагают развитой сетью студенческих поликлиник, стационаров-профилакториев, спортивных баз и оздоровительных лагерей. Вопросы охраны здоровья студентов включены в планы работ Академии медицинских наук СССР. Студенты получают льготные путевки в санатории, здравницы и дома отдыха. Все это дает положительный результат: снято с наблюдения в связи с излечением свыше 30% лиц, стоявших ранее на диспансерном учете.

Заботой государства об удовлетворении социально-бытовых потребностей студентов является и организация общественного питания. Создаются специализированные тресты студенческих столовых, комбинаты общественного питания. В вузах организуется продажа полуфабрикатов, кулинарных и кондитерских изделий. Проводится эксперимент по организации льготного горячего питания за счет использования части стипендиального фонда. В результате регулярного питания у студентов снизилось число желудочно-кишечных заболеваний, а также сократилось время на обед.

В вузах нашей страны хорошо поставлено библиотечно-информационное обслуживание. В пользование студентам бесплатно предоставляются необходимые учебники, к их услугам прекрасные читальные залы института. В капиталистических странах вузовские библиотеки не обеспечивают студентов комплектами

учебников и учебных пособий. Студенты вынуждены приобретать такие книги в университетских книжных лавках.

Забота государства о развитии высшего образования закреплена в Конституции СССР. Впервые в истории человечества равноправие в сфере высшего образования и обеспечивающие его материальные гарантии вошли в число конституционных принципов государства.

4.2. ПРАВА И ОБЯЗАННОСТИ СТУДЕНТОВ

В соответствии со статьей 45 Конституции СССР среднее образование является всеобщим и обязательным. Получение же высшего образования — это конституционное право, которым пользуются граждане СССР, имеющие законченное среднее образование. Однако после зачисления в студенты успешная учеба становится обязанностью, а государство предоставляет для этого все возможности.

Положение о высших учебных заведениях СССР предусматривает широкие права советских студентов. Студентам вузов гарантировано право бесплатно пользоваться лабораториями, кабинетами, аудиториями, читальными залами, библиотеками, вычислительными центрами и другими учебно-вспомогательными учреждениями, а также спортивными базами, сооружениями, спортивным инвентарем и другим оборудованием института. Во всех вузах страны студентам предоставляется право участвовать в научно-исследовательской работе наравне с преподавателями и научными сотрудниками института и опубликовывать результаты исследований в научных журналах, защищать их авторскими свидетельствами. Студенты имеют право принимать самое широкое участие в обсуждении вопросов совершенствования учебного процесса, идейно-воспитательной работы, а также вопросов успеваемости, трудовой и учебной дисциплины, распределения мест в общежитиях, назначения стипендий и любых других, связанных с учебой и бытом студентов.

Студенты дневных факультетов вузов, успешно сдавшие сессию, обеспечиваются государственной стипендией в соответствии с действующим законодательством. За последние десять лет доля таких студентов значительно возросла. Для студентов-отличников, активно участвующих в общественной и научно-технической работе коллектива, установлены именные стипендии (например, имени В. И. Ленина). Специалистам, окончившим высшие учебные заведения, гарантируется работа в соответствии с полученной в институте специальностью.

В условиях капитализма невозможно преодолеть социальное неравенство в сфере высшего образования, оно здесь по-прежнему недоступно для большинства представителей трудящихся. Относительно же более доступные «массовые» учебные заведения обрекают своих питомцев на «дипломированную безработицу» при каждом сколько-нибудь значительном изменении экономической ситуации.

Обеспечивая право граждан СССР на высшее образование, государство предъявляет к молодым людям, поступившим в вуз, определенные требования. Стране нужны технически грамотные инженеры, являющиеся подлинными творцами науки и техники, поэтому студенты высших учебных заведений обязаны систематически и глубоко овладевать теоретическими знаниями и практическими навыками по избранной специальности.

Любого специалиста должна отличать высокая идейная зрелость, преданность идеалам коммунизма, любовь к Родине, интернационализм. Обучаясь в вузе, студенты должны прочно овладеть марксистско-ленинской теорией, повышать свой идейно-политический, научный и культурный уровень. Полученные теоретические знания должны быть дополнены навыками организации массово-политической и воспитательной работы, которые студенты приобретают, активно участвуя в общественной работе, строительных отрядах, в различных видах общественно-полезного труда. Собираясь стать передовой частью советской интеллигенции, будущие инженеры должны обладать высокими моральными качествами, неукоснительно соблюдать принцип коммунистической морали. Залогом успешной учебы в вузе являются обязательное посещение учебных занятий и выполнение в установленные сроки всех видов заданий, предусмотренных учебным планом и программами, соблюдение правил внутреннего распорядка института и общежития.

4.3. ОБЩЕСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СТУДЕНТОВ

Высококвалифицированный специалист сегодня — это не только знаток своего профессионального дела, но и организатор и воспитатель масс. Эти качества, так необходимые для инженера, приобретаются в результате активного участия в общественной жизни студенческого коллектива.

В конце 60-х — начале 70-х годов в вузах страны была введена общественно-политическая практика ОПП. Знания и умения организатора, воспитателя и пропагандиста студенты получают в школах комсомольского и профсоюзного актива, на отделениях факультетов общественных профессий ФОП. Широкое распространение получили секции и отделения ФОП, готовящие общественных корреспондентов и фоторепортеров, редакторов стенной и многотиражной печати, организаторов работы с детьми и подростками, инструкторов по различным видам спорта.

Самые массовые и популярные отделения ФОП — школы молодого лектора. Они действуют практически во всех вузах, вооружая будущих специалистов знаниями, умениями и навыками, а также методикой пропагандистской и агитационно-массовой работы. Особым вниманием в школе молодого лектора пользуются секции общественно-политической, международной, атеистической и молодежной тематики.

Полученные в школах комсомольского актива и на ФОП практические навыки затем реализуются студентами при работе в общественных организациях и органах студенческого самоуправления, в лекционной деятельности на предприятиях, в трудовом семестре, комсомольских педагогических отрядах. Студенты являются вожатыми в школах, детских домах, профтехучилищах, работают в школах юных математиков, физиков, экономистов, биологов. Они организуют дни науки, техники, производства. В вузах постоянно действуют лекторские группы и агитбригады.

Подлинной школой трудовой, политической и организаторской закалки молодежи стали студенческие строительные отряды ССО. Коммунистическая партия и Советское государство высоко оценивают ударный труд студентов — многие активные участники и организаторы ССО награждены орденами и медалями. Студенческая молодежь участвует в освоении нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири, в развитии производственных сил Дальнего Востока и Крайнего Севера.

В последние годы все больший размах принимает работа специализированных студенческих отрядов, создаваемых с учетом профиля вуза. Общественно-полезный труд в таких отрядах способствует закреплению у будущих специалистов профессиональных знаний и навыков. Ежегодно на строительстве различных объектов связи трудятся более двух тысяч бойцов специализированных ССО «Связь», формируемых в институтах связи страны.

Общественная деятельность студентов в течение учебных семестров также весьма разнообразна. Это и общественная работа в группе (староста, комсорг, профорг, культорг, физорг и т. д.), и участие в работе добровольных народных дружин, органов народного контроля, стенной печати, и работа в выборных комсомольских органах на факультете, в институте, районе, городе. В вузах созданы условия для занятий спортом, художественной самодеятельностью, радилюбительским творчеством.

Общественная деятельность в вузе и вне его — очень важная сторона в подготовке советского инженера. Благодаря введению в вузах ОПП значительно возросла социальная активность выпускников вузов. Большинство молодых специалистов, прошедших школу ОПП, как правило, сразу включаются в общественно-политическую деятельность по месту работы.

Раздел 2. СИСТЕМЫ И СЕТИ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Глава 5. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ПЕРЕДАЧЕ ИНФОРМАЦИИ НА РАССТОЯНИЕ

5.1. ЧЕЛОВЕК И ИНФОРМАЦИЯ

Деятельность людей направлена на создание материальных и духовных ценностей, совершенствование общественных отношений. Сферы деятельности определяются практическими жизненными потребностями членов общества. Потребность иметь постоянные источники продуктов питания и одежду стимулировала развитие земледелия и животноводства. Возникновение строительства вызвано потребностью людей в жилище, которое защищало их от плохой погоды, диких зверей и врагов. Появление медицины связано с потребностью в лечении болезней. Подобных примеров можно привести много.

Процесс создания материальных ценностей принято называть производством. Без производства невозможно само существование людей. Любому производству наряду с орудиями труда, сырьем, рабочей силой необходима информация, накопленная людьми многих поколений. Эта информация хранится в памяти людей, книгах, документах и т. д. Сведения о каких-либо процессах, событиях, фактах или предметах и принято называть информацией. Слово «информация» латинского происхождения и в переводе на русский язык означает «разъяснение», «изложение», «осведомление». Информация имеет ценность для производства только в том случае, если она доступна людям, невзирая на ее удаленность от места производства и давность получения. Отсюда возникает необходимость запоминания, хранения и передачи информации на расстояние.

Известно, что 80 ... 90% информации человек получает через органы зрения и 10 ... 20% — через органы слуха. Другие органы чувств (осязание, обоняние, вкус) дают человеку в сумме до 1... 2% информации. Таким образом, зрительный и слуховой органы человека в совокупности с его нервной системой являются основными каналами поступления информации в мозг.

Выдача информации из мозга осуществляется также по каналам, образуемым нервной системой и исполнительными органами.

Основным является звуковой канал, заканчивающийся голосовыми связками. Определенные колебания голосовых связок передаются в окружающую среду в виде отдельных звуков, слов, предложений и воспринимаются слуховыми органами людей как речь. Важным для выдачи информации является также канал, исполнительным органом которого являются руки человека. Во-первых, руками с помощью различных приспособлений (карандаша, ручки, пишущей машинки и др.) человек пишет, рисует, т. е. выдает информацию, фиксируя ее на носителях. Во-вторых, руками с помощью различных инструментов и приспособлений человек выдает звуковую информацию (музыка, различные шумы). Наконец, определенные движения рук, иногда с использованием флажков, фонарей и других предметов, также являются способом выдачи информации.

Информационный обмен для людей — не прихоть, а такая же естественная потребность, как пища, воздух, сон и т. д. Обмен информацией означает ее передачу и прием. Когда говорят о передаче информации, то подразумевают, что есть источник информации, получатель (потребитель) информации и средства ее передачи. Средства передачи, обусловленные физиологическими возможностями человека (например возможностями голосовых связок или зрительных органов), не могут решить проблему передачи больших объемов информации на значительные расстояния. Для ее решения человек создал и широко пользуется техническими средствами — средствами связи. Таким образом, связь — это техническая база, обеспечивающая передачу и прием информации между удаленными друг от друга людьми или какими-либо устройствами. Аналогия между связью и информацией такая же, как у транспорта и перевозимого груза. Средства связи не нужны, если нет информации, как не нужны транспортные средства при отсутствии груза.

5.2. СООБЩЕНИЯ

Понятию «информация» близко по смыслу понятие «сообщение». Сообщение — это форма выражения (представления) информации, удобная для передачи на расстояние. Способность видеть позволяет человеку воспринимать информацию в форме неподвижных или подвижных изображений, называемых оптическими сообщениями. Способность слышать позволяет воспринимать информацию, представляющую собой механические колебания частиц воздушной среды, называемые звуковыми сообщениями. Человек воспринимает (слышит) колебания, частота которых находится в пределах 16... 16 000 Гц (1 Гц равен одному колебанию в секунду).

Примеры оптических сообщений в виде различных изображений приведены на рис. 5.1. На рис. 5.1, а приведено сообщение (буквенный текст), представляющее собой определенную последовательность из набора букв (алфавита) и различных знаков препинания; на рис. 5.1, б изображены цифровые данные, состоящие из последовательно-

сти цифр; на рис. 5.1, в приведено неподвижное изображение — фотография. Подобные изображения называются полутонowymi, так как они образуются из сочетания участков поверхности бумаги, имеющих разные оптические свойства. Все приведенные сообщения наносятся и хранятся на определенных носителях, чаще всего на бумаге. Поэтому они называются документальными сообщениями. Запечатленный на рис. 5.1, г кадр телевизионного изображения есть фрагмент сообщения, содержащий информацию о подвижном объекте. Подвижные изображения также полутоновые.

Примерами звуковых сообщений являются речь и музыка. При разговоре информация заключена не только в содержании речи, но и в ее интонации, ритме и т. п. Музыка также содержит в себе информацию. Она способна изменять эмоциональное состояние человека (сравните влияние траурной мелодии и праздничного марша).

Сообщения в форме изображений или звуков естественны и удобны для общения между людьми, но современное производство невысказимо без связи человека с электронно-вычислительными машинами (ЭВМ). Со временем человек обязательно «научит» ЭВМ распознавать звуковые образы (звуки), а пока ЭВМ воспринимают информацию в форме знаков. Знаки — это буквы, цифры и другие символы, из которых составляются сообщения путем их нанесения на специальные носители информации: перфоленты, перфокарты, магнитные ленты, барабаны, диски и др. Сообщения,

Кубок — наш

Советские фехтовальщики завоевали общеконандный приз — «Кубок наций» — на чемпионате мира, завершившемся в столице Болгарии. У сборной СССР — 89 очков, на втором месте команда Италии (86), на третьем — фехтовальщики ФРГ (83).

(ТАСС).

31.	12.	28.	94.	25.	16.
30.	73.	27.	92.	23.	80.
30.	34.	26.	90.	22.	44.
29.	97.	25.	95.	21.	14.
29.	65.	25.	09.	19.	96.
29.	38.	24.	37.	18.	96.
29.	18.	23.	82.	18.	19.
29.	05.	23.	48.	17.	71.
29.	01.	23.	37.	17.	55.

а)

б)



в)



г)

Рис. 5.1. Примеры оптических сообщений:

а — буквенный текст; б — цифровые данные; в — фотография; г — подвижное изображение

предназначенные для обработки на ЭВМ или полученные от ЭВМ, принято называть данными.

Любое сообщение имеет параметр, в изменении которого «заложена» информация, содержащаяся в сообщении. Этот параметр называется информационным. Все звуковые сообщения представляют собой сочетание звуковых колебаний, создающих в воздухе переменное звуковое давление. Звуковое давление — основная количественная характеристика звука. Мгновенное значение звукового давления и есть информационный параметр звукового сообщения. Информационные параметры оптических сообщений характеризуют оптические свойства участков изображения. Для неподвижных изображений таким параметром является коэффициент отражения. Участки с большим коэффициентом отражения, т. е. отражающие большую часть падающего светового потока, кажутся более светлыми, а с меньшим — темными. Информационным параметром подвижных черно-белых изображений, наблюдаемых на экранах телевизоров, служит яркость свечения участков экрана. В текстовых и цифровых сообщениях носителем информации, а следовательно, и информационным параметром являются знаки, из которых они состояются.

По характеру изменения информационных параметров различают непрерывные и дискретные сообщения. Если информационный параметр сообщения в процессе изменения может принимать любые значения в некотором интервале, то сообщение называется непрерывным. Непрерывными являются звуковые сообщения. Действительно, звуковое давление может принимать в определенном интервале любые значения, т. е. иметь бесконечное множество значений.

Коэффициент отражения и яркость участков полутоновых изображений также могут принимать любые значения в некотором интервале, т. е. иметь бесконечное число значений. Следовательно, полутоновые изображения также относятся к непрерывным сообщениям.

Любые текстовые и цифровые сообщения состояются из определенного, конечного и известного набора знаков (например, букв алфавита). Подобные сообщения принято называть дискретными.

5.3. СИГНАЛЫ

Задачей связи является передача сообщений на расстояние от источника к получателю. Когда сообщение записано на каком-либо носителе, например бумаге, его можно доставить получателю с помощью того или иного вида транспорта. Так поступают при передаче письменных сообщений в почтовой связи. Однако такой способ передачи не всегда удобен, в частности не удовлетворяет потребителей по скорости передачи сообщений. Поэтому найдены и широко используются более скоростные переносчики сообщений,

использующие физические процессы, способные преодолевать с определенной скоростью расстояние (пространство) между источником и получателем. Такими процессами могут быть звуковые или электромагнитные волны, электрический ток. Физический процесс, отображающий передаваемое сообщение, называется сигналом. Отображение сообщения обеспечивается изменением какой-либо физической величины, характеризующей процесс. Эта величина является информационным параметром сигнала.

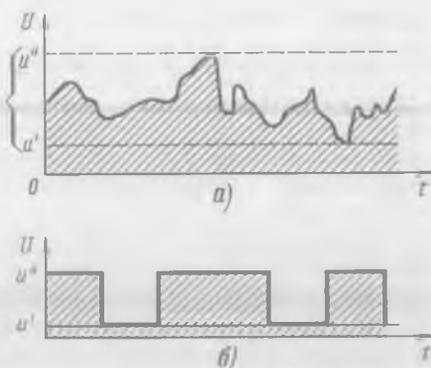


Рис. 5.2. Виды сигналов:
а — аналогового; б — дискретного

В дальнейшем будем рассматривать принципы и средства связи, основанные на использовании в качестве переносчиков сообщений электрической энергии, т. е. электрических сигналов. Передача и прием сообщений любого рода с электрических сигналов является признаком электрической связи, сокращенно называемой электросвязью. Выбор электрических сигналов для переноса сообщений на расстояние обусловлен тем, что скорость их распространения соизмерима с предельно возможной скоростью распространения процессов, равной скорости света $3 \cdot 10^8$ м/с.

Электрические сигналы, как и сообщения, могут быть непрерывными и дискретными. Отличие непрерывного сигнала от дискретного заключается в том, что информационный параметр непрерывного сигнала, например напряжение, ток, напряженность электрического или магнитного поля, с течением времени может принимать любые мгновенные значения в определенных пределах. Непрерывный сигнал часто называют аналоговым.

Дискретный сигнал характеризуется конечным числом значений информационного параметра. Часто этот параметр принимает всего два значения. На рис. 5.2 показаны виды аналогового и дискретного сигналов. По осям ординат отложен информационный параметр, в данном случае напряжение U . На рис. 5.2, а параметр может принимать любое значение, лежащее в пределах u' и u'' , а на рис. 5.2, б параметр принимает всего два значения, равные u' или u'' .

Всякий электрический сигнал представляет собой изменяющуюся во времени электрическую величину и, следовательно, может быть выражен некоторой функцией времени. Наиболее простым является сигнал, изменяющийся по закону синуса и называемый синусоидальным, или гармоническим. Реальные сигналы электросвязи сложны, но любой из них можно представить совокупностью ряда гармонических составляющих (гармоник). Совокупность составляющих, соответствующих одному сигналу, принято

называть спектром этого сигнала. Интервал частот, охватывающий все составляющие сигнала, называется шириной спектра сигнала. Чем сильнее форма сигнала отличается от синусоиды, тем больше составляющих содержит его спектр и тем он шире.

5.4. ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Как отмечалось в предыдущем параграфе, в электросвязи переносчиком сообщений является электрический сигнал, способный распространяться в определенных средах. Из этого следует, что для передачи на расстояние сообщение, создаваемое источником, должно быть преобразовано в электрический сигнал, который будет преодолевать пространство. На месте приема полученный сигнал необходимо преобразовать в сообщение, подаваемое получателю. Чтобы выполнять все эти операции, необходимы соответствующие технические устройства, которые в совокупности со средой распространения сигнала образуют систему электросвязи. На рис. 5.3 изображена обобщенная структурная схема системы электросвязи. Она связывает источник сообщений ИС с их получателем ПС и состоит из трех основных частей: преобразователя сообщения в сигнал, называемого передатчиком, канала связи и преобразователя сигнала в сообщение, называемого приемником.

Источником и получателем сообщений, как правило, являются люди, но их роль могут выполнять также различные датчики, автоматические устройства и ЭВМ. Устройство и принцип работы передатчика и приемника зависят от вида и характера передаваемых сообщений.

Сигналы, получаемые на выходе передатчика и подаваемые на вход приемника, называются первичными. Такие сигналы не всегда удобно, а иногда и невозможно, передавать в определенной среде распространения. Поэтому первичные сигналы при передаче подвергаются преобразованию на входе и выходе канала. Преобразователь, расположенный на входе в канал, преобразует первичный сигнал во вторичный, способный проходить по определенной среде распространения. На приемном конце преобразователь производит обратное преобразование вторичного сигнала в первичный. Таким образом, канал электросвязи представляет собой совокупность технических устройств (преобразователей) и среды распространения, обеспечивающих передачу сигналов на расстояние. В качестве среды распространения могут использоваться токопроводящие металлические провода, светопроводящие стеклянные волокна и открытое пространство. Соответственно каналы и системы электросвязи, использующие в качестве среды провода и волокна, называются проводными, а каналы и системы, в которых сигналы передаются через открытое пространство — радиоканалами и радиосистемами.



Рис. 5.3. Структурная схема системы электросвязи

В реальных условиях сложный и многоступенчатый процесс передачи сообщений происходит при воздействии множества помех. Наибольшие трудности и проблемы при этом создают помехи, искажающие сигнал. Под помехой понимается любое воздействие на полезный сигнал, изменяющее его информационный параметр и затрудняющее прием. Помехи в системах связи весьма разнообразны по происхождению и физическим свойствам. Источники помех могут быть как внутри, так и вне системы электросвязи. На рисунке все источники помех объединены и условно показаны в виде прямоугльника, а места возникновения помех — стрелками.

Таким образом, в приемник поступает сигнал, подверженный воздействию помех («сигнал + помеха»). Однако сообщение, принимаемое получателем, должно полностью соответствовать сообщению, переданному от источника. Выполнение этого условия возможно лишь в том случае, если все элементы системы электросвязи обладают определенной помехоустойчивостью.

5.5. СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СООБЩЕНИЙ В СИГНАЛ И ОБРАТНО

В системах электросвязи применяют различные по устройству и принципу работы преобразователи сообщения в сигнал (передатчик) и обратно (приемник). Это зависит от вида и характера передаваемых сообщений. В системах передачи оптических сообщений в качестве таких преобразователей применяются фотоэлектрические преобразователи и различные регистрирующие устройства. В системах передачи звуковых сообщений используются соответственно акустоэлектрические и электроакустические преобразователи.

Преобразующие устройства могут выполнять как прямое (непосредственное), так и условное преобразования. При прямом преобразовании информационные параметры сообщения и сигнала изменяются по одним и тем же законам. Например, изменения электрического сигнала на выходе акустоэлектрических преоб-

разователей точно повторяют изменения звукового давления. Это достигается благодаря включению в электрическую цепь устройств, чувствительных к изменению звукового давления. Пропорционально изменению давления изменяется сопротивление электрическому току. В результате величина тока изменяется в соответствии с изменением сообщения. Обратное преобразование сигнала в звуковое сообщение осуществляется с помощью электромагнита. В обмотку электромагнита поступает сигнал, создающий переменное магнитное поле, которое приводит в колебательное движение мембрану, вызывающую в окружающей среде звуковые колебания.

При условном преобразовании связь между информационными параметрами сообщения и сигнала — условная. При этом применяются коды, т. е. каждый знак сообщения при передаче преобразуется в определенную комбинацию электрических импульсов, а в процессе приема по комбинации определяется соответствующий знак. Коды используются для преобразования в сигнал дискретных сообщений.

5.6. СОВРЕМЕННЫЕ ВИДЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Всякий раз, когда встает вопрос о передаче сообщений на расстояние, принципиальное значение имеют вид и характер передаваемых сообщений. Дело в том, что для передачи сообщений разного вида и характера необходимы соответствующие системы электросвязи. Например, устройства для преобразования оптических сообщений в сигнал и обратно не могут быть использованы для преобразования звуковых сообщений и т. д. Сигналы, полученные в процессе преобразования, также отличаются по своим параметрам и характеру. Поэтому для передачи разных сигналов требуются разные каналы. Но дело не только в свойствах сообщений. Устройство и принцип работы элементов систем электросвязи зависят также от назначения передаваемых сообщений и требований, предъявляемых к качеству передачи. Все эти обстоятельства привели к созданию нескольких видов электросвязи, реализуемых соответствующими техническими системами. Государственным стандартом определены следующие массовые виды электросвязи: телефонная связь, телеграфная связь, факсимильная связь, видеотелефонная связь, звуковое вещание, телевизионное вещание, передача газет, передача данных.

Все виды электросвязи можно условно разделить на четыре группы. Две группы предназначены для передачи оптических сообщений: неподвижных и подвижных изображений, одна для передачи звуковых сообщений и еще одна — для передачи сообщений между ЭВМ (рис. 5.4).

Телеграфная связь и передача данных служат для передачи дискретных сообщений в виде текстов (телеграмм) и цифровых данных соответственно. Причем передача данных обеспечивает более скоростную и качественную передачу сообщений.

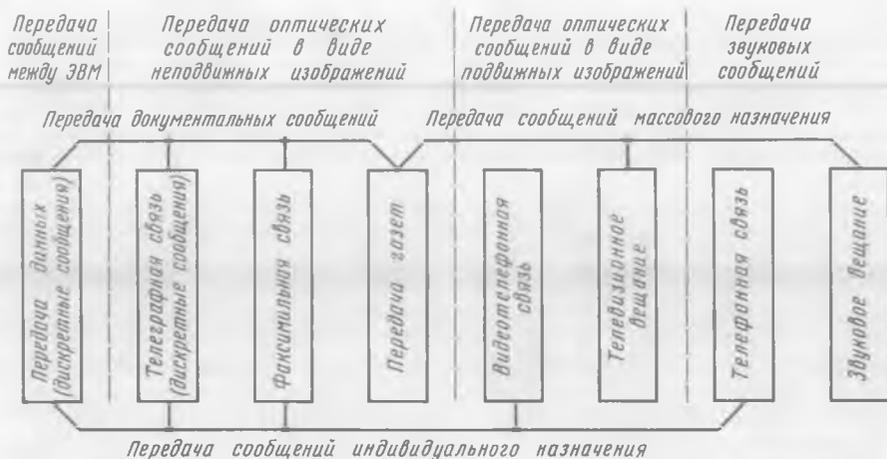


Рис. 5.4. Классификация современных видов электросвязи

Факсимильная связь и ее разновидность — передача газетных полос — обеспечивают передачу оптических сообщений в виде неподвижных изображений (в том числе и цветных).

Такие виды электросвязи, как телефонная связь и звуковое вещание предназначены для передачи звуковых сообщений. Телефонная связь обеспечивает ведение переговоров между людьми (абонентами), а звуковое вещание — одностороннюю и высококачественную передачу звуковых сообщений (радиопрограмм), предназначенных одновременно для многих слушателей.

Телевизионное вещание и видеотелефонная связь обеспечивают одновременную передачу оптических и звуковых сообщений. При этом телевидение обеспечивает одностороннюю передачу массовых сообщений, а видеотелефонная связь — двустороннюю передачу индивидуальных сообщений, позволяя вести переговоры, при которых собеседники видят друг друга. Правда, этот вид электросвязи не получил широкого распространения из-за относительно высокой стоимости передачи сообщений.

Виды электросвязи, предназначенные для передачи документальных сообщений (записанных на каком-либо носителе), часто называются документальными. К таким видам связи относятся телеграфная и факсимильная связь, передача данных и газет.

Рассмотренные основные виды электросвязи охватывают далеко не все области ее использования в современной жизни. Некоторые дополнительные области специального применения электросвязи будут рассмотрены в следующей главе.

В заключение следует сказать, что все виды электросвязи не конкурируют, а дополняют друг друга, удовлетворяя различные потребности человека в передаче сообщений, позволяя выбрать

наиболее удобный и экономически целесообразный способ передачи сообщения в каждом конкретном случае.

5.7. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Выше неоднократно отмечалось, что передача информации на расстояние — необходима в жизни и деятельности каждого человека, коллектива, общества. Это обстоятельство требует от людей постоянного поиска новых способов и средств передачи различных сообщений. На разных этапах развития человеческого общества для этого использовались разные способы и средства в зависимости от уровня развития и всегда реализация их основывалась на самых новейших достижениях науки и техники.

Появление электросвязи было подготовлено величайшими открытиями XVIII и начала XIX веков, связанными с электрическими и магнитными явлениями. Использование электрической энергии для передачи сообщений на расстояние явилось фактически одним из первых практических применений этих открытий. Это связано с тем, что электрический ток обладает свойством, весьма важным для передачи сообщений на расстояние, — способностью распространяться вдоль проводников с огромной скоростью.

Старейшим из всех видов электросвязи является телеграфная связь. Греческое слово «телеграф» в переводе на русский означает «далеко пишу» или «пишу на расстоянии». Временем зарождения телеграфной связи принято считать 1832 г., когда русский ученый П. Л. Шиллинг создал и испытал первый в мировой практике работоспособный образец электромагнитного телеграфного устройства. Он же разработал первые телеграфные коды. Американец С. Морзе в 1837 г. изобрел электромагнитный телеграфный аппарат, а в 1838 г. — телеграфный код, называемый телеграфным кодом Морзе и применяемый до сих пор. Большой вклад в развитие телеграфии внесли также советские ученые и изобретатели — Г. В. Дашкевич, А. Ф. Шорин, Л. Н. Трель и др. Усилиями ученых и инженеров разных стран в настоящее время созданы и успешно используются электронные буквопечатающие телеграфные аппараты, отличающиеся высоким качеством работы и надежностью.

Почтенный возраст и у факсимильной связи. «Факсимиле» — латинское слово, означающее «сделать подобное». Первый факсимильный аппарат, изобретенный в 1855 г. итальянским физиком Дж. Казелли, способный передавать на расстояние неподвижные изображения, получил применение в странах Европы, в том числе и в России. Первая факсимильная связь между Петербургом и Москвой была организована в 1866—1868 гг. В настоящее время наша страна имеет разветвленную факсимильную сеть, позволяющую передавать текст газет, метеокарты, чертежи по каналам электрической связи.

Немного позднее появилась телефонная связь. Слово «телефон» в переводе с греческого означает «звук из далека». Впервые устройства, преобразующие звуковые сообщения в электрический сигнал и обратно, были изобретены американским ученым А. Г. Беллом. Именно это событие, происшедшее в 1876 г., принято считать зарождением телефонной связи. Однако и самому изобретателю и инженерам других стран мира пришлось еще очень много поработать, прежде чем телефонная связь превратилась в один из самых распространенных видов электрической связи.

Первоначально передача сигналов электросвязи осуществлялась исключительно по металлическим проводам. Однако прокладка проводов для связи является процессом весьма трудоемким и дорогостоящим. К тому же не везде провода можно проложить. Во второй половине XIX века наука теоретически доказала существование электромагнитных волн, способных распространяться в открытом пространстве с огромной скоростью. Практическое использование этих волн блестяще реализовал русский ученый А. С. Попов, который впервые с помощью специальных устройств передал электрические сигналы не по проводам, а по радиоканалу. Это событие произошло 7 мая 1895 г. Этот день ежегодно отмечается как День Радио. Появление радиоканала явилось условием создания нового вида электросвязи, получившего название звукового вещания. Первые радиовещательные программы в нашей стране были переданы в 1922 г. По радиоканалам можно после преобразования передавать сигналы всех видов электросвязи. В настоящее время все жители нашей страны имеют возможность принимать программы звукового вещания. Сеть радиовещательных станций является самой мощной в мире.

Телевизионное вещание как вид электросвязи появилось в начале XX века. Слово «телевидение» («теле» — «расстояние» и «видео» — «видение») означает «видение на расстоянии». Своим появлением телевидение во многом обязано русскому ученому Б. Л. Розингу, который в 1911 г. впервые на практике осуществил телевизионную передачу. Регулярные телевизионные передачи в нашей стране начались в середине 30-х годов текущего столетия. Сегодня СССР располагает крупнейшей в мире национальной сетью телевизионного вещания, обеспечивающей передачу нескольких телепрограмм.

Остальные виды электросвязи — передача данных, передача газет и видеотелефонная связь — являются разновидностями соответственно телеграфной, факсимильной и телевизионной связи. Они появились в середине нашего века.

Говоря об истории развития электросвязи, следует сказать об основной ее проблеме — проблеме каналов. Наиболее надежными и качественными каналами являются проводные. Раньше каждый канал организовывался по отдельной линии связи (т. е. по паре проводов, образующих электрическую цепь), что делало его наиболее дорогим элементом систем электросвязи. Поэтому развитие электросвязи в целом всегда зависело от успехов в создании линий повышенной пропускной способности. Проблема повышения эффективности использования линий связи актуальна и в наши дни, несмотря на то, что разработаны методы и различные системы, обеспечивающие возможность одновременной передачи многих тысяч сигналов по одной линии. В ближайшие годы ожидается появление многоканальных систем для одновременной передачи сотен тысяч и миллионов сигналов по линии связи.

Глава 6. СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Каждый вид электросвязи реализуется с помощью определенной системы, обеспечивающей передачу на расстояние конкретных сообщений. Поэтому в электросвязи существуют системы: телефонной, телеграфной, факсимильной, видеотелефонной связи, пере-

дачи газет, передачи данных, а также звукового и телевизионного вещания. Состав и схемы этих систем определяются характером и видом передаваемых сообщений. Системы электросвязи, в которых в результате прямого преобразования сообщений получается непрерывный (аналоговый) сигнал (см. рис. 5.2, а), называются непрерывными, или аналоговыми системами. Системы телефонной, факсимильной, видеотелефонной связи, звукового и телевизионного вещания относятся к непрерывным системам. Условное преобразование сообщения в сигнал (кодирование) — признак системы для передачи дискретных сигналов (см. рис. 5.2, б). Такими в электросвязи являются системы телеграфной связи и передачи данных.

Телефонные, телеграфные, видеотелефонные системы и системы передачи данных обеспечивают одновременную двухстороннюю передачу сообщений между абонентами, т. е. позволяют вести переговоры. Для этого каждый абонент должен иметь как передатчик, так и приемник, связанные между собой двумя каналами связи, один из которых обеспечивает передачу сигналов в одном направлении, а другой — в другом (обратном) направлении. Упрощенная структурная схема таких систем приведена на рис. 6.1. Как видно из рисунка, система состоит из двух подсистем, каждая из которых обеспечивает передачу сообщений в одном направлении.

Системы звукового и телевизионного вещания, а также передачи газет обеспечивают одностороннюю передачу сообщений, предназначенных одновременно для большого числа абонентов. Каждый слушатель или группа слушателей, находящиеся у одного приемника, пользуется «своей» системой связи, состоящей из передатчика, канала связи и приемника. При этом передатчик является общим элементом одновременно для многих систем. Общее число систем соответствует числу приемников.

6.2. СИСТЕМЫ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ НЕПРЕРЫВНЫХ СООБЩЕНИЙ

Системы телефонной связи

Системы телефонной связи предназначены для передачи на расстояние звуковых (акустических) сообщений, создаваемых

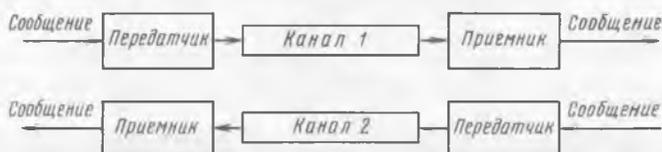


Рис. 6.1. Упрощенная структурная схема системы электросвязи для передачи индивидуальных сообщений

голосовыми связками и воспринимаемых органом слуха (ухом) человека. Поэтому в качестве передатчиков используются устройства, которые преобразуют звуковые колебания, происходящие в воздушном пространстве, в электрические сигналы, передаваемые на расстояние. Такие акустоэлектрические преобразователи называются микрофонами.

В телефонных системах чаще всего применяются угольные микрофоны, в которых основным функциональным элементом является угольный порошок, заполняющий пространство между двумя электродами. Один из электродов неподвижен, второй совместно с мембраной совершает колебательные движения, соответствующие изменению звукового давления. При этом изменяется плотность порошка, что приводит к определенному изменению его электрического сопротивления. В результате по цепи будет протекать электрический ток — сигнал, параметры которого будут изменяться аналогично изменению параметров звукового сообщения.

Приемник в системе телефонной связи выполняет обратное преобразование электрических сигналов в звуковые колебания. Такой электроакустический преобразователь называется телефоном. В телефоне имеются электромагнит, состоящий из сердечника с обмоткой, и подвижный элемент — металлическая мембрана. На обмотку подается сигнал, под влиянием которого создается магнитное поле, притягивающее мембрану к сердечнику. Сигнал непрерывно меняется, и мембрана совершает колебательные движения. Эти движения мембраны приводят к колебаниям частиц окружающего воздуха, которые воспринимаются ухом человека как звук.

Для удобства пользования микрофоны и телефоны конструктивно объединены в общий корпус, называемый микротелефоном.

Кроме микрофона и телефона, являющихся основными элементами системы, у каждого абонента имеется ряд вспомогательных устройств, необходимых для удобства подключения, вызова и сигнализации. Основные и вспомогательные элементы, которыми пользуется абонент, конструктивно составляют телефонный аппарат. Современные телефонные аппараты весьма разнообразны. Они отличаются типами микрофонов, телефонов, номеронабирателей, а также формой корпуса аппарата.

Каналы связи в системах телефонной связи образуются совокупностью устройств и среды распространения, обеспечивающих прохождение сигналов от одного телефонного аппарата к другому.

Система звукового вещания

Системы звукового вещания обеспечивают одностороннюю передачу звуковых сообщений (речи, музыки) от источника до большого числа слушателей, рассредоточенных в пространстве. В за-

висимости от технических средств, используемых для этого, различают системы радиовещания и проводного вещания. В первом случае сигналы передаются по радиоканалу, в котором средой распространения является открытое пространство. Радиоканал образуется с помощью специальных устройств, основными из которых являются радиопередатчик, передающая антенна, приемная антенна и радиоприемник.

Радиопередатчик преобразует первичный низкочастотный сигнал на выходе микрофона в высокочастотный сигнал, излучаемый передающей антенной в окружающее пространство в виде электромагнитных волн. В принципе можно получить излучение при любой частоте (т. е. при любой длине волны), однако для эффективного излучения отношение линейного размера (высоты) антенны к длине волны должно быть порядка единицы. Для низких частот это приводит к технически неприемлемым размерам антенн. Действительно, верхняя граница спектра первичного сигнала на выходе микрофона не превышает 15 ... 20 кГц, что соответствует длинам волн 15 ... 20 км. Поэтому в системах радиовещания применяются высокие частоты, позволяющие получить эффективное излучение при помощи антенн приемлемых размеров.

Под воздействием поля излучения в приемной антенне возникает высокочастотный ток, характер изменения которого повторяет закон изменения высокочастотного сигнала. В радиоприемнике из высокочастотного сигнала после соответствующей обработки выделяется первичный (исходный) сигнал. Далее низкочастотный первичный сигнал преобразуется громкоговорителем в звуковое сообщение. В индивидуальных радиоприемниках широко применяется электродинамический громкоговоритель. Он имеет магнитную систему и подвижную проволочную катушку, соединенную с диффузором — рупорообразным устройством, изготовленным из специальных сортов бумаги. Низкочастотный сигнал, проходя через катушку, создает магнитное поле, которое взаимодействует с полем постоянного магнита. В результате такого взаимодействия катушка приходит в движение, заставляя колебаться диффузор. Колебания диффузора приводят к колебаниям воздуха, воспринимаемым ухом как звук. Приемная антенна и радиоприемник вместе с громкоговорителем часто объединены в один аппарат, называемый радиоприемным устройством. В быту это устройство просто называют радиоприемником.

В системах проводного вещания сигналы звукового вещания доставляются до слушателей по так называемым проводным каналам, использующим в качестве среды распространения специальные направляющие устройства — проводные линии передачи. Иногда часть канала реализуется радиотехническими средствами, а часть — проводными. При этом сообщения также преобразуются в сигнал с помощью микрофона, устанавливаемого в специальных помещениях — студиях. Приемниками являются абонентские

громкоговорители, устанавливаемые непосредственно в квартирах слушателей. Передача сигналов между микрофоном и приемником осуществляется по проводам, проходящим через специальные узлы проводного вещания.

Системы факсимильной связи

Сообщения, передаваемые по системам факсимильной связи, представляют собой неподвижные изображения, выполненные на специальных носителях определенного формата (бумаге, пленке и др.). Различные участки поверхности носителей (бланков) имеют разные коэффициенты отражения света и по-разному воспринимаются глазами. Сочетание светлых и темных участков поверхности бланка воспринимается человеком как изображение. Информационным параметром изображений является коэффициент отражения, определяемый как отношение светового потока, отраженного от участка изображения, к потоку, падающему на этот участок. Изменение коэффициента отражения при переходе от одного участка изображения к другому в общем случае имеет непрерывный характер.

Передатчик системы факсимильной связи преобразует неподвижное изображение в электрический сигнал. Основным элементом передатчика является фотоэлектрический преобразователь. Для преобразования используются физические явления, происходящие в некоторых веществах под действием падающего на них светового потока: внутренний или внешний фотоэффект. Внутренний фотоэффект проявляется, например, в изменении электропроводности некоторых веществ под влиянием светового потока. Суть внешнего фотоэффекта заключается в испускании электронов некоторыми веществами под действием светового потока. Световой поток как бы «выбивает» электроны с поверхности некоторых материалов. Количество испускаемых электронов пропорционально интенсивности светового потока. В результате около освещенной поверхности образуется «облачко» электронов. Фотоэлектрические преобразователи, использующие это явление, называются фотоэлементами.

Фотоэлемент (рис. 6.2) имеет два электрода, помещенных в стеклянный баллон, из которого откачен воздух. Электроды могут быть различными по конструкции. На рисунке они изображены в виде плоских металлических пластин, расположенных параллельно друг другу в вакуумном пространстве баллона. Один из электродов (фотокатод) покрыт слоем вещества, обладающего свойством внешнего фотоэффекта. Если к электродам подключить источник ЭДС так, чтобы «—» был соединен с фотокатодом, а «+» со вторым электродом (анодом), то заряженные отрицательно электроны будут двигаться от катода к аноду. Это направленное движение электронов замыкается по цепи фотоэлемента и пред-

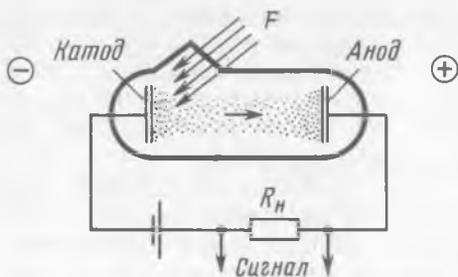


Рис. 6.2. Фотозлемент

ставляет собой электрический ток (фототок), величина которого пропорциональна интенсивности светового потока, падающего на фотокатод. Фототоки в цепях фотоэлементов очень слабы, поэтому их необходимо усиливать. Более мощными фотоэлектрическими преобразователями являются фотоэлектронные умножители (ФЭУ), широко применяемые в современных факсимильных системах связи.

Преобразование изображений в электрический сигнал с помощью фотоэлектрических преобразователей выполняется поэлементно. Для этого поверхность бланка с изображением разбивается на большое число маленьких участков, называемых элементарными площадками (рис. 6.3). Размеры площадок выбираются с таким расчетом, чтобы отражательная способность в их пределах была однородной, т. е. характеризовалась одним значением коэффициента отражения. Далее элементарные площадки поочередно освещаются источником света через специальные линзы. Световой поток, отраженный от каждой площадки, собирается с помощью объектива и направляется на фотокатод фотоэлектрического преобразователя. В цепи преобразователя при этом будет протекать электрический ток, пропорциональный коэффициенту отражения площадки. Подобным образом получают сигналы поочередно от всех элементарных площадок изображения. Последовательность преобразования обеспечивается с помощью специальных разvertyвающих устройств. В результате в цепи фотоэлектрического преобразователя получается изменяющийся во времени сигнал $u(t)$. Такое поэлементное и последовательное преобразование изображения в сигнал называется анализом изображения. Соответственно, передатчик факсимильной системы (рис. 6.4) называется анализирующим устройством.

Анализирующее устройство состоит из светооптической системы, фотоэлектрического преобразователя ФЭП и разvertyвающего устройства. Светооптическая система служит для вы-

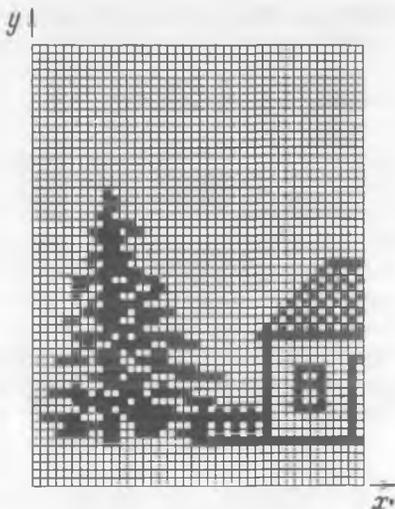


Рис. 6.3. Разложение изображения на элементарные площадки

деления элементарных площадок изображения путем их отдельного освещения и концентрации отраженных от площадок лучей на светочувствительном элементе ФЭП. Она содержит источник света ИС, конденсор L_1 и объектив L_2 . С выхода ФЭП сигнал поступает в канал связи. Развертывающее устройство обеспечивает последовательность преобразования световых потоков, отраженных от элементарных площадок изображения. На рисунке изображено развертывающее устройство барабанного типа. Бланк с изображением укрепляется на цилиндрической поверхности барабана, совершающего вращательное (вокруг оси) и поступательное (вдоль оси) движения, благодаря чему и осуществляется развертка изображения.

В современных системах факсимильной связи применяются различные способы преобразования электрического сигнала в изображение. Их можно разбить на три группы.

К первой группе относятся способы, использующие для получения изображения различного рода пишущие устройства (карандаши, ролики, шарики, трубочки и т. д.), способные оставлять след на бумаге. При этом работой пишущего устройства управляет сигнал, обеспечивая касание пишущего элемента с определенными участками бланка.

Вторую группу составляют способы, использующие для получения изображений различные физические или химические процессы, происходящие в специальных бумагах под действием электрического тока (сигнала). При этом изменяются отражательные свойства участков бланка. Те участки, через которые протекал большой ток, становятся более темными и т. д.

К третьей группе относятся способы, в которых процесс преобразования сигнала в изображение состоит из двух этапов. Вначале электрический сигнал, получаемый из канала, преобразуется в световой сигнал, который затем фиксируется на светочувствительном материале.

При всех способах воспроизведение изображений выполняется поэлементно и последовательно. Такой процесс получения изображений называется синтезом, а устройство — синтезирующим (см. рис. 6.4). На рисунке показано синтезирующее устройство, отно-

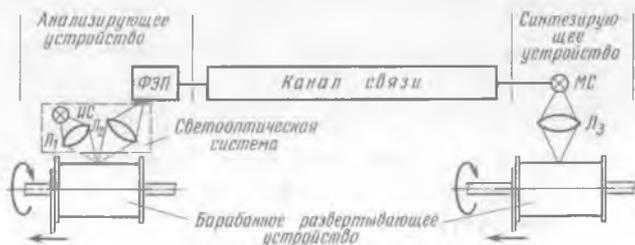


Рис. 6.4. Структурная схема факсимильной связи

сящееся к третьей группе. Оно состоит из модулятора света (МС), объектива (L_3) и развертывающего устройства барабанного типа. Модулятор света (МС) — это источник света, яркость которого пропорциональна величине проходящего через него тока (сигнала). Световой поток от МС собирается и фокусируется объективом на участке светочувствительного материала (фотобумаге, фотопленке и др.), закрепленного на поверхности барабана, совершающего движение, аналогичное и согласованное с движением барабана анализирующего устройства.

Системы телевизионного вещания

Говоря о системе телевизионного вещания, будем иметь в виду, что речь идет о совокупности устройств, обеспечивающих доведение телевизионных программ от телецентра до одного из телезрителей. У других телезрителей, конечно, «свои» аналогичные системы.

Телевизионная связь предназначена для одновременной передачи оптических и звуковых сообщений, поэтому системы телевизионной связи содержат две подсистемы. Подсистема передачи звуковых сообщений практически не отличается от рассмотренной выше системы звукового вещания. Подсистема передачи оптических сообщений обеспечивает передачу подвижных изображений. Она, как и любая другая система электросвязи, состоит из трех основных элементов: передатчика, канала связи и приемника. Процесс преобразования подвижных изображений в сигнал и обратно не имеет принципиального отличия от процесса преобразования неподвижных изображений, но его практическая реализация существенно отличается. Эффект движения здесь, как и в кино, достигается благодаря быстрой смене неподвижных изображений (кадров). Как известно, на киноэкране за каждую секунду показывается 24 кадра. Благодаря инерционности зрения человек не замечает моменты смены кадров, и у него создается ощущение перемещения объектов изображения. Следовательно, преобразование подвижных изображений в сравнении с преобразованием неподвижных изображений должно происходить с гораздо большей скоростью развертки. Поэтому для преобразования подвижных изображений в сигнал и обратно применяются не механические, а электронные развертывающие устройства. Основными элементами преобразователей являются специальные электронно-лучевые трубки.

Упрощенная схема одной из передающих трубок (видикона) приведена на рис. 6.5. В стеклянном вакуумном баллоне трубки расположены два своеобразных электрода — электронный прожектор и мишень. Прожектор создает электронный луч, направленный в сторону мишени. Поперечное сечение луча формируется фокусирующей системой ФС. Направление луча, определяющее

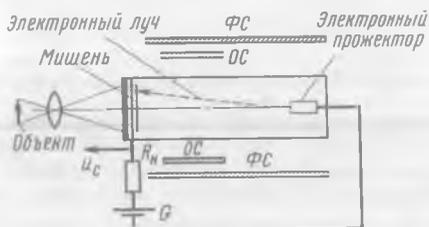


Рис. 6.5. Передающая телевизионная трубка (видикон)



Рис. 6.7. Приемная телевизионная трубка (киноскоп)

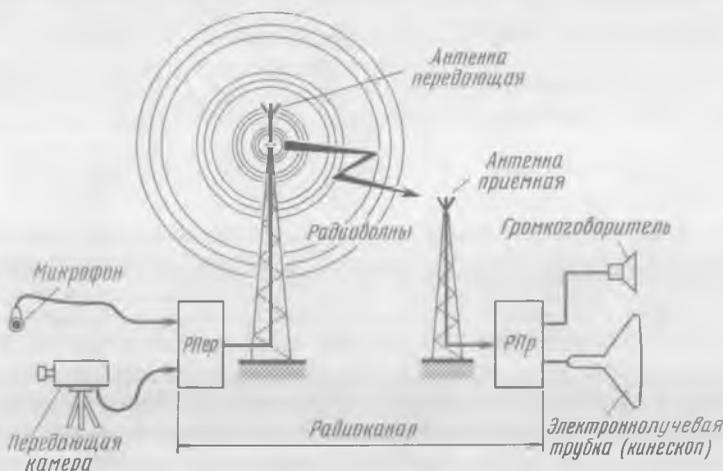


Рис. 6.6. Структурная схема системы телевизионного вещания

место его встречи с мишенью, задается отклоняющей системой ОС. Источник напряжения G , прожектор, электронный луч, мишень и нагрузка (резистор R_n) образуют электрическую цепь. Мишень имеет два слоя. Первый является прозрачным для света и обладает постоянной электропроводностью. Второй, обращенный к прожектору, изготавливается из вещества, обладающего внутренним фотоэффектом. Движущееся изображение проецируется на мишень с помощью объектива. При этом отдельные участки мишени освещены по-разному, а потому вследствие внутреннего фотоэффекта будут иметь разную электропроводность. Ток в цепи будет пропорционален электропроводности участка мишени, которого в данный момент касается электронный луч. Отклоняющая система трубки обеспечивает безынерционное перемещение электронного луча по горизонтали и вертикали. Тем самым обеспечивается последовательное преобразование лучистой энергии, отраженной от участков подвижного изображения, в сигнал, который принято называть видеосигналом.

Телевизионные сигналы, как правило, передаются по радиоканалу (рис. 6.6). Радиоканал содержит телевизионный радиопередатчик РПер, передающую антенну, среду распространения радиоволн, приемную антенну и телевизионный радиоприемник РПр. Спектр видеосигнала содержит низкие частоты и поэтому его невозможно передать в открытом пространстве. Преобразование видеосигнала в радиочастотный сигнал, способный излучаться передающей системой в окружающее пространство в виде радиоволн, осуществляется в телевизионном радиопередатчике.

На приемной стороне системы часть энергии радиоволн перехватывается приемной антенной, усиливается и вновь преобразуется в телевизионном радиоприемнике в видеосигнал. Для преобразования видеосигналов в сообщения используется свойство некоторых веществ светиться под воздействием падающего на них потока электронов. Такие вещества называются люминофорами. Яркость их свечения пропорциональна интенсивности падающего потока.

Упрощенная схема, поясняющая устройство приемной телевизионной трубки (кинескопа), приведена на рис. 6.7. Слой люминофора нанесен на внутреннюю поверхность широкой части стеклянного баллона. Электронный луч создается прожектором, формируется и ускоряется специальными электродами (на рисунке не показаны). Интенсивностью электронного луча управляет видеосигнал. Луч направляется на люминофор и высвечивает поэлементно строку за строкой. Движение луча по горизонтали и вертикали задается отклоняющей системой. Поскольку интенсивность луча изменяется в соответствии с изменением сигнала, яркость свечения каждой строки будет изменяться. Ввиду большой скорости перемещения луча по строкам и определенной инерционности зрения человек наблюдает на экране цельное оптическое изображение.

Устройства, обеспечивающие преобразование радиочастотных сигналов в электрические сигналы звуковых частот и видеосигналы, а также громкоговоритель и кинескоп конструктивно объединены в один аппарат, называемый телевизором.

6.3. СИСТЕМЫ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДИСКРЕТНЫХ СООБЩЕНИЙ

Системы телеграфной связи

Системы телеграфной связи предназначены для двухсторонней передачи дискретных сообщений (телеграмм). Они состоят из двух подсистем, как было показано на рис. 6.1. При этом на каждом конце системы необходимо иметь передатчик и приемник. Эти два устройства обычно конструктивно объединяются и образуют устройство, называемое оконечным телеграфным аппара-

том. Следовательно, телеграфная связь реализуется системой, состоящей из двух оконечных телеграфных аппаратов, соединенных каналом связи.

Как отмечалось в предыдущей главе, в системах передачи дискретных сообщений используется кодовый метод преобразования сообщения в сигнал и обратно. Смысл этого метода заключается в том, что знаки сообщения при передаче заменяются кодовыми комбинациями, составляемыми из определенных элементов. При этом каждому знаку сообщения соответствует своя комбинация. Совокупность всех используемых комбинаций составляет телеграфный код. Старейшим и наиболее известным является код Морзе, комбинации которого составляются из двух различных элементов — «точка» и «тире».

При использовании кодов передача сообщений сводится к передаче двух различных элементов кодовых комбинаций. Преобразование комбинации в сигнал осуществляется с помощью устройств, имеющих два устойчивых состояния. Простейшими двоичными устройствами являются контакты, последовательно замыкающие и размыкающие линейные электрические цепи. При замыкании цепи в канал подается токовый импульс, соответствующий одному элементу комбинации, например «1», а при размыкании (тока в цепи нет) — бестоковый импульс, соответствующий элементу «0». Дискретный сигнал, полученный таким образом, представляет собой комбинации токовых и бестоковых импульсов определенной длительности, последовательно передаваемых в канал связи.

Итак, процесс преобразования знаков сообщения в сигнал начинается с кодирования, в результате которого заменяются кодовыми комбинациями. Затем элементы комбинации последовательно преобразуются в элементы сигнала, т. е. в импульсы тока. Эти функции выполняются специальными устройствами передающей части оконечного телеграфного аппарата.

Приемник системы телеграфной связи выполняет обратное преобразование сигнала в сообщение в следующей последовательности. Вначале элементы сигнала поочередно принимаются, преобразуются в элементы кодовой комбинации и запоминаются. Затем определяется знак, соответствующий принятой кодовой комбинации, т. е. выполняется операция, обратная кодированию, называемая декодированием. Процесс приема заканчивается записью знака на бумаге. Все перечисленные операции выполняются специальными устройствами приемной части оконечных телеграфных аппаратов.

Системы передачи данных

Системы передачи данных не имеют принципиальных отличий от систем телеграфной связи. В них также используют условный



Рис. 6.8. Структурная схема системы передачи данных

(кодовый) метод преобразования сообщений в сигнал и обратно, а поэтому процесс передачи сообщений и устройства передатчика и приемника не отличаются от соответствующих элементов системы телеграфной связи. Однако, как отмечалось в гл. 5, системы передачи данных способны передавать дискретные сообщения значительно быстрее и точнее, т. е. обеспечивать более высокие скорость и качество передачи сообщений. Они гарантируют заданную верность передачи при любой практически необходимой скорости передачи сообщений. Это достигается благодаря использованию дополнительных устройств повышения качества передачи сообщений, которые конструктивно объединяются с передатчиками и приемниками систем передачи данных, образуя приемопередающие устройства, называемые аппаратурой передачи данных АПД. Одна часть АПД, выполняющая различные преобразования сигналов при передаче, размещается на передающем, а вторая, обеспечивающая прием, корректировку и другие преобразования сигналов и кодовых комбинаций, размещается на приемном конце системы передачи данных.

Устройства повышения качества передачи позволяют обнаруживать или даже исправлять ошибки в сообщениях, появляющиеся в процессе передачи. Системы передачи данных используют двухсторонний канал; обратный канал используется для борьбы с ошибками. На рис. 6.8 приведена схема системы передачи данных для передачи сообщений в одном направлении (слева направо).

6.4. НЕКОТОРЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Кроме перечисленных видов электросвязи существуют и широко применяются такие, которые реализуются своими особыми системами, отличными по устройству, принципу работы и назначению от всех описанных выше. К ним относятся системы телеметрии (телеизмерений), телесигнализации, телеуправления, радиолокации, радионавигации и др.

Системы телеметрии предназначены для выполнения следующих операций: измерения параметров, характеризующих различные процессы, происходящие во вредных средах, в недоступных местах или на удаленных объектах; передачи сообщений о результатах измерений; приема, накопления, обработки и выдачи данных для использования. Объектами телеметрии могут быть, например, космические корабли, а измеряемыми параметрами — давление, температура, состав

среды, физические и биологические данные космонавтов, технические характеристики устройств корабля. Передатчики систем телеметрии представляют собой автоматические датчики, способные измерять и преобразовывать измеряемый параметр в электрический сигнал. При передаче таких сигналов, как правило, используются телеграфные коды. Сигналы передаются по типовым проводным и радиоканалам связи. В приемных пунктах данные либо сразу вводятся в ЭВМ, либо фиксируются регистрирующими устройствами. Системы телеметрии приспособлены для односторонней передачи информации от датчика в пункт сбора и обработки данных, являющихся общими для многих систем.

Системы телесигнализации и телеуправления предназначены для передачи специальных сообщений — приказов на отдаленные или недоступные объекты из центра управления. Сообщения при этом имеют дискретный характер и представляются собой, как правило, цифровые данные. В передатчиках этих систем сообщения с помощью кодов преобразуются в дискретные сигналы, передаваемые по каналу связи. Приемники в соответствии с принятыми сигналами производят автоматическое включение устройств, выполняющих определенные функции по сигнализации, регулированию, настройке и управлению различными процессами.

Системы телеметрии, телесигнализации и телеуправления часто работают взаимосвязано, образуя комплексы, получившие названия автоматизированных систем управления АСУ. Сегодня автоматизированные системы управления имеют самое широкое применение на различных уровнях управления народным хозяйством страны. Существуют АСУ предприятий, объединений, отраслей и общегосударственная АСУ.

Электросвязь широко используется для обнаружения неподвижных и подвижных объектов при отсутствии видимости или большой удаленности, для наблюдения, измерения и исследования параметров движения или процессов, происходящих на объектах. Это направление развития электросвязи получило название радиолокации. Без радиолокации сегодня немыслимы службы управления движением самолетов, судов, космических объектов, без нее не может обходиться метеослужба и т. д. Принцип радиолокации основан на приеме отраженных от наблюдаемых объектов радиоволн, излучаемых передатчиком. Излучение и прием радиоволн производятся остроуправленной антенной. При этом положение антенны будет указывать направление на цель (объект), а дальность до цели будет определяться скоростью распространения радиоволн ($3 \cdot 10^8$ м/с) и временем, прошедшим с момента излучения импульса до приема отраженной волны. Именно эти отраженные волны фиксируются приемной частью радиолокационной системы и используются для получения нужной информации. Для анализа и обработки

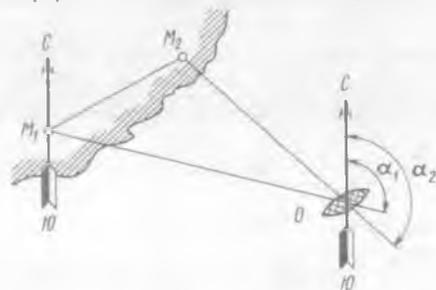


Рис. 6.9. Принцип радионавигации

информации часто используются вычислительные машины, сопрягаемые с радиолокатором.

Электросвязь применяется также для определения кораблями, самолетами и другими объектами своего местоположения на поверхности Земли или в космосе. Эти задачи выполняют специальные системы электросвязи, называемые радионавигационными. Они состоят из двух или нескольких стационарных и постоянно работающих радиопередающих станций с известными координатами расположения, называемых радиомаяками. Бортовые радиоприемные и другие устройства по сигналам, принимаемым от радиомаяков, определяют местоположение подвижного объекта. Например объекту 0, изображенному на рис. 6.9, для определения своего положения относительно радиомаяков M_1 и M_2 достаточно определить величины углов α_1 и α_2 .

Во многих отраслях народного хозяйства применяются специальные промышленные телевизионные системы, улучшающие условия, обеспечивающие безопасность и повышение производительности труда. Расширяется применение специальных телевизионных систем в медицине и других областях науки и техники.

Глава 7. СЕТИ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

7.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СЕТЕЙ

В наши дни каждый человек пользуется теми или иными услугами электросвязи: слушает радио, смотрит телевизионные передачи, разговаривает по телефону, отправляет и получает телеграммы и т. д. В любом случае услуга электросвязи заключается в передаче сообщения на расстояние. Отправителями (источниками) и получателями (потребителями) сообщений являются люди или устройства, обслуживаемые людьми, например ЭВМ. Для передачи каждого сообщения нужна система электросвязи в виде совокупности определенных технических устройств (средств). Систем электросвязи, а следовательно, и технических средств требуется очень много, поскольку речь идет о возможности предоставления услуг электросвязи всем желающим. Например, каждый радиослушатель пользуется «своей» системой электросвязи, состоящей из многих различных устройств. Количество подобных систем равно числу индивидуальных радиоприемников. В рассматриваемом примере передаваемое звуковое сообщение предназначено одновременно большому числу слушателей, поэтому передающая часть таких систем является общей для этих слушателей. Аналогичная ситуация имеет место в телевидении, где количество «индивидуальных» систем электросвязи для передачи и приема телевизионных программ определяется числом телевизионных приемников. Для каждого телефонного разговора также нужна система электросвязи, обеспечивающая передачу и прием речевых сообщений. Сколько же нужно таких систем, чтобы удовлетворить всех желающих поговорить по телефону? По-видимому очень много!

Создание системы для любого вида электросвязи предполагает организацию канала электросвязи между пунктами передачи и приема сообщения и подключение к нему конечных абонентских устройств. Для выполнения этих операций используется специальная аппаратура коммутации, позволяющая образовать тракт для передачи электрических сигналов.

Совокупность технических средств, обеспечивающих передачу и распределение сообщений, образует сеть электросвязи. В зависимости от вида электросвязи сети присваивается название телефонной, телеграфной, передачи данных, передачи газет, звукового вещания, телевизионного вещания.

Часть сетей предназначена для передачи сообщений, имеющих частный, индивидуальный характер, т. е. сообщений, представляющих интерес только для отдельных людей. К таким сетям относятся телефонная, телеграфная, факсимильная и передачи данных.

Сети звукового и телевизионного вещания, а также передачи газет обеспечивают передачу сообщений, имеющих массовый характер, т. е. представляющих интерес одновременно для большого числа людей.

Сети электросвязи в большинстве случаев являются сетями общего пользования в том смысле, что каждый человек может использовать их для передачи и приема или только приема различных сообщений.

7.2. СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СООБЩЕНИЙ

Сети передачи индивидуальных сообщений объединяют огромное число различных технических устройств, расположенных по большой территории. Телефонная сеть, например, объединяет многие миллионы телефонных аппаратов, десятки тысяч километров линий связи, большое количество каналообразующей и коммутационной аппаратуры и много другого специального оборудования, расположенного на территории всей страны. Сотни тысяч телеграфных аппаратов и множество различного оборудования объединяет телеграфная сеть, также охватывающая всю территорию страны. Значительно меньше по своим масштабам сети передачи данных и факсимильной связи.

К сетям передачи индивидуальных сообщений предъявляются определенные требования. Важнейшим из них является требование, предъявляемое теми, кто пользуется услугами этих сетей,— абонентами. Оно заключается в том, что сеть должна обеспечить каждому абоненту возможность в удобное для него время связаться с любым другим абонентом и передать определенное сообщение. Для выполнения этого требования сеть должна быть построена по определенному принципу. Один из принципов построения, называемый «каждый с каждым», показан на рис. 7.1, а. В этом случае сеть состоит из пунктов А и соединительных линий СЛ, связывающих все пункты между собой. В пунктах сети размещаются оконечные абонентские устройства систем электросвязи, поэтому эти пункты называются оконечными, или абонентскими. Соединительные линии выполняют роль каналов электросвязи между оконечными устройствами. Каждый абонент такой сети имеет постоянную и прямую связь со всеми другими абонентами. Сеть, построенная по принципу «каждый с каждым», надежна, отличает-

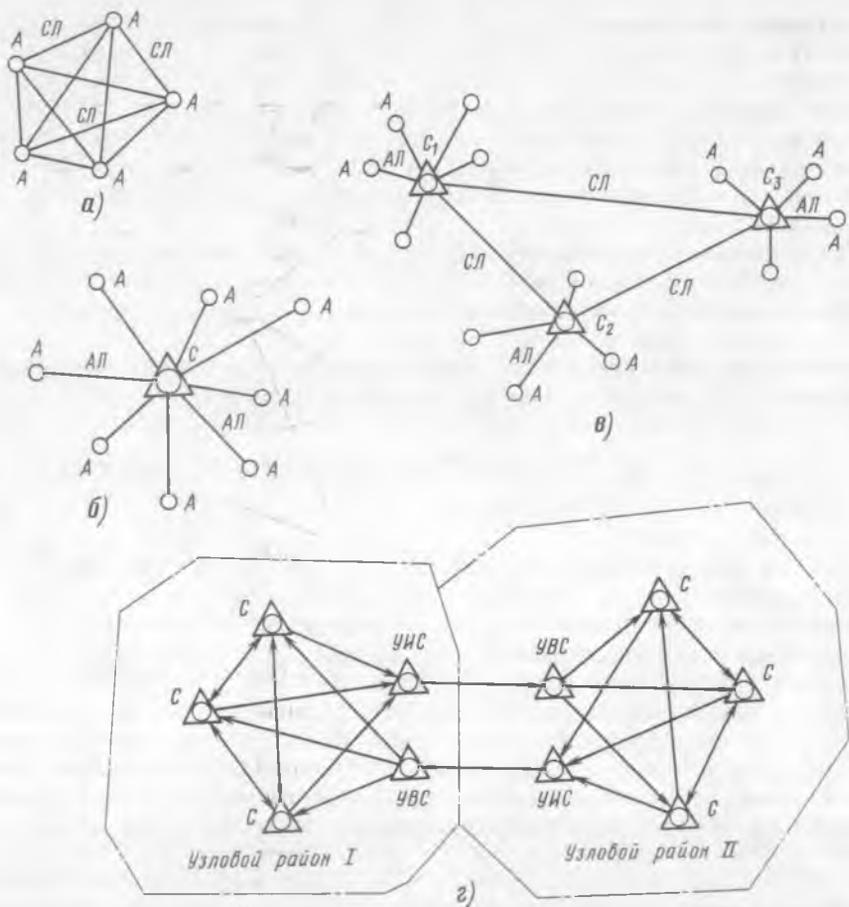


Рис. 7.1. Принципы построения сетей передачи индивидуальных сообщений: а — «каждый с каждым»; б — радиальный; в — радиально-узловой; г — радиально-узловой с узловыми районами.

ся оперативностью и высоким качеством передачи сообщений. Однако на практике она применяется только при небольшом числе абонентов. Объясняется это тем, что с ростом числа абонентских пунктов быстро растет число и суммарная длина соединительных линий сети. В результате сеть становится громоздкой, а ее стоимость непомерно высокой.

Другой принцип построения сети для передачи индивидуальных сообщений, называемый радиальным, показан на рис. 7.1, б. Сеть, построенная таким образом, иначе называется звездочкой. Такая сеть имеет много абонентских пунктов А и один узловой пункт С. На оконечных пунктах установлены абонентские устройства, а на узловом — станция коммутации, к которой с

помощью абонентской линии АЛ подключается аппаратура каждого оконечного пункта. Станция коммутации представляет собой совокупность устройств, выполняющих электрическое соединение абонентских линий. Каждое соединение позволяет создать систему электро-связи для передачи сообщений между соответствующими абонентами.

Радиальный принцип построения сети используется также при ограниченном числе оконечных пунктов, расположенных на небольшой территории. Если число абонентов велико или они рассредоточены на большой территории, резко возрастает стоимость линейных сооружений из-за увеличения средней длины абонентских линий.

На рис. 7.1, в приведена схема построения сети, имеющей три станции коммутации C_1, C_2, C_3 , к каждой из которых с помощью абонентских линий подключены абонентские аппараты близко расположенных абонентов. Аппарат каждого абонента является оконечным пунктом сети. Каждый аппарат подключен только к одной станции. Все станции между собой связаны соединительными линиями по принципу «каждый с каждым». Структура сети позволяет устанавливать соединения между любыми абонентами через одну или две станции. Подобную структуру имеют, например, телефонные сети многих городов, если число абонентов в них (емкость сети) не превышает 80 ... 90 тыс. При этом число станций не превышает десяти.

Телефонные сети крупных городов обычно имеют несколько групп телефонных станций, подобных рассмотренной. Каждая группа станций обслуживает определенный район города, называемый узловым. При этом связь между абонентами разных узловых районов осуществляется через специальные узлы. На рис. 7.1, г приведена одна из возможных схем построения сети с двумя узловыми районами. С целью упрощения рисунка не показаны абонентские пункты сети, связанные со станциями по радиальному принципу. Телефонные станции внутри каждого узлового района

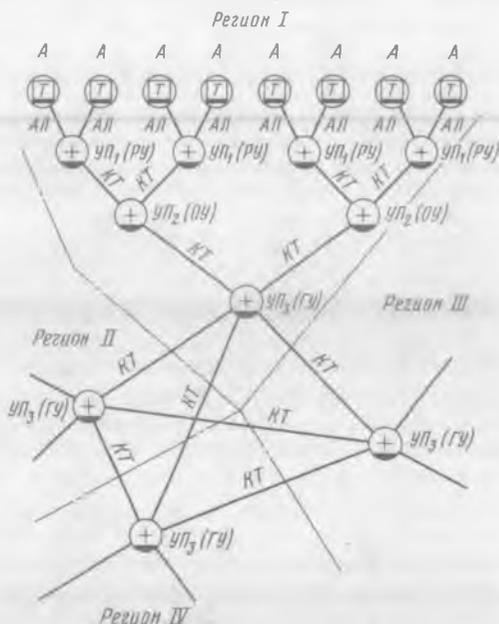


Рис. 7.2. Сеть телеграфной связи

связаны по принципу «каждый с каждым». Связь между узловыми районами проходит через специальные станции — узлы исходящих УИС и входящих УВС сообщений. Такой принцип построения сетей электросвязи со станциями нескольких уровней, взаимодействующих друг с другом определенным образом, получил название радиально-узлового. Абоненты разных районов устанавливают связь между собой через несколько промежуточных станций.

Телеграфные сети также строятся по радиально-узловому принципу с учетом административно-территориального деления страны (рис. 7.2). Оконечными пунктами А телеграфной сети являются либо отделения связи, либо телеграфные абоненты, располагающие телеграфной аппаратурой. Функции узловых пунктов УП выполняют телеграфные станции коммутации. Сеть имеет узловые пункты трех уровней. Узловые пункты первого уровня УП₁ организуются в каждом административном районе и поэтому называются районными узлами РУ. Все оконечные пункты, расположенные на территории района, подключены с помощью абонентских линий к УП₁ (РУ). Узловые пункты второго уровня УП₂ организуются, как правило, в областных центрах и называются областными узлами ОУ. Все УП₁ (РУ) имеют каналы телеграфной связи КТ с УП₂ (ОУ). Функции узловых пунктов третьего уровня (УП₃) выполняют главные узлы ГУ сети, организуемые в регионах, охватывающих несколько областей. Все УП₂ (ОУ), находящиеся на территории региона, имеют каналы телеграфной связи со своим УП₃ (ГУ). Главные узлы телеграфной сети соединены между собой каналами телеграфной связи по принципу «каждый с каждым». При таком принципе построения сети телеграфные сообщения проходят через один — шесть промежуточных узловых пунктов.

Сеть передачи данных имеет в целом такую же структуру построения, как и телеграфная. Более высокие требования, предъявляемые к качеству передачи данных, вынуждают применять более сложную аппаратуру на оконечных и узловых пунктах.

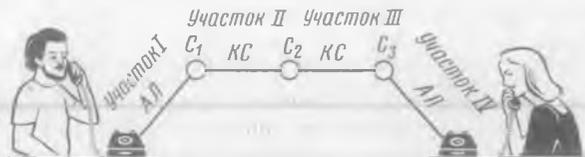
Факсимильные сети строятся на базе телефонной сети.

Таким образом, сети, предназначенные для передачи индивидуальных сообщений, строятся в основном по радиально-узловому принципу, обеспечивающему наименьшую стоимость создания сети и высокую эффективность использования сложных и дорогостоящих средств электросвязи.

7.3. АЛГОРИТМ ПЕРЕДАЧИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СООБЩЕНИЙ. СПОСОБЫ КОММУТАЦИИ

В процессе передачи телефонных сообщений непосредственное участие принимают люди (абоненты), ведущие переговоры. Очевидно, это возможно лишь в том случае, если телефонные аппараты этих абонентов, расположенные на разных оконечных пунктах

Рис. 7.3. Тракт передачи телефонных сообщений



сети, связаны каналом связи или общей электрической цепью независимо от того, через сколько узловых пунктов проходит связь. Как отмечалось выше, для абонентов одного города число промежуточных узлов может быть от одного до трех, для иногородних абонентов их может быть и больше, так как в этом случае добавляются междугородные телефонные станции городов. Электрическая цепь (канал), состоящая из нескольких участков и обеспечивающая передачу сигналов между двумя абонентами, называется соединительным трактом.

Тракт передачи телефонных сообщений, состоящий из четырех участков с (I... IV) с тремя станциями показан на рис. 7.3. Как видно из рисунка, для создания общей электрической цепи (прямого канала) между абонентами на каждой станции необходимо обеспечить электрическое соединение цепей (каналов). Так, на станции C_1 АЛ вызывающего абонента необходимо соединить с каналом связи КС в направлении станции C_2 , на C_2 соединить этот канал связи с каналом связи, идущим на C_3 , а на C_3 канал связи, проходящий с C_2 , соединить с АЛ вызываемого абонента. В результате всех соединений создается тракт, связывающий непосредственно аппараты двух абонентов.

Основная функция узловых пунктов сети заключается в соединении электрических цепей для создания трактов передачи телефонных сообщений. Процесс поиска и соединения цепей называется коммутацией каналов, или просто коммутацией. Коммутация выполняется специальным оборудованием, называемым станцией коммутации, или телефонной станцией.

Таким образом, процесс передачи телефонных сообщений состоит из двух этапов. На первом этапе передача начинается с установления соединения между абонентами, т. е. с создания тракта передачи. Этот этап на современных станциях выполняется автоматически под управлением сигналов от номеронабирателя телефонного аппарата. Второй этап — непосредственно передача сообщений (телефонный разговор). После окончания переговора тракт разрушается.

Телеграфные сообщения (телеграммы) при передаче от одного оконечного пункта к другому также проходят несколько промежуточных узловых пунктов. Возможны два варианта передачи телеграмм между оконечными пунктами. Один из них не отличается от передачи телефонных сообщений: на первом этапе устанавливается прямое соединение между оконечными пунктами, а на втором происходит передача сообщений. Сеть, работающая по такому принци-

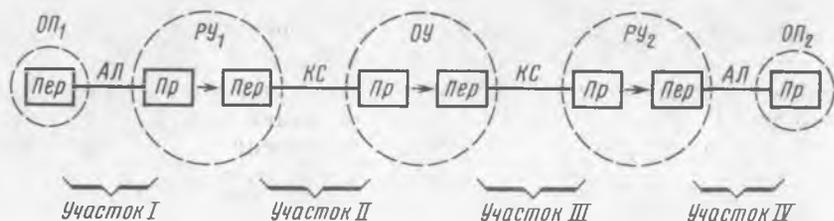


Рис. 7.4. Схема поэтапной передачи телеграфных сообщений

пу, называется сетью с коммутацией каналов. Основным оборудованием узловых пунктов таких сетей являются телеграфные станции коммутации каналов.

Благодаря некоторым особенностям телеграфной связи на сети возможен и другой вариант передачи телеграмм. Первая особенность связана с тем, что в процессе передачи не принимают непосредственного участия ни отправитель, ни получатель телеграммы. Вторая особенность — документальность сообщений. Эти обстоятельства позволяют использовать поэтапную передачу телеграмм, при которой отпадает необходимость организации прямой связи (канала) между двумя оконечными пунктами ОП. Схема поэтапной передачи телеграмм в направлении от ОП₁ к ОП₂ приведена на рис. 7.4. В этом случае на узловых пунктах устанавливается приемная Пр и передающая Пер телеграфная аппаратура, входящая в состав постоянно действующих систем телеграфной связи. Последовательность передачи телеграмм при этом будет следующей: телеграмма с ОП₁ передается на районный узел РУ₁ с помощью передатчика, приемника и абонентской линии. Здесь она прочитывается и переносится на рабочее место для передачи на второй узел, например ОУ, и передается дальше сразу же, а при занятости канала — после его освобождения. В свою очередь на ОУ телеграмма принимается, прочитывается, переносится на рабочее место передачи и передается на узел РУ₂ и т. д. до ОП₂.

Таким образом, на каждом узловом пункте производится прием телеграмм. Выбор нужного направления передачи в простейшем случае осуществляется путем переноса телеграммы с рабочего места приема на соответствующее рабочее место передачи в пределах помещения аппаратного зала узлового пункта. Такой способ выбора направления и передачи телеграмм называется коммутацией сообщений. Совокупность оборудования, обеспечивающего переприем телеграмм на узловом пункте, называется станцией коммутации сообщений.

В зависимости от формы и степени участия человека способ коммутации сообщений может быть ручным, полуавтоматическим и автоматическим. В последнем случае оборудование, выполняющее эти операции, называется центром коммутации сообщений ЦКС. В современных ЦКС весь процесс переприема

осуществляется автоматически под управлением специальных ЭВМ. На современных сетях телеграфной связи и передачи данных широко используется как коммутация каналов, так и коммутация сообщений. Нередко оба способа коммутации используются одновременно на одной сети. Такие комбинированные сети обладают гибкостью, высокой надежностью и имеют лучшие технико-экономические показатели.

7.4. СЕТИ ПЕРЕДАЧИ МАССОВЫХ СООБЩЕНИЙ

Принцип построения, особенность работы и общие требования

Важнейшими сетями передачи массовых сообщений являются сети вещания. Вещанием называют процесс одновременной передачи различных сообщений общего назначения широкому кругу людей с помощью технических средств электросвязи. По виду передаваемых сообщений различают звуковое и телевизионное вещание. Звуковое вещание — передача звуковых программ для непосредственного приема населением. Программой принято называть последовательность передачи во времени различных сообщений (в данном случае звуковых). Телевизионное вещание — передача телевизионных программ для непосредственного приема населением. В телевизионную программу входят как оптические, так и звуковые сообщения.

Организация вещания в масштабах страны сводится к решению двух крупных организационно-технических задач. Первая задача — формирование вещательных программ, вторая — доведение этих программ до абонентов (зрителей и слушателей). Несмотря на существенное различие между системами звукового и телевизионного вещания, организация вещания может быть представлена одной схемой, показанной на рис. 7.5.

Формированием программ занимаются специальные предприятия Государственного комитета по телевидению и радиовещанию при Совете Министров СССР (ГКТР). Программы звукового вещания доводят в радиодомах, а телевизионного вещания — на телецентрах. Доведением сформированных программ до широкого круга абонентов занимаются предприятия Министерства связи СССР.

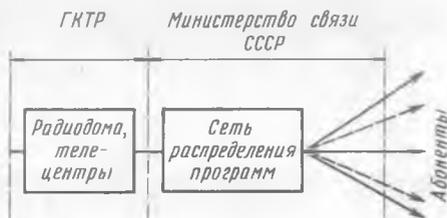


Рис. 7.5. Организация вещания в СССР

Для этого в стране созданы и постоянно совершенствуются две общегосударственные сети электросвязи — звукового и телевизионного вещания. Основными требованиями к сетям вещания являются: охват вещанием всего населения страны, высокое качество передаваемых программ, надежность работы и экономичность.

С запада на восток наша страна простирается более чем на 10 000 км и проходит через 11 часовых поясов. Это означает, что центральные вещательные программы, создаваемые в Москве, должны передаваться не только на огромные расстояния, но и с соответствующим временным сдвигом, чтобы поступать к абоненту в удобное для него время. Это одна из особенностей работы сетей вещания. Другой особенностью является то, что многонациональный состав нашего государства требует наличия собственных вещательных программ в союзных и автономных республиках, краях, областях и национальных округах.

Замечательной особенностью вещания является оперативность распространения сообщений по территории страны. По этому показателю сети вещания, как средства массовой информации, во много раз превосходят газеты, хотя они издаются утренним и вечерним выпусками.

Сеть звукового вещания

Рассмотрим в общих чертах суть организации звукового вещания (рис. 7.6). Весь процесс можно условно разделить на три этапа. Первый этап — формирование программ. Центральные программы, предназначенные для всей страны, формируются в Москве. Республиканские программы создаются в столицах республик, а местные программы автономных республик, краев и об-

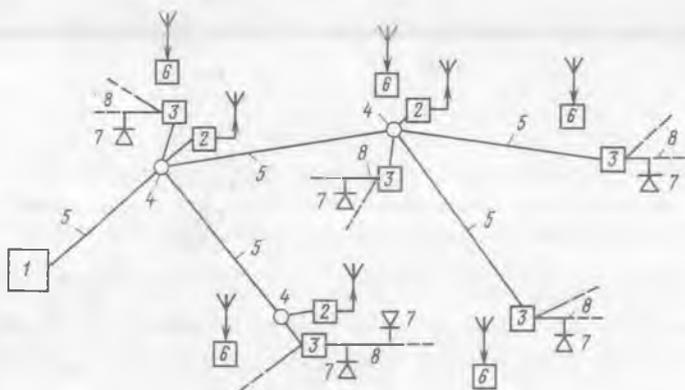


Рис. 7.6. Организация сети звукового вещания:

1 — радиодом; 2 — радиопередаточная станция; 3 — узел проводного вещания; 4 — узел коммутации; 5 — канал связи; 6 — радиоприемное устройство; 7 — громкоговоритель; 8 — проводная линия

ластей — в центрах соответствующих административных образований.

Второй этап — подача программ от пунктов их формирования (радиодома) до вещательных радиопередающих станций и узлов проводного вещания. Распределение программ осуществляется по каналам связи. Разветвление каналов происходит на специальных узлах коммутации. Сеть каналов звукового вещания построена по радиально-узловому принципу.

Третий этап — доведение программ до слушателей. По способу доведения различают радиовещание и проводное вещание. В случае радиовещания электрические сигналы звукового вещания преобразуются радиопередающими станциями в радиочастотные сигналы и излучаются в виде радиоволн. Радиоволны «улавливаются» антеннами радиоприемников, громкоговорители которых и воспроизводят звуковые сообщения. В проводном вещании электрические сигналы звукового вещания от узлов проводного вещания передаются к абонентским устройствам — громкоговорителям по специальным проводным линиям или линиям телефонной связи.

Для организации радиовещания в СССР используют сотни радиостанций, работающих в диапазонах километровых, гектометровых, декаметровых и метровых волн. Узлы проводного вещания имеются практически во всех населенных пунктах страны. Республиканское и местное звуковое вещание осуществляются на 68 языках народов нашей страны. Советское радиовещание на зарубежные страны является важным источником распространения правдивой информации о политике КПСС и жизни советского общества. Передачи советского радио, которые ведутся на 70 языках народов мира, принимаются на всех континентах земного шара.

Сеть телевизионного вещания

Организация телевизионного вещания аналогична организации звукового вещания. В частности, можно выделить те же этапы: формирование программ, их распределение по территории страны и доведение непосредственно до телезрителей (рис. 7.7).

Программы формируются на телецентрах. Радиотелевизионные передающие станции РТПС являются конечными участками передающей части сети. Они соединены сотнями тысяч километров каналов связи, которые разветвляются в соответствующих узлах. Таким образом, сеть каналов телевизионного вещания строится также по радиально-узловой схеме.

При построении сети учитывается, что телевизионное вещание организуется в диапазонах метровых и реже дециметровых волн. Закономерность распространения радиоволн этих диапазонов такова, что зона уверенного приема сигналов РТПС ограничена пределами оптической видимости. Поэтому для увеличения зоны уверенного приема телепрограмм нужно как можно выше подни-

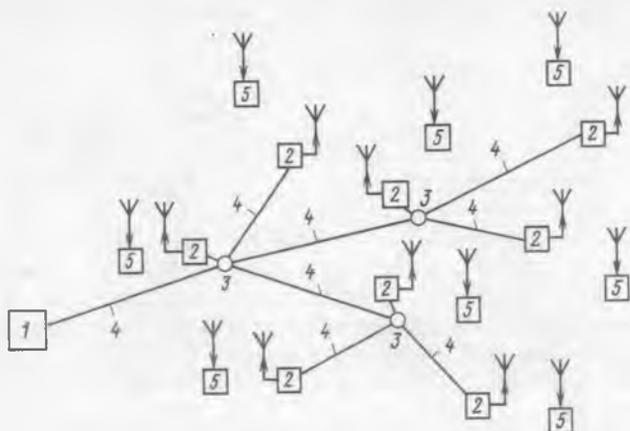


Рис. 7.7. Организация сети телевизионного вещания:

1 — телецентр; 2 — радиотелевизионная передающая станция; 3 — узел коммутации; 4 — канал связи; 5 — телевизионный приемник

мать передающую и приемную антенны. Для типовых РТПС с опорами для антенн высотой 200 ... 350 м зона обслуживания представляет собой круг радиусом 60 ... 100 км. Останкинская РТПС в Москве обеспечивает прием телепрограмм в радиусе 120...130 км. Для этого, правда, потребовалось возвести уникальное инженерное сооружение — железобетонную телевизионную башню высотой 536 м. Для выполнения основного требования при построении сети — охвата телевизионным вещанием всего населения страны — требуется большое число передающих станций. В настоящее время в СССР действует около 7 000 передающих телевизионных станций и телепередачи смотрят более 90% жителей нашей страны.

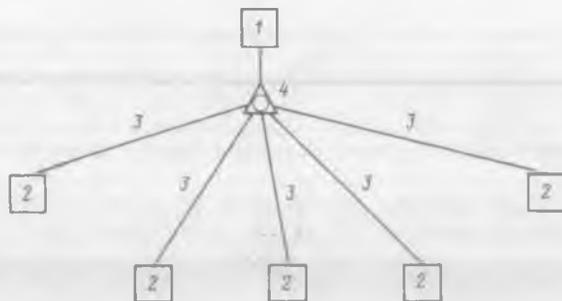
Сеть передачи газет

Особое место среди сетей передачи массовых сообщений занимает сеть передачи газет. Она осуществляет циркулярную, одностороннюю передачу газетных полос с центральных типографий на места их децентрализованного печатания, т. е. в периферийные типографии. Оконечная аппаратура передачи газет устанавливается непосредственно в помещениях типографий, что ускоряет процесс передачи газетных полос и создает удобства для дальнейшей обработки факсимильных копий и размножения газет. Следовательно, окончательными пунктами сети передачи газет являются типографии, находящиеся, как правило, в областных центрах. Причем сеть имеет один окончательный пункт передачи, а все остальные окончательные пункты являются пунктами приема.

Принцип построения сети передачи газет показан на рис. 7.8. Пункт передачи оборудован передающим факсимильным аппаратом, а каждый пункт приема — приемным. Каждый приемный

Рис. 7.8. Организация сети передачи газет:

1 — передающий факсимильный аппарат; 2 — приемный факсимильный аппарат; 3 — канал связи; 4 — пункт разветвления каналов



пункт (периферийная типография) связана с пунктом передачи каналом связи. Пункт разветвления каналов находится на центральной междугородной телефонной станции, поскольку для передачи газет используются телефонные каналы.

Газеты по сети передаются ежедневно. Общая продолжительность времени передачи, как правило, не превышает 4 ... 5 ч в сутки. Время передачи выбирается с учетом загрузки телефонной сети, чаще всего это вечерние и ночные часы. Передача полос газет по каналам связи является лишь этапом в процессе доставки газет читателям. Этап заканчивается получением копии в каждом приемном пункте (типографии). Далее газеты тиражируются и доставляются читателю.

7.5. ЕДИНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СЕТЬ СВЯЗИ

Целесообразность и возможность объединения различных сетей

В историческом плане различные виды электросвязи длительный период времени развивались независимо друг от друга. Все виды электросвязи имеют дело с различными по характеру и параметрам электрическими сигналами, поэтому каждый вид в своем развитии ориентировался на создание своих каналов, систем и даже своей сети. Структура сети выбиралась в соответствии с особенностями распределения потоков сообщений, характерных для конкретного вида электросвязи. В результате сформировалось несколько независимых сетей. Средства связи, из которых создавались сети, оказались разрозненными. Объем передаваемых сообщений непрерывно возрастал, развивались и сети, но разобщенность технических средств тормозила их развитие. Эффективность сетей оказалась недостаточной для нужд народного хозяйства. Положение с развитием электросвязи еще более осложнилось в годы Великой Отечественной войны. В первые послевоенные годы

темпы развития сетей объективно не могли быть высокими. В конечном итоге стала ощутимой недостаточность пропускной способности сетей электросвязи (в первую очередь телефонной). Они не справлялись с потоками сообщений, которыми сопровождался процесс восстановления и развития народного хозяйства, сдерживая тем самым движение экономики вперед.

Учитывая создавшуюся ситуацию, некоторые отрасли народного хозяйства стали создавать свои сети, предназначенные для удовлетворения потребностей отрасли в передаче сообщений. В итоге были созданы новые изолированные друг от друга небольшие сети со своим оборудованием и обслуживающим персоналом, например телефонные и телеграфные сети железнодорожников, металлургов, нефтянников и т. д. Казалось бы, выделяя дополнительные средства для создания таких сетей, каждое ведомство решает задачу развития связи. На самом деле такая техническая политика в области связи привела к еще большему разобщению технических средств, а эффективность совокупности сетей в масштабах страны оставалась по-прежнему низкой. Уже в начале 60-х годов стало ясно, что перспективным направлением развития электросвязи должно стать объединение сетей. В первую очередь требовалось объединить однородные сети внутри каждого вида электросвязи, а затем изолированные сети отдельных видов электросвязи.

Для такого подхода имелись весомые предпосылки. Действительно, сходство функций оконечных устройств, осуществляющих преобразование различных видов сообщений в электрические сигналы и обратное преобразование, дает основание для унификации методов преобразования. Ограниченный набор форм представления сообщений (звуки, изображения, знаки на носителе) позволил распространить эту унификацию на все оконечные устройства.

Необходимость передачи электрических сигналов в совпадающих направлениях, вызванная тем, что наиболее интенсивный обмен различными сообщениями наблюдается между населенными пунктами, позволила поставить вопрос об объединении отдельных систем передачи в совпадающих направлениях в единую систему передачи. Система передачи — это совокупность технических средств, позволяющая образовать независимые электрические каналы, по которым сигналы электросвязи переносятся в пространстве.

Наконец, одна из важнейших предпосылок, ведущих к слиянию сетей, — сходство функций, выполняемых различными системами коммутации и заключающихся в организации путей передачи сообщений для их доставки от отправителя к получателю.

Все это и заставило задуматься о необходимости построения и развития различных сетей электросвязи с учетом перспективы их слияния в единую сеть связи. Целесообразность слияния, в

первую очередь, связана с техническим прогрессом в области создания новых систем передачи. Важнейшей характеристикой систем передачи является мощность (емкость). Чем больше каналов можно организовать с помощью системы передачи, тем она мощнее. Теоретические исследования и опыт эксплуатации показывают, что по мере уможннения системы передачи уменьшается стоимость создания каждого километра канала и сокращаются расходы по эксплуатации системы.

Учитывая эти обстоятельства, XXIII съезд КПСС принял решение о создании в нашей стране Единой автоматизированной сети связи (ЕАСС), которая бы объединила все сети электросвязи независимо от их ведомственной принадлежности. Назначение ЕАСС заключается в удовлетворении потребностей народного хозяйства и населения страны в передаче любых сообщений с помощью электрических сигналов.

Создание ЕАСС — исключительно сложная задача, решение которой рассчитано на много лет, требует значительных материальных затрат и участия большого числа специалистов. Актуальность ее создания и совершенствования подтверждается в решениях последующих съездов КПСС.

Принципы построения и структура ЕАСС

Создание ЕАСС базируется на объединении разрозненных и многочисленных мелких сетей в общегосударственные сети каждого вида электросвязи, а затем в единую сеть с целью совместного использования определенных технических средств, и в первую очередь систем передачи и коммутации. Наконец, кроме технического объединения мыслится объединение организационно-административное, которое направлено на централизацию управления и обслуживания с целью снижения затрат на создание сети и ее эксплуатацию.

В техническом плане ЕАСС представляет собой комплекс электрических средств связи, взаимодействующих на основе определенных принципов, главными из которых являются организационно-техническое единство и автоматизация. В основу создания и развития ЕАСС положены два требования: экономичность и надежность. Экономичность сети предполагает, что при ее создании и эксплуатации материальные затраты минимальны при условии, что сеть выполняет с заданными качественными показателями возложенные на нее функции. Надежность сети означает, что передаваемые сообщения доставляются к месту назначения вовремя, без искажения содержания, в любое время, при любых случайных повреждениях сети и даже аварийных ситуациях. Анализ, выполненный применительно к сети связи такого масштаба, как сеть СССР, показал, что ее экономичность обеспечивается за счет объединения систем передачи на различных участках сети в единые, обладающие

соответствующей мощностью. Надежность такой сети достигается за счет взаимного резервирования каналов в рамках единой структуры при наличии должной системы управления.

При построении ЕАСС учтено, что определенные технические средства участвуют в процессе передачи независимо от вида передаваемых сообщений, т. е. являются общими. Организационно-технически эти средства выделены в состав отдельных структурных элементов ЕАСС: сетевых станций, сетевых узлов и линий передачи. Совокупность этих элементов, рассредоточенных по всей территории страны, образует первичную сеть ЕАСС. Не вдаваясь пока в подробности характеристики названных элементов, отметим, что они позволяют организовать сеть каналов передачи и групповых трактов. Каждый канал и групповой тракт обеспечивают передачу сигналов электросвязи либо в определенной полосе частот, либо в определенный промежуток времени.

Структура первичной сети учитывает административное разделение территории страны. Вся территория СССР поделена на зоны, совпадающие, как правило, с территорией областей, краев, а иногда — республик. В соответствии с этим первичная сеть также состоит из отдельных частей.

Часть сети, ограниченная территорией сельского района или города, называется местной первичной сетью. Часть сети, охватывающая территорию зоны и обеспечивающая соединение между собой каналов разных местных сетей внутри этой зоны, образует внутризонную первичную сеть. Часть сети, соединяющая между собой каналы разных зонных сетей на всей территории страны, составляет магистральную первичную сеть. Таким образом, первичная сеть ЕАСС включает в себя одну магистральную первичную сеть, много внутризонных и местных первичных сетей. Принцип построения первичной сети ЕАСС показан на рис. 7.9.

Каждая сеть электросвязи, входящая в ЕАСС, помимо технических средств элементов первичной сети использует ряд устройств, присущих только этой сети. Совокупность средств, обеспечивающая передачу сообщений определенного вида от отправителя к получателю (получателям), называется вторичной сетью ЕАСС. В состав вторичной сети входят: оконечные абонентские устройства; индивидуальные соединительные (абонентские) линии; коммутационные устройства; каналы, выделенные из первичной сети для образования данной вторичной сети.

В зависимости от вида электросвязи вторичная сеть ЕАСС имеет название: телефонная, телеграфная, передачи данных, факсимильная, передачи газет, звукового вещания, телевизионного вещания.

На рис. 7.10 показано взаимодействие первичной и вторичных сетей ЕАСС. На схеме приведены две зоны, на территории каждой из которых выделено по два города и одному сельскому району.

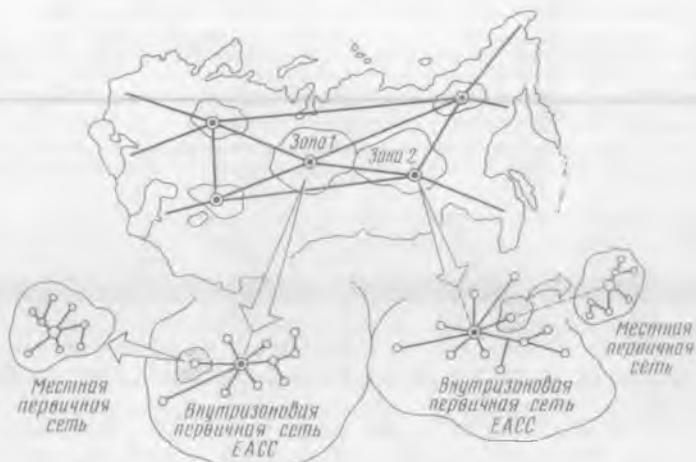


Рис. 7.9. Принцип построения первичной сети ЕАСС

Один город областного значения (центр зоны), а другой — районного. Элементы первичной сети — сетевые станции СС, сетевые узлы СУ и линии передачи (1, 2, 3) — выделены утолщенными линиями. Сетевые узлы и станции часто территориально совмещаются, как показано на рисунке.

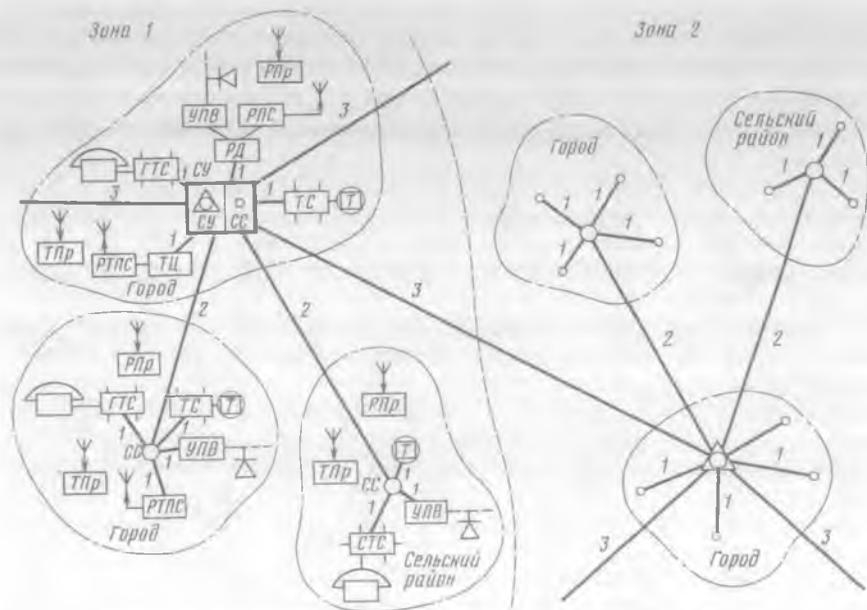


Рис. 7.10. Взаимодействие первичной и вторичных сетей ЕАСС

Местные первичные сети образованы линиями передачи 1 и частью оборудования СС или СУ. На территории каждой зоны показаны три местных первичных сети. Внутрizonные первичные сети представлены СС, соответствующим оборудованием СУ и линиями передачи 2. Совокупность местных первичных сетей одной зоны и ее внутрizonная сеть образуют зонную первичную сеть. Магистральная первичная сеть изображена двумя СУ и линиями передачи 3. Элементы вторичных сетей ЕАСС (зона 1) выделены тонкими линиями. На рисунке показаны вторичные сети ЕАСС: телефонная, телеграфная, звукового и телевизионного вещания. Вторичная телефонная сеть представлена совокупностью сельских и городских сетей (СТС и ГТС), расположенных на территориях сельских районов и городов, и каналов передачи первичной сети, образованных оборудованием СС, линий передачи и СУ.

Аналогично построена вторичная телеграфная сеть, представляющая собой совокупность телеграфных сетей ТС городов, телеграфных пунктов Т сельских районов и каналов, выделенных для передачи сигналов из первичной сети.

В сеть звукового вещания входят: радиодом РД, узлы проводного вещания УПВ, радиопередающие станции РПС и каналы звукового вещания первичной сети. Программы звукового вещания принимаются радиоприемниками РПр. В состав сети телевизионного вещания входят: телецентр ТЦ, радиотелевизионные передающие станции РТПС и каналы первичной сети ЕАСС, Телевизионные программы принимаются с помощью телевизионных приемников ТПр — телевизоров. С целью упрощения схемы элементы вторичных сетей в зоне 2 не показаны.

Понятие об управлении функционированием ЕАСС

При создании ЕАСС одним из важнейших является вопрос об организации управления функционированием сети. Сеть электросвязи — особый объект управления, поскольку масштабы сети грандиозны, а функции многообразны. Сам процесс передачи сообщений является многоэтапным, происходит в условиях постоянных изменений величины и характера передаваемых потоков сообщений, а также технического состояния средств связи. Поэтому управление таким объектом — задача исключительной сложности, требующая организации специальных систем управления. Элементы систем управления, как и элементы самой сети (объекта управления), рассредоточены в пространстве и связаны между собой соответствующими каналами для передачи управляющих команд. Поэтому системы управления имеют свою служебную сеть связи, являющуюся одной из вторичных сетей ЕАСС.

В соответствии со структурой ЕАСС предусматривается создание системы управления первичной сетью, а в каждой вторичной сети — система управления вторичной сетью. Задачей системы

управления первичной сетью является поддержание максимальной пропускной способности сети независимо от ее загрузки и рабочего состояния отдельных элементов, обеспечение вторичных сетей необходимым количеством каналов и поддержание каналов всех систем передачи в работоспособном состоянии.

Основной задачей системы управления вторичными сетями является управление потоками сообщений внутри этих сетей. При появлении каких-либо отклонений системы управления обеспечивают перераспределение каналов внутри данной вторичной сети сообразно с техническими возможностями коммутационных устройств этой сети и каналов, выделенных для нее из первичной сети. При невозможности решить проблему своими средствами система управления вторичной сетью обращается в систему управления первичной сетью с запросом о предоставлении ей необходимого числа дополнительных каналов. Так взаимодействуют между собой системы управления первичной и вторичными сетями.

В перспективе предусматривается создание полностью автоматизированных систем оперативного управления ЕАСС на основе использования современных ЭВМ.

7.6. ЭЛЕМЕНТЫ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Линии связи

Электросвязь сегодня располагает линиями связи, по которым можно одновременно передавать сотни и тысячи сигналов различных видов. Современные линии связи — это грандиозные сооружения, содержащие среду распространения сигналов и комплекс сложного электронного оборудования.

Линии связи обеспечивают прохождение сигналов в нужном направлении и на необходимое расстояние. Сложность выполнения этой функции станет понятной, если представить, что линии связи имеют длину в тысячи километров, проходят по зонам с различными климатическими условиями, постоянно подвергаются воздействию различных природных явлений. Качественная передача сигналов по линиям возможна лишь в том случае, если они обладают определенными свойствами и параметрами, практически не зависящими ни от времени года, ни от условий работы. Кроме того, линии должны обладать определенной надежностью и механической прочностью на многие десятки лет. Выполнение этих требований — задача весьма трудная. Современные линии связи — дорогостоящие сооружения. На их долю приходится до 70 ... 80% стоимости сетей электросвязи. Стоимость всего лишь одного километра современной линии доходит до 7 ... 8 тыс. руб. А сколько линий необходимо для нашей огромной страны? Поэтому особое внимание при строительстве линейных сооружений уделяется воп-

росам экономики и эффективности использования действующих линий связи.

В зависимости от среды, по которой передаются сигналы, все существующие типы линий связи принято делить на две группы — проводные и беспроводные (радиолинии).

К проводным относятся все типы линий, в которых сигналы распространяются вдоль специальной, искусственно создаваемой и непрерывной направляющей среды. В простейшем случае проводная линия связи представляет собой физическую цепь, образуемую парой проводов, по которым распространяется электрический ток (сигнал). Если провода не имеют специального изолирующего покрытия, их разносят в воздушном пространстве на определенное расстояние друг от друга. При этом роль изолирующего материала выполняет слой воздуха между проводами. По сложившейся терминологии такие проводные линии называются воздушными линиями связи. Проводные линии, образованные проводами, имеющими изоляционные покрытия и помещенные в специальные защитные оболочки, называются кабельными линиями связи, или кабелями связи.

К проводным относятся также линии, использующие в качестве среды распространения сигналов диэлектрические материалы, в частности тонкие стеклянные волокна. Такие линии получили название волоконно-оптических линий связи. Термин радиолиния распространяется на все типы линий, в которых сигналы электросвязи, преобразованные в радиосигналы, передаются в открытом пространстве в виде радиоволн.

Было время, когда сигналы электросвязи передавались только по воздушным линиям связи. Относительная простота, небольшие стоимость и сроки сооружения воздушных линий обеспечили им в свое время широкое применение. Однако возможности воздушных линий вскоре были исчерпаны, и они уступили место более совершенным кабельным линиям связи. Дело в том, что воздушные линии не могут пропускать одинаково эффективно все сигналы электросвязи. Например, они не в состоянии пропускать сигналы телевизионного вещания и сигналы некоторых высокоскоростных систем передачи данных. Кроме того, воздушные линии подвержены сильным влияниям климатических условий. Даже безобидное с виду раскачивание проводов под влиянием слабого ветра приводит к усталостному разрушению металла проводов. Под действием влаги и различных веществ, содержащихся в атмосфере, они постепенно ржавеют и разрушаются. И уж вовсе безжалостно расправляется с воздушными линиями разбушевавшаяся стихия: ураган рвет провода, валит опоры, молния в щепки разбивает, сжигает опоры, гололед приводит к такому обледенению, что провода не выдерживают увеличенную во много раз массу и рвутся. В настоящее время доля воздушных линий постоянно уменьшается.

Сегодня основным типом проводных линий связи являются



Рис. 7.11. Однопарные кабели связи:

а — симметричный; б — коаксиальный



Рис. 7.12. Комбинированный междугородный кабель КМБ-8/6

кабельные. Современные кабели связи весьма разнообразны по конструкции, условиям прокладки, возможностям и области применения. По конструкции и взаимному расположению проводников различают симметричные и коаксиальные кабели. Основными элементами кабелей являются токопроводящие жилы (пара проводов), образующие электрическую цепь. В симметричных кабелях цепи образуются с помощью одинаковых по конструкции изолированных проводников. Электрические цепи в коаксиальных кабелях образуются двумя цилиндрическими проводниками с совмещенными осями, причем один проводник (сплошной цилиндр) расположен внутри другого, полого.

На рис. 7.11 показана конструкция однопарных симметричного и коаксиального кабелей. Как видно из рисунка, изолированные проводники симметричного кабеля помещены в металлическую трубку, служащую экраном, защищающим проводники от мешающего влияния различных внешних электромагнитных полей. Поверх экрана имеется изолирующая оболочка, предохраняющая кабель от влияния агрессивных сред. В коаксиальных кабелях взаимное расположение проводников обеспечивается с помощью специальной арматуры, изготавливаемой из диэлектрического материала. Внешний проводник пары имеет изолирующую оболочку.

По условиям прокладки и эксплуатации различают подземные, подвесные и подводные кабели. Они отличаются конструкцией и материалом изолирующих оболочек и защитных покрытий. В земле и воде прокладывают кабели, бронированные стальными лентами или проволокой, которые придают кабелю особую механическую прочность. В городах кабели прокладывают в специально сооружаемую канализацию, состоящую из трубопровода и смотровых колодцев.

Возможности и область применения кабелей определяются шириной полосы пропускания сигналов, т. е. рабочим диапазоном частот и емкостью кабеля. Емкостью кабеля называется число пар проводников, заключенных в общую оболочку. Совре-

менные кабели связи, как правило, имеют не одну, а несколько симметричных или коаксиальных пар, либо тех и других одновременно. На рис. 7.12 показано сечение мощного комбинированного междугородного кабеля марки КМБ-8/6, имеющего 15 коаксиальных пар различного диаметра, 8 симметричных пар и 6 отдельных жил. По такому кабелю можно организовать тысячи телефонных разговоров одновременно.

Дальность передачи сигналов по кабелям зависит от сопротивления проводников. Чем меньше сопротивление, тем на большее расстояние можно передавать сигналы. В реальных кабелях это расстояние не превышает нескольких километров. Для увеличения дальности передачи приходится периодически усиливать сигналы. Поэтому любая кабельная магистраль имеет усилительные пункты, расположенные по трассе через определенные интервалы. Благодаря использованию усилителей дальность передачи сигналов по кабелям связи достигает тысяч километров.

Прогресс в развитии электросвязи в значительной мере определяется созданием новых линий связи. Темпы развития электросвязи требуют резкого увеличения общей протяженности линий. Проблема увеличения протяженности не может быть решена путем дополнительного строительства описанных выше кабельных линий. Дело в том, что на изготовление таких рассмотренных кабелей расходуется огромное количество дефицитных металлов, в первую очередь меди и свинца. Кроме того, строительство линейных сооружений наносит ощутимый ущерб природе.

Путь решения проблемы заключен в создании и использовании принципиально новых линий связи, отличающихся от прежних большей пропускной способностью и малым затуханием сигналов. Настойчивые поиски в этом направлении привели к разработке нескольких типов новых линий. На сегодняшний день наибольшие надежды возлагаются на волоконно-оптические линии связи. Именно их широкое применение в ближайшие десятилетия позволит решить основные проблемы электросвязи, заключающиеся в недостатке пропускной способности линий связи.

По волоконно-оптическим линиям принципиально можно организовать передачу до миллиона телефонных сигналов одновременно. Внешне оптические кабели мало отличаются от уже знакомых нам кабелей связи. Однако вместо токопроводящих металлических жил в них применяются тонкие (диаметром 125 ... 150 мкм) двухслойные стеклянные волокна-световоды. Именно они являются средой, по которой передаются сигналы электросвязи в оптическом диапазоне частот (10^{14} ... 10^{15} Гц).

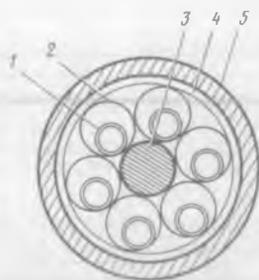
Принцип распространения светового луча вдоль двухслойного волокна показан на рис. 7.13. Луч распространяется по внутреннему слою волокна (сердечнику) за счет последовательного и полного отражения от границы раздела диэлектрических слоев. В оптическом кабеле (рис. 7.14) стекловолокна свободно помещаются



Рис. 7.13. Принцип распространения светового луча по стекловолокну

Рис. 7.14. Оптический кабель:

1 — стекловолоконно; 2 — полиэтиленовая трубка; 3 — пластмассовый сердечник; 4 — полиэтиленовая оболочка; 5 — внешний покров



внутри полиэтиленовых трубок, скрученных вокруг прочного пластмассового сердечника. Оптические кабели, как и обычные, имеют защитные полиэтиленовые оболочки и различные внешние покровы. Их можно прокладывать в земле, воде, помещениях и т. д. Они не чувствительны к электромагнитным помехам и поэтому не нуждаются в металлических экранах. Очень существенным достоинством волоконно-оптических линий является отсутствие в их конструкции дефицитных материалов: меди, алюминия, свинца и др.

В настоящее время в ряде стран, в том числе и в нашей, уже работают первые линии связи, организованные по оптическим кабелям. По прогнозам специалистов ожидается, что к концу XX века волоконно-оптические линии займут ведущее положение среди всех линий связи.

Наряду с проводными линиями в электросвязи широко используются линии радиосвязи. Структурная схема такой линии приведена на рис. 7.15. Сигналы электросвязи, подлежащие передаче, преобразовываются радиопередатчиком в радиочастотные сигналы, способные излучаться передающей антенной в открытое пространство в виде радиоволн. Радиоволны — это электромагнитные колебания с частотами до $3 \cdot 10^{12}$ Гц, распространяющиеся в пространстве без искусственных направляющих сред. В соответствии с международной договоренностью все радиоволны разделены на девять диапазонов (см. гл. 11). Далее радиоволны принимаются антенной радиоприемника и преобразуются в нем сначала в сигналы электросвязи, а затем в соответствующие сообщения. Протяженность радиолинии и возможное число сигналов, передаваемых по ней, зависят от многих факторов: диапазона используемых частот, условий распространения радиоволн, технических данных радиопередатчиков, радиоприемников, антенн и др.

Ценным качеством радиолиний является возможность их быстрой организации и сравнительно невысокая стоимость. Немаловажным является также тот факт, что радиолинии используются для связи с любыми подвижными объектами (кораблями, поездами, самолетами, космическими летательными аппаратами), а также для связи их между собой.

Линия радиосвязи может состоять из нескольких или многих участков (интервалов), в пределах которых передача сигналов

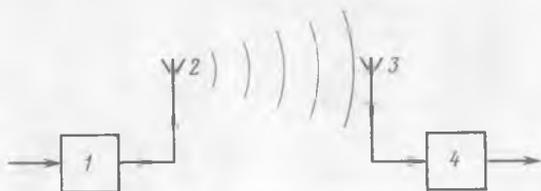


Рис. 7.15. Схема линии радиосвязи:

1 — радиопередатчик; 2 — передающая антенна; 3 — приемная антенна; 4 — радиоприемник



Рис. 7.16. Схема радиорелейной линии связи

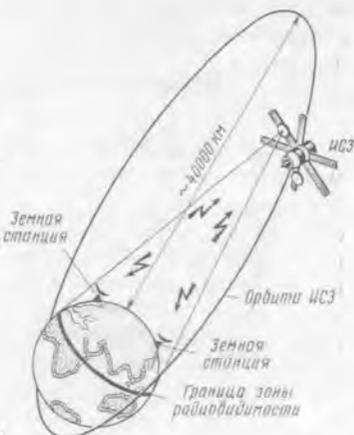


Рис. 7.17. Схема спутниковой радиолинии

происходит согласно рассмотренной схеме. В этом случае сигналы, переданные из одного пункта, принимаются в другом, усиливаются и передаются дальше в третий пункт и т. д. Такие линии называются радиорелейными линиями РРЛ. На рис. 7.16 приведена схема РРЛ, обеспечивающая двустороннюю передачу сигналов. Каждый оконечный пункт РРЛ, называемый оконечной станцией, имеет радиопередатчик и радиоприемник для одновременной передачи и приема сигналов. Передача и прием производятся на разных частотах, поэтому передающая аппаратура не мешает работе приемной. На каждой промежуточной станции имеется, по крайней мере, по два радиопередатчика и радиоприемника для одновременного приема и передачи сигналов в двух направлениях.

Радиоволны, используемые для радиорелейной связи (частоты 2 ... 8 ГГц), распространяются прямолинейно, подобно лучам света. Поэтому и станции друг от друга должны находиться в пределах прямой «радиовидимости», обычно не превышающей 40...60 км. Это расстояние зависит, в основном, от высоты поднятия антенн над землей. Общая протяженность РРЛ может достигать нескольких тысяч километров. По таким линиям можно передавать одновременно тысячи телефонных сигналов или несколько программ телевизионного вещания.

Неоспоримым преимуществом РРЛ перед кабельными линиями является быстрота сооружений, особенно в труднодоступных и необжитых районах.

Разновидностью радиорелейных линий являются спутниковые радиолинии (рис. 7.17). Радиосигналы с земной передающей станции излучаются в направлении искусственного спутника Земли (ИСЗ), где принимаются, усиливаются и вновь

передаются с помощью радиопередатчика в направлении земной станции приема. Радиотехническое оборудование ИСЗ выполняет функцию промежуточной станции радиорелейной линии, находящейся на большой высоте.

Создание спутниковых линий стало возможным после запуска в СССР 4 октября 1957 г. первого в мире ИСЗ. Широкие возможности спутниковой связи делают ее своего рода уникальным и чрезвычайно эффективным средством электросвязи для нашей страны, имеющей большую географическую протяженность, удаленные друг от друга промышленные и административные центры и обширные районы с низкой плотностью населения. Спутниковая связь позволяет быстро перекинуть «мосты» связи между отдельными районами страны.

Системы и линии передачи

Понятие «линия связи» близко к понятию «канал связи». В тех случаях, когда по линии связи передается один сигнал, эти понятия совпадают. По современным линиям связи, как правило, передаются одновременно и независимо друг от друга десятки, сотни, тысячи и более сигналов. Каждый сигнал передается по своему каналу. Образование каналов для передачи отдельных сигналов электросвязи по одной линии связи иначе называется разделением каналов. Операция разделения каналов основана на присвоении каждому передаваемому сигналу индивидуального признака. Известны разные методы разделения каналов, но наиболее широко применяются метод частотного разделения каналов ЧРК и временного разделения каналов ВРК. При использовании метода ЧРК каждому передаваемому сигналу отводится строго индивидуальная полоса частот. Известно, что сигналы электросвязи, соответствующие однородным сообщениям, имеют одинаковую ширину спектра, например 300 ... 3400 Гц при передаче речевых сообщений в телефонной связи, 30 ... 15 000 Гц при высококачественной передаче программ звукового вещания и т. д. С помощью специальных устройств — преобразователей частоты — полоса частот каждого сигнала переносится без изменения ширины из исходного в заданный диапазон частот. Принцип переноса полос частот поясняется на рис. 7.18. Полосы частот, занимаемых каждым сигналом после переноса, должны находиться в пределах частотного диапазона используемой линии передачи.

В основу метода ВРК положен принцип поочередной поэлементной передачи нескольких сигналов по одной линии связи. В начале по линии передаются первые элементы первого сигнала, затем второго и так до последнего n -го сигнала. Далее передаются вторые элементы снова от первого до n -го сигнала. Подобная операция повторяется цикл за циклом до тех пор, пока не будут переданы последние элементы всех n сигналов. В итоге получается, что

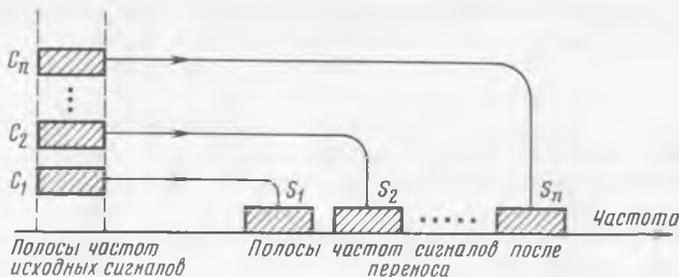


Рис. 7.18. Принцип переноса полос частот при ЧРК

каждый сигнал передается в строго определенные интервалы времени, т. е. по своему временному каналу. В данном случае всего n временных каналов. На приемной стороне элементы каждого сигнала выделяются, объединяются и по ним восстанавливаются копии исходных сигналов. Последовательность передачи сигналов по линии предполагает определенную задержку в передаче отдельных элементов сигналов. Однако задержка не должна ощущаться при приеме сообщений.

Технические средства, позволяющие образовывать каналы передачи, входят в состав систем передачи. Современные системы передачи являются многоканальными, т. е. обеспечивают одновременную и независимую передачу многих сигналов. В системе передачи одни устройства являются индивидуальными для каждого канала, а другие — общими для группы или всех каналов. Устройства, используемые сразу для всех каналов, образуют линейный тракт системы передачи.

Совокупность физических цепей (одной или двух пар проводов) линейных трактов однотипных или разнотипных систем передачи, имеющих общие среду распространения, линейные сооружения и устройства их обслуживания, называется линией передачи. На рис. 7.19 показана упрощенная структурная схема системы и линии передачи, состоящая из оконечного оборудования системы передачи ООСП, оконечной аппаратуры линии передачи ОАЛП и среды распространения. Оконечное оборудование систем передачи размещается на сетевых станциях СС или узлах СУ.

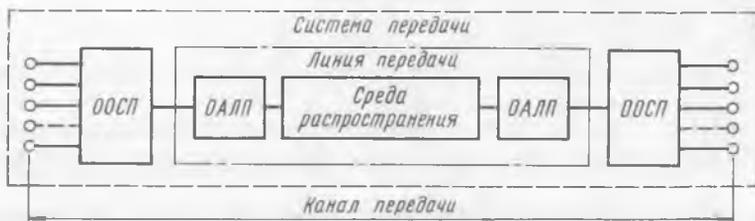


Рис. 7.19. Структурная схема системы и линии передачи

Линия передачи связывает между собой две сетевые станции, два сетевых узла или сетевую станцию с сетевым узлом.

В зависимости от среды распространения сигналов различают проводные и радиосистемы передачи ЕАСС. Проводной системой передачи ЕАСС называется система передачи, в которой сигналы электросвязи распространяются в пространстве вдоль непрерывной направляющей среды. Проводной системе передачи присваивается название в зависимости от типа направляющей среды, например кабельная, волноводная, световодная. Система передачи ЕАСС, в которой сигналы передаются с помощью радиоволн в открытом пространстве, называется радиосистемой передачи ЕАСС. Радиосистеме передачи присваивается название в зависимости от принципа работы радиолинии, например радиорелейная, спутниковая, ионосферная, метеорная.

В зависимости от первичной сети, к которой принадлежит линия передачи, ей присваивается название: магистральная, внутризональная, местная.

Совокупность сетевых станций, узлов и линий передачи образует первичную сеть типовых каналов. Каналы передачи называются типовыми, поскольку их параметры нормируются. Основным типовым каналом передачи ЕАСС является канал тональной частоты (канал ТЧ), предназначенный для передачи электрических сигналов (прежде всего телефонных) в полосе частот 300...3400 Гц. Канал звукового вещания высшего класса организуется для передачи сигналов, занимающих полосу частот 30...15 000 Гц. Канал передачи сигналов изображения телевидения позволяет передавать сигналы программ телевизионного вещания, занимающие полосу до 6 МГц. К типовым относятся и так называемые широкополосные каналы передачи, формируемые на базе групповых трактов. По таким каналам организуется, например, передача газет в полосе частот шириной 240 кГц.

Узлы и станции

Сетевые узлы и сетевые станции являются элементами первичной сети ЕАСС. Магистральная, внутризональные и местные первичные сети имеют свои узлы и станции. Магистральные сетевые узлы создаются на пересечениях магистральных линий передачи МЛП. Наиболее крупные магистральные сетевые узлы называются территориальными сетевыми узлами ТСУ.

Магистральные сетевые станции размещаются в областных, краевых, республиканских центрах и других крупных городах страны, где заканчиваются линии передачи магистральной первичной сети. Магистральная первичная сеть имеет узлы и станции первого класса: ТСУ-1, СУ-1, СС-1 (рис. 7.20,а). Внутризональные сетевые узлы находятся на пересечении внутризональных линий передачи, а сетевые станции — в пунктах окончания этих ли-

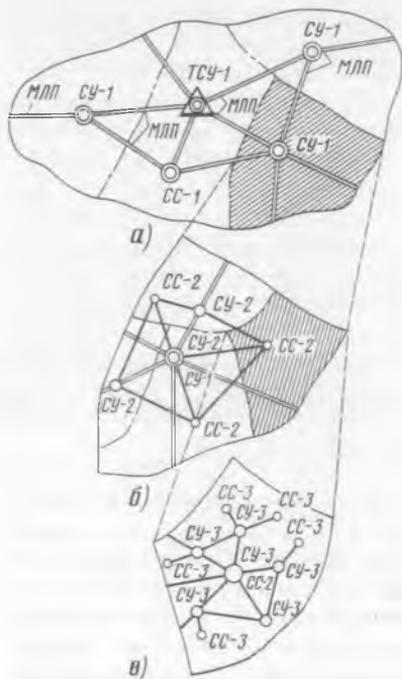


Рис. 7.20. Узлы и станции магистральной (а), внутрizonовой (б) и местной (в) сетей первичной сети ЕАСС

ний. Внутрizonовая сеть содержит узлы и станции второго класса: СУ-2, СС-2 (рис. 7.20, б). На местных первичных сетях создаются сетевые узлы и станции третьего класса СУ-3, СС-3 (рис. 7.20, в). Сетевые узлы и станции разных классов могут размещаться в различных населенных пунктах, в одном пункте и даже в одном помещении.

Основное назначение сетевых узлов первичной сети состоит в организации типовых каналов передачи и групповых трактов, а также в соединении (транзите) одноименных каналов и групповых трактов различных линий передачи. Функции сетевых станций заключаются в организации типовых каналов передачи и групповых трактов, а также в представлении этих каналов и трактов вторичным сетям. Для решения названных задач сетевые узлы и сетевые станции имеют соответствующее оборудование.

7.7. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЕАСС

В настоящее время ЕАСС находится на этапе завершения организационно-технического формирования всех ее элементов, практического решения сложнейших вопросов управления функционированием первичной и вторичной сетей. Прежде всего быстро растут территория, охватываемая ЕАСС, протяженность каналов связи, число пользователей, расширяется область услуг, идет обновление элементной базы техники связи.

В последние годы в технике связи находят применение цифровые методы преобразования сообщений в сигналы, цифровые системы передачи и коммутации. Это обусловлено рядом объективных факторов и прежде всего резко возросшей ролью в нашей жизни ЭВМ, которые применяются сегодня во многих сферах народного хозяйства. Такое положение оказывает влияние на характер развития сетей связи. Достижения научно-технического прогресса в вычислительной технике сказываются на электросвязи. Дело в том, что и ЭВМ и электросвязь имеют дело с одним и тем же материалом — информацией. Электросвязь, как известно, обеспечивает передачу информации на расстояние, а ЭВМ — обработку информации. Естественно, возникла идея максимально унифицировать элементы, на базе которых строится техника ЭВМ и электросвязи, а также унифицировать методы преобразования, передачи, распределения и обработки информации. Наиболее подходящими универсаль-

ными элементами оказались технические средства ЭВМ, а методами — цифровые. Поэтому в настоящее время на сетях электросвязи все более широко внедряются цифровые системы, создающие условия для объединения всех сетей электросвязи в единую сеть, способную обеспечить высококачественную передачу различных видов сообщений. Именно с применением цифровой техники на ЕАСС связано будущее электросвязи, заключающееся в постепенном перерастании ЕАСС в интегральную цифровую сеть связи (ИЦСС).

Глава 8. СВЯЗЬ — ОТРАСЛЬ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

8.1. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ, СОЦИАЛЬНОЕ И ОБОРОННОЕ ЗНАЧЕНИЕ СВЯЗИ

Каждая отрасль многоотраслевого народного хозяйства решает свои необходимые для общества задачи. Отрасль связи занимает особое положение среди всех других отраслей. Ее основная задача — переносить («транспортировать») информацию, т. е. то, без чего не может обходиться ни одна отрасль, ни одно производство, ни одно предприятие и даже отдельные люди. Сегодня без связи невозможно добывать уголь, руду, плавить металл, выращивать хлеб, строить дома, заводы, электростанции, осваивать космос и т. д. Основное назначение связи вообще, а электросвязи в особенности, — обеспечение оперативного управления сложнейшими процессами производства, распределения и потребления, происходящими в народном хозяйстве и в обществе в целом. Электросвязь в силу своей специфики охватывает все отрасли народного хозяйства страны, все сферы жизни и деятельности общества: промышленную, сельскохозяйственную, культурную, научную, оборонную и многие другие.

В эпоху ускорения социально-экономического развития страны, когда народное хозяйство переходит от автоматизации производства к автоматизации управления, роль электросвязи резко возрастает. Сегодня уровень развития и состояние средств электросвязи — основные показатели общего уровня развития общества в целом.

Говоря об экономической эффективности отрасли, следует подчеркнуть, что связь приносит народному хозяйству страны постоянные и большие доходы. В отличие от других отраслей эти доходы состоят из двух частей: прямых и косвенных. Прямые доходы складываются из денежных сумм, которые предприятия связи получают от населения, предприятий и организаций за предоставляемые услуги связи. Они легко подсчитываются и поэтому учитываются при планировании и составлении бюджета народного

хозяйства. Часть этих доходов используется для развития самой отрасли, а другая часть идет на развитие других отраслей народного хозяйства, повышение обороноспособности страны и социально-культурные нужды.

Кроме того, передаваемые сообщения способствуют улучшению или ускорению каких-то процессов или дел, т. е. обеспечивают получение косвенных доходов. Количественная оценка косвенных доходов — задача весьма сложная. Так, оценка полезности связи в области сельского хозяйства показала, что внедрение оперативной связи на полевых работах повышает эффективность использования сельскохозяйственной техники на 25%. Строители подсчитали, что диспетчерская связь повышает производительность труда на стройках не менее чем на 15%. Были выполнены исследования и в других отраслях народного хозяйства, свидетельствующие о высокой эффективности применения средств электросвязи, заключающейся в ускорении и интенсификации производственных процессов.

Социальное значение электросвязи определяется в первую очередь тем, что отдельные ее виды (звуковое и телевизионное вещание) являются средствами массовой информации. Благодаря средствам электросвязи люди, находящиеся в разных точках земли, имеют возможность, не выходя за пределы своей квартиры, «побывать» в концертных залах, музеях, на всемирных фестивалях. Трудно переоценить значение электросвязи в обеспечении четкого взаимодействия всех видов и родов Вооруженных Сил СССР.

Говоря о роли электросвязи в обществе, нередко образно и удачно сравнивают ее с центральной нервной системой живых организмов, под управляющим воздействием которых происходят все процессы их жизнедеятельности.

Полная количественная оценка эффекта от использования электросвязи в целом для общества вряд ли возможна. Ведь абсурдно ставить вопрос о количественной оценке значения нервной системы для живого организма, потому что она является частью самого организма, без нее нет и организма. Аналогично и электросвязь является таким элементом, без которого современное общество существовать не может.

8.2. ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА И ОСНОВНЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ОТРАСЛИ СВЯЗИ

Связь, как и любая другая отрасль, объединяет множество предприятий и организаций. В отрасли можно выделить подотрасль почтовой связи и несколько подотраслей электрической связи в зависимости от вида передаваемых сообщений, их физической сущ-

ности и характера распределения. Почтовая связь обеспечивает передачу сообщений в виде материальных объектов — почтовых отправок, а электросвязь — с помощью электрических сигналов.

Все предприятия и организации отрасли в зависимости от роли и выполняемых функций можно условно разделить на пять групп. К первой группе относятся производственные предприятия, участвующие в процессе выполнения основной функции отрасли — передаче сообщений. Вторую группу составляют учебные заведения, осуществляющие подготовку кадров для отрасли. В третью группу входят научно-исследовательские и проектные предприятия, занимающиеся изучением перспектив развития систем и сетей электросвязи, разработкой новой аппаратуры и проектированием объектов связи. Четвертая группа объединяет предприятия, обеспечивающие строительство объектов связи. Пятую группу составляют организации, управляющие работой различных предприятий, руководящие функционированием отрасли.

Основными предприятиями электросвязи, относящимися к первой группе, являются специализированные предприятия: телеграфы, городские телефонные сети (ГТС), междугородные телефонные станции (МТС), городские радиотрансляционные сети (ГРС), радиотелевизионные передающие центры (РТЦ), радиопередающие и радиоприемные центры (РПЦ) и радиостанции (РС), технические узлы союзных магистральных связей и телевидения (ТУСМ). К этой же группе относятся объединенные предприятия: районные (РУС), городские (ГУС) и эксплуатационно-технические (ЭТУС) узлы связи, выполняющие функции нескольких специализированных предприятий, но имеющие гораздо меньший объем передаваемых сообщений.

Ко второй группе организаций относятся средне-технические училища, готовящие квалифицированных рабочих всех профессий связи, около трех десятков техникумов связи, ведущих подготовку необходимых специалистов со средне-техническим образованием, и, наконец, семь высших учебных заведений, которые обеспечивают отрасль специалистами высшей квалификации — инженерами. Подробнее о кадрах связи будет рассказано в конце этой главы.

Организациями третьей группы являются: научно-исследовательские институты (НИИ), проектные институты и конструкторские бюро.

К основным производственным предприятиям четвертой группы относятся строительно-монтажные управления (СМУ) и передвижные механизированные колонны (ПМК).

Функционированием всех подразделений отрасли управляют специальные выделенные организации. Структура управления имеет три уровня. К организациям первого уровня управления относятся: производственно-технические управления связи (ПТУС), территориальные центры управления магистральными связями и телевидением (ТЦУМС), союзные узлы радиосвязи и радиовещания

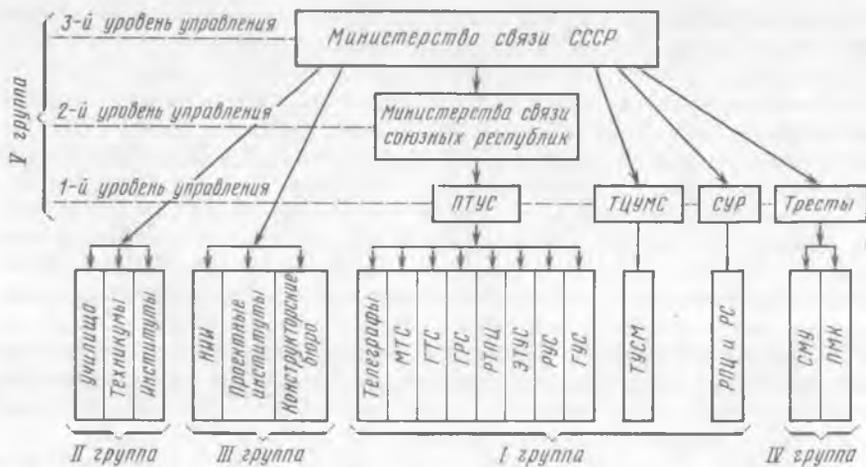


Рис. 8.1. Организационная структура отрасли связи

(СУР) и строительные тресты. Каждая из этих организаций управляет работой производственных предприятий связи, расположенных на определенной территории или выполняющих определенные функции независимо от места расположения.

Второй уровень управления осуществляют министерства связи союзных республик. Их основные функции: планирование и контроль за работой всех подразделений связи, размещенных на территории республики, решение технических и кадровых вопросов, проведение технической политики, постоянное совершенствование организации работы предприятий связи, расширение и повышение культуры обслуживания населения.

Высшим органом управления отрасли (третий уровень) является Министерство связи СССР. Оно определяет техническую политику в отрасли, составляет пятилетние планы, ведет контроль за работой всех подразделений, определяет номенклатуру и количество необходимых кадров для отрасли и руководит процессом их подготовки в учебных заведениях, планирует работу научных, проектных организаций, строительных трестов и центров управления союзными магистралями.

Организационная структура отрасли связи приведена на рис. 8.1.

Наиболее многочисленными и важными по роли в процессе передачи сообщений являются предприятия первой группы. На этих предприятиях работают квалифицированные рабочие, а также техники и инженеры всех специальностей электросвязи. Поэтому предприятия первой группы считаются основными производственными предприятиями отрасли. Познакомимся с ними несколько ближе.

Современные телеграфы — это крупные узлы вторичных сетей телеграфной связи и передачи данных, оборудованные разнообразной и сложной аппаратурой каналообразования, передачи и приема дискретных сообщений, станциями коммутации и целыми комплексами для контроля и измерения параметров сигналов и каналов. Телеграфы имеют высокую степень автоматизации процессов передачи, приема и обработки сообщений. Они предоставляют населению и предприятиям целый комплекс услуг: передают, принимают и доставляют телеграммы, фототелеграммы и цифровые данные разных категорий срочности и разного оформления; обеспечивают абонентам (предприятиям) возможность в любое время самим соединиться с любым другим абонентом и вести документальные переговоры; принимают полосы центральных газет, подлежащие размножению в местных типографиях. Телеграфы располагаются в областных центрах, столицах союзных и автономных республик и в ряде крупных городов.

Междугородные телефонные станции, входящие в состав общегосударственной автоматически коммутируемой телефонной сети, одновременно выполняют функции сетевых станций или сетевых узлов первичной сети ЕАСС. Они оборудованы каналообразующей аппаратурой, различными системами передачи, имеют автоматическую или полуавтоматическую аппаратуру коммутации, аппаратуру учета переговоров, а также различные приборы для контроля и измерений. Всем желающим МТС предоставляется возможность в любое время поговори́ть по телефону с любым абонентом сети. Переговоры могут быть организованы с любого телефонного аппарата по автоматической (соединение устанавливается самим абонентом путем набора междугородного номера) или заказной (соединение устанавливает телефонистка МТС) системе.

Городские телефонные сети — это предприятия, занимающиеся техническим обслуживанием всех средств телефонной связи города: автоматических телефонных станций, линейных сооружений, оборудования абонентских пунктов, обеспечивая качественную и бесперебойную телефонную связь внутри города и возможность установления соединений и ведения междугородных переговоров.

Городские радиотрансляционные сети являются предприятиями, занимающимися доведением до всего населения центральных и местных программ звукового вещания. Основными техническими средствами ГРС являются станционное усилительное и радиоприемное оборудование, а также линейные сооружения.

Радиотелевизионные передающие центры организуют передачу центральных и местных программ телевизионного и звукового вещания. Техническими средствами РТПЦ являются: оборудование радиопередающих устройств телевизионного и звукового вещания, наземных и космических линий связи.

Эксплуатационно-технические узлы связи являются объединенными производственными предприятиями связи, занимающимися техническим обслуживанием всех внутрizonовых линий связи (кабельных, радиорелейных и воздушных). Каждый ЭТУС обслуживает определенную зону, охватывающую несколько районов области. Объединенные районные и городские узлы предоставляют населению и предприятиям своей зоны все виды услуг связи и потому имеют все необходимое для этого оборудования.

Радиоцентры и радиостанции предназначены для передачи программ центрального и местного звукового вещания на заданную территорию, организации малоканальных, но протяженных линий радиосвязи.

Технические узлы союзных магистральных связей — производственные предприятия, обеспечивающие техническое обслуживание крупных магистралей первичной сети ЕАСС, оборудования сетевых станций, сетевых узлов, а также линейных сооружений кабельных и радиорелейных магистралей.

8.3. ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Деятельность предприятий электросвязи коренным образом отличается от деятельности производственных предприятий других отраслей народного хозяйства. Прежде всего предприятия электросвязи не создают новую продукцию. Деятельность их направлена на обеспечение передачи на расстояние различных сообщений. В этом отношении они имеют много общего с транспортными предприятиями, однако для передачи сообщений на расстояние предприятиям электросвязи не нужны транспортные средства (машины, поезда, самолеты и т. д.). Они передают сообщения с помощью специальных систем электросвязи, использующих электрический сигнал.

Другая особенность предприятий связи заключается в том, что они, являясь самостоятельными, выполняют отдельные операции в сложном, многоэтапном, но едином процессе передачи сообщений на расстояние. Это обстоятельство делает предприятия связи взаимосвязанными и подчиняет их деятельность одной задаче — обеспечению быстрой и точной передачи сообщений с наименьшими затратами. Например, в процессе передачи телеграфных сообщений принимают участие несколько предприятий связи: телеграмма принимается отделением связи, проходит через телеграф, несколько МТС и узлов связи и, наконец, попадает в отделение связи адресата. Телефонные сообщения при междугородных переговорах проходят по предварительному подготовленному тракту через несколько телефонных станций, две или более МТС. Сигналы систем радио- и телевизионного вещания передаются из центров форми-

рования программ к передающим и принимающим центрам по каналам первичной сети ЕАСС, т. е. через МТС и узлы связи.

Характерной особенностью работы предприятий связи является неравномерность нагрузки. Для большинства предприятий других отраслей народного хозяйства неравномерность нагрузки и соответственно выпуска продукции является отрицательным показателем, свидетельствующим о каких-то недостатках или неполадках в работе. Для предприятий связи неравномерность нагрузки также нежелательное явление, создающее большие трудности и сложности в организации работы, но практически неизбежное и неустраняемое. Дело в том, что нагрузку на сетях создаем мы, люди, своими переговорами, телеграммами и т. д. И делаем это в удобное для нас время, которое оказывается одним и тем же для большинства из нас. Поэтому ежедневно время с 18 до 21 час. является временем наибольшей нагрузки для отдельных предприятий и сетей электросвязи в целом. В ночные часы нагрузка мала. Кроме того нагрузка меняется по дням недели, особенно велика она в праздничные дни.

Большинство предприятий электросвязи работает круглосуточно, что прежде всего связано с огромными размерами территории, охватываемой сетями электросвязи.

8.4. ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КАДРЫ ОТРАСЛИ СВЯЗИ

Отрасль связи располагает профессиональными кадрами трех уровней квалификации: рабочими, техниками и инженерами. Кадры каждого уровня имеют различные специальности. Так, существует несколько десятков специальностей квалифицированных рабочих, более десяти специальностей техников и несколько специальностей инженеров.

Усиление степени автоматизации процессов передачи сообщений и неоднократная смена поколений аппаратуры требуют периодической переквалификации специалистов, а иногда и пересмотра номенклатуры специальностей. Постоянное развитие систем и сетей электросвязи предопределяет увеличение потребности в профессиональных кадрах. Подготовка кадров в отрасли связи ведется в основном через сеть учебных заведений, состоящую из профессионально-технических училищ, техникумов и институтов.

В настоящем учебном пособии сделана попытка раскрыть суть трех инженерных специальностей: автоматической электрической связи АЭС, многоканальной электрической связи МЭС, радиосвязи РС и радиовещания и телевидения РВ и Т. Эти специальности в общих чертах будут рассмотрены в гл. 9—11; там же приведены квалификационные характеристики инженеров этих специальностей. Здесь же ограничимся данными о назначении инженеров каждой из специальностей и общими требованиями к ним.

Инженеры АЭС, МЭС, РС, РВ и Т готовят для производственной, организационно-управленческой и проектно-исследовательской деятельности. Инженеры АЭС могут разрабатывать и эксплуатировать средства автоматической электро-

связи, прежде всего оборудование оконечных и узловых пунктов вторичных сетей ЕАСС (телефонной, телеграфной, передачи данных, факсимильной, передачи газет). Работают инженеры, как правило, на телеграфах, МТС, ГТС, различных узлах связи (РУС, ГУС, ЭТУС). Инженеры МЭС призваны разрабатывать и эксплуатировать системы передачи ЕАСС, которыми оснащены узлы и станции магистральной первичной и внутризоновых сетей. Работают они на МТС, в ТУСМ, а также в РУС, ГУС и ЭТУС. Инженеры РС, РВ и Т могут разрабатывать и эксплуатировать системы наземных и спутниковых радиолиний, звукового и телевизионного вещания. Инженеры этой специальности в основном работают на РТПЦ, РПЦ и РС, ТУСМ, ГРС.

Инженеры названных специальностей, занятые разработкой технических средств, оптимизацией систем и сетей, работают в научно-исследовательских и проектных организациях. Большой отряд инженеров занимается подготовкой кадров в училищах, техникумах и институтах. Часть инженеров рассматриваемых специальностей занята производством аппаратуры связи. Но этими вопросами в большей степени занимаются инженеры таких специальностей, как «Конструирование и производство радиоаппаратуры» и «Радиотехника». Эти специальности можно получить в ряде высших учебных заведений страны, в том числе и некоторых вузах связи.

Наконец, следует упомянуть о том, что инженеры АЭС, МЭС, РС, РВ и Т могут успешно работать на строительстве объектов связи (выполнять монтаж, наладку, испытание аппаратуры).

Независимо от специальностей и конкретного участка работы инженер должен иметь высокий уровень профессиональной подготовки, сочетать широкую фундаментальную научную и практическую подготовку, непрерывно пополнять свои знания, уметь на практике применять принципы научной организации труда, владеть передовыми методами управления.

Деятельность инженера не ограничивается решением только технических задач. На любом участке инженер руководит той или иной группой специалистов более низких уровней квалификации, т. е. является организатором работы и воспитателем, от которого зависит эффективность работы коллектива. Поэтому инженер должен обладать хорошим знанием основ марксистско-ленинского учения, широкой эрудицией и культурой.

Раздел 3. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ, МНОГОКАНАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ, РАДИОСВЯЗЬ, РАДИОВЕЩАНИЕ И ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Глава 9. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ

9.1. ОСНОВЫ ТЕХНИКИ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ

Телефонная связь — наиболее массовый и важнейший вид электросвязи

Телефонная связь, являясь наиболее доступным, удобным и массовым видом электросвязи, позволяет вести переговоры людям, находящимся друг от друга практически на любых расстояниях с помощью сравнительно простых и дешевых систем, реализующих этот вид связи. Именно поэтому современные телефонные сети значительно крупнее и разветвленнее сетей других видов электросвязи.

В сети телефонной связи нашей страны включены многие десятки миллионов телефонных аппаратов. Объем сообщений, передаваемых по телефонным системам, в несколько раз превышает суммарный объем сообщений, передаваемых по системам всех других видов связи.

Без широкого использования телефонной связи сегодня невозможно ни одно производство, развитие науки, культуры, процесс обучения. Без телефонной связи нельзя обеспечить надежную обороноспособность страны. Особо важную роль телефонная связь играет в управлении народным хозяйством.

Физические основы телефонной связи

Телефонная связь предназначена для двусторонней передачи на расстояние человеческого голоса (речи) с помощью электрических сигналов, обеспечивая тем самым возможность ведения переговоров.

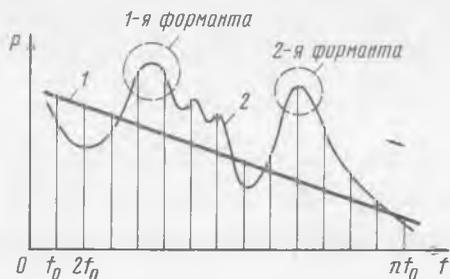


Рис. 9.1. Спектры колебаний:
1 — первичный звук; 2 — сформированный звук

Речь, как известно, представляет собой звуковое сообщение, создаваемое голосовым аппаратом и воспринимаемое органами слуха человека. Познакомимся подробнее с основными свойствами и характеристиками человеческой речи как звукового сообщения, а также с процессом слухового восприятия, свойствами и характеристиками органов слуха.

Звуки речи рождаются в речевом аппарате человека при выходе потока воздуха из легких через особую щель, образуемую голосовыми связками. Вибрирующие с определенной частотой голосовые связки периодически перекрывают щель, и воздух через нее проходит импульсами, образуя звуковые колебания, распространяющиеся в воздухе. Частота этих колебаний для каждого человека определенная и неизменная. Она определяет основной тон голоса человека. Если частота лежит в пределах 80 ... 320 Гц, то такой голос мы называем басом, если в пределах 100 ... 400 Гц — баритоном, а если в пределах 250 ... 1200 Гц — сопрано и т. д.

Однако в образовании звука участвует не только основная частота, но и огромное количество ее гармоник, занимающих довольно широкую полосу частот. Для русской речи эта полоса составляет примерно 80 ... 12000 Гц. Совокупность всех частот, образующих звуки, принято называть спектром частот звуковых колебаний.

После голосовой щели импульсы воздушных потоков, представляющие так называемый первичный звук, проходят через систему резонаторов, образуемых положением языка, зубов и губ в полости рта и носоглотки в процессе произнесения звуков. При этом происходит изменение параметров гармонических составляющих, в частности амплитуда одних усиливается, других ослабляется.

На рис. 9.1 показаны спектры первичного и сформированного резонаторами звука. Как видно из рисунка, некоторые частотные составляющие звука усилены, а другие ослаблены. Усиленные области спектра частот, выделенные кружочками, называются формантами. Звуки речи различных людей отличаются числом формант и их расположением в частотном спектре. Отдельные звуки могут иметь до шести формант, из которых только одна или две являются определяющими (основными). Они обязательно на-

ходятся в диапазоне частот 300 ... 3400 Гц, который называется диапазоном тональных частот. Между формантами лежат менее мощные составляющие звуковых частот. Однако именно они придают голосу каждого человека индивидуальность, тембр, позволяющие узнавать говорящего.

Таким образом, колебания голосовых связок приводят к упругому колебанию среды — окружающего воздуха, воспринимаемому слуховым аппаратом человека как звук. Речь как звуковое сообщение несет смысловую и эмоциональную информацию. Мощность звуковых колебаний, создаваемых звуковым аппаратом человека, невелика. При разговоре шепотом она составляет приблизительно 0,01 мкВт, в нормальном разговоре 10 мкВт, а при крике доходит до 5000 мкВт.

Слуховым аппаратом человека, воспринимающим звук, как известно, является ухо. Оно воспринимает колебания воздушной среды с частотами, лежащими в пределах 20 ... 20000 Гц. Однако чувствительность уха к разным по частоте колебаниям различна. Наибольшую чувствительность ухо имеет к частотам, лежащим в пределах 1000 ... 4000 Гц. Минимальная мощность звука, воспринимаемая ухом, называется порогом слышимости. Мощность, при которой в ухе возникают болевые ощущения, называется порогом болевого ощущения. Ухо способно изменять свою чувствительность к звуку в зависимости от мощности звуковых колебаний. При слабых звуках чувствительность уха высокая, а при сильных — понижена. Следовательно, слуховой аппарат человека обладает свойством адаптироваться к звуковой обстановке.

Аппаратура передачи речи

В системе телефонной связи к аппаратуре передачи речи относятся устройства: преобразования звуковых сообщений в электрические сигналы, обратного преобразования сигналов в звуковые сообщения и ряд вспомогательных. В качестве первого устройства, часто называемого акусто-электрическим преобразователем, используется микрофон. В качестве второго устройства, называемого электроакустическим преобразователем, служит телефон. В системах телефонной связи наибольшее применение имеют угольные микрофоны и электромагнитные телефоны. Познакомимся с ними поближе.

Угольный микрофон — преобразователь звуковых колебаний в электрические. Принцип его действия основан на свойстве угольного порошка изменять сопротивление электрическому току в зависимости от его плотности, изменяющейся под действием звуковых колебаний воздушной среды. Устройство угольного микрофона и схема его включения в электрическую цепь показаны на рис. 9.2. Основными элементами микрофона являются подвижный и неподвижный электроды, подключенные к электрической цепи, и угольный порошок, заполняющий пространство между электродами.

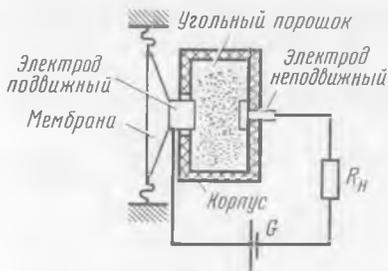


Рис. 9.2. Устройство и схема включения угольного микрофона

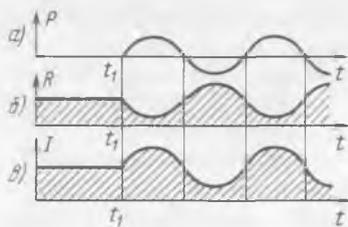


Рис. 9.3. Графики изменения звукового давления (а), сопротивления угольного порошка (б) и тока (в) в цепи

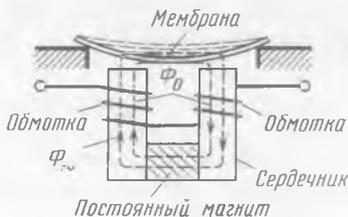


Рис. 9.4. Устройство электромагнитного телефона

Подвижный электрод жестко связан с мембраной, воспринимающей колебания окружающего слоя воздуха. Элементы микрофона помещены в общий корпус, изготовленный из токонепроводящего материала. Звуковые колебания воздуха приводят к соответствующим колебаниям мембраны. Вместе с мембраной колеблется, совершая горизонтальные движения, подвижный электрод, изменяющий плотность угольного порошка. При увеличении плотности порошка его сопротивление электрическому току уменьшается, а при уменьшении — увеличивается. Следовательно, ток в цепи будет изменяться прямо пропорционально изменению звукового давления (рис. 9.3).

При отсутствии звуковых колебаний ($P=0$) мембрана находится в состоянии покоя, сопротивление порошка не изменяется, а в цепи микрофона протекает неизменяющийся ток I . С появлением звуковых колебаний, т. е. началом изменения звукового давления (с момента t_1), ток начинает изменяться по закону изменения давления.

Электромагнитный телефон является преобразователем электрических колебаний в звуковые. Принцип действия его основан на взаимодействии магнитных потоков, создаваемых постоянным магнитом (Φ_0) и электромагнитом (Φ_{\sim}). Под действием результирующего (суммарного) потока мембрана телефона совершает колебательное движение, совпадающее с изменениями электрического тока, поступающего в обмотку электромагнита.

Основными элементами телефона (рис. 9.4) являются: постоянный магнит, электромагнит, состоящий из двух обмоток с сердечниками, и мембрана. В телефонных аппаратах применяются так

называемые капсюльные телефоны, размещаемые в микротелефонных трубках. Конструктивное исполнение их может быть различным.

В покое, т. е. при отсутствии тока в обмотках электромагнита, мембрана притянута к сердечникам под действием потока, создаваемого постоянным магнитом, имеет небольшой прогиб в сторону сердечников и неподвижна. Появление переменного электрического тока в обмотках электромагнита создает в сердечнике дополнительный переменный магнитный поток, имеющий направление либо совпадающее, либо противоположное направлению потока, создаваемого постоянным магнитом (рис. 9.5). В результате мембрана будет совершать колебательные движения, соответствующие изменению величины тока. Колебательные движения мембраны периодически уплотняют и разряжают окружающий слой воздуха и тем самым создают распространяющиеся колебательные движения частиц воздуха, воспринимающиеся ухом человека как звук.

К вспомогательным устройствам аппаратуры передачи речи относятся вызывные приборы, предназначенные для приема сигналов вызова: звонок, зуммер, электролампа и др. Вспомогательным, но обязательным является также устройство для передачи адресной информации, называемое номеронабирателем и вырабатывающее серии импульсов, соответствующих номеру вызываемого абонента. Номеронабиратели бывают дисковые и кнопочные.

Все элементы аппаратуры передачи речи конструктивно объединяются в прибор, называемый телефонным аппаратом. Структурная схема телефонного аппарата приведена на рис. 9.6. Когда трубка телефонного аппарата не снята, она нажимает своей массой на рычажной переключатель, держа его в нижнем положении, как показано на рисунке. При этом к линии подключен вызывной прибор, который срабатывает при появлении сигнала вызова. При снятии трубки с аппарата переключатель поднимается вверх и подключает к линии разговорные приборы и номеронабиратель, подготавливая аппарат к ведению переговоров.

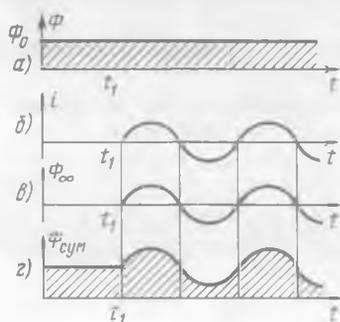


Рис. 9.5. Графики, поясняющие работу электромагнитного телефона:

а — поток постоянного магнита; б — изменение тока в обмотках; в — изменение потока электромагнита; г — суммарный магнитный поток

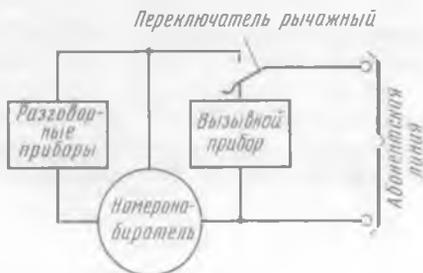


Рис. 9.6. Структурная схема телефонного аппарата

Понятие о коммутации

Для ведения переговоров телефонные аппараты ТА соответствующих абонентов должны быть электрически соединены друг с другом. Это соединение, как правило, проходит через несколько участков: абонентские и соединительные линии, один или несколько узловых пунктов УП сети. Совокупность этих участков образует соединительный тракт телевизионной передачи. Число участков тракта зависит от расстояния между абонентами и структуры построения сети. На рис. 9.7 показан соединительный тракт, состоящий из семи участков: двух АЛ, двух СЛ и трех УП. Процесс установления соединений между абонентами заключается в электрическом соединении (замыкании) определенных входящих и исходящих линий связи на узловых пунктах сети. После окончания переговоров происходит размыкание линий, в результате чего тракт распадается на отдельные участки.

Функции, выполняемые УП сети в процессе организации и распада соединительных трактов, называются коммутацией. Таким образом коммутацией каналов, или просто коммутацией называется процесс замыкания, размыкания и переключения электрических цепей. Коммутация осуществляется с помощью комплекса специальных устройств, объединяемых под общим названием телефонная станция коммутации, или телефонная станция (ТС). На рис. 9.7 в образовании тракта участвуют три телефонные станции.

Коммутация может осуществляться человеком с помощью определенных приспособлений или специальными автоматическими устройствами. В первом случае коммутационные станции называются ручными, во втором — автоматическими. На автоматических станциях процесс коммутации осуществляется под управлением специальных управляющих устройств, работающих от сигналов, несущих адресную информацию. Эти сигналы формируются вызывающим абонентом с помощью номеронабирателя.

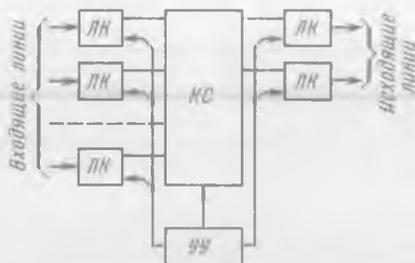
Сеть, в которой соединительные тракты сначала создаются специально для каждого телефонного разговора, а после его окончания распадаются на участки, называется коммутационно-ручной. Однако на сети могут быть абоненты, имеющие постоянные соединительные тракты или тракты, организуемые на определенные промежутки времени по расписанию.

Независимо от конструктивного исполнения оборудования и степени автоматизации станции коммутации имеют одну и ту же



Рис. 9.7. Соединительный тракт телефонной передачи

Рис. 9.8. Структурная схема станции коммутации



структурную схему, показанную на рис. 9.8. Основным элементом оборудования станции является коммутационная система КС, непосредственно выполняющая соединение входящих и исходящих линий на время разговора. Каждая входящая или исходящая линия имеет на станции индивидуальное оборудование, называемое линейным комплектом ЛК и обеспечивающее сигнализацию о поступлении вызова, подключение абонентской линии к другим элементам оборудования станции, трансляцию сигналов набора номера и др. Работой всех элементов оборудования станции управляет управляющее устройство УУ. Управляющее устройство может представлять собой специализированную ЭВМ или состоять из комплекса таких устройств как маркеры, регистры, пересчетчики, приемники и передатчики управляющих сигналов и др.

Кроме основных элементов, показанных на рисунке, станции имеют ряд вспомогательных устройств, необходимых для работы основных элементов. К ним относятся: устройства ввода и вывода, называемые кроссами, источники электропитания, приборы контроля, сигнализации, учета и др.

Коммутационные приборы

Коммутационными приборами называются устройства, способные скачкообразно изменять проводимость электрических цепей. Различают коммутационные приборы контактные и бесконтактные. В контактных приборах проводимость меняется путем замыкания и размыкания контактов, включенных в электрическую цепь. В бесконтактных приборах изменение проводимости достигается изменением какого-либо параметра (сопротивления, индуктивности или емкости) одного из элементов электрической цепи.

В технике телефонной связи широко используются электро-механические контактные коммутационные приборы. К ним прежде всего относятся электромагнитные реле, искатели и соединители. К бесконтактным коммутационным приборам относятся различные электронные реле, соединители и другие устройства.

Электромагнитное реле — это прибор, имеющий один вход и один выход, два устойчивых состояния и способный скачкообразно переходить из одного состояния в другое под действием

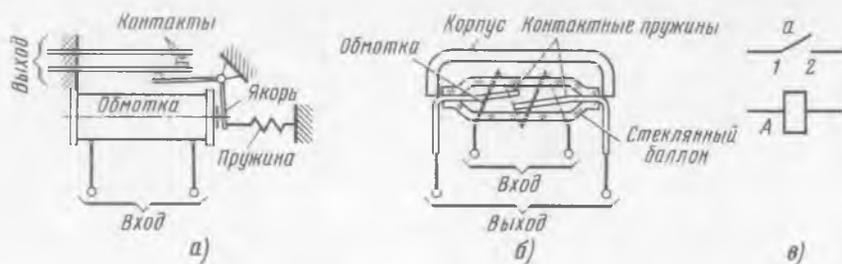


Рис. 9.9. Электромагнитные реле:

а — с открытыми контактами; б — с герметизированными контактами; в — условное обозначение реле в схемах

сигналов, поступающих на вход. В телефонной технике применяются в основном электромагнитные реле постоянного тока с открытыми и герметизированными контактами.

Реле с открытыми контактами (рис. 9.9, а) состоит из обмотки с сердечником, якоря с пружиной и контактов, укрепленных на плоских пружинных пластинах. Входом реле являются зажимы обмотки, а выходом — зажимы контактов.

При отсутствии тока в обмотке, т. е. в исходном состоянии, якорь под действием пружины оттянут от сердечника и контакты разомкнуты. Соответственно разомкнута выходная цепь. При появлении токового сигнала в обмотке якорь притягивается к сердечнику и, поворачиваясь на оси, вторым плечом нажимает на контактную пластину, замыкая контакты выходной цепи. Таким образом, контакты реле в зависимости от входного сигнала будут находиться в одном из двух состояний: замкнутом или разомкнутом. Реле могут иметь выход, содержащий несколько электрических цепей, а также несколько контактных пар, работающих на замыкание, размыкание или переключение.

Из многих типов реле с открытыми контактами наиболее широко применяются реле типов РПН и РЭС-14. Телефонное реле постоянного тока с плоским сердечником РПН может иметь от одной до трех обмоток и пакет контактных пружин с максимальным числом пружин 18. Основное достоинство реле РПН — простота конструкции. Реле РЭС-14, применяемое в основном в координатных АТС, содержит три независимых обмотки и пружинный пакет максимально с 24-контактными пружинами. По сравнению с РПН реле РЭС-14 имеет повышенную чувствительность, меньшие габариты и массу, большой срок службы.

Реле с герметизированными контактами (герконы) имеют контактные пружины, полностью изолированные от окружающей среды, так как помещены в заполненный инертным газом стеклянный баллон (рис. 9.9, б). Геркон помещается внутри обмотки и корпуса, выполненного из магнитного материала. При отсутствии тока в обмотке контактные пластины под действием сил упругости от-

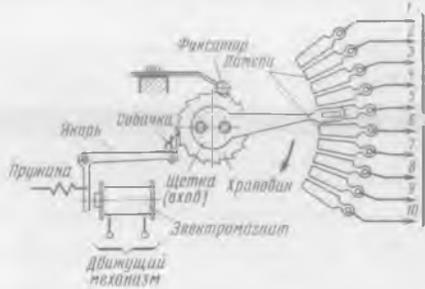


Рис. 9.10. Устройство шагового искателя

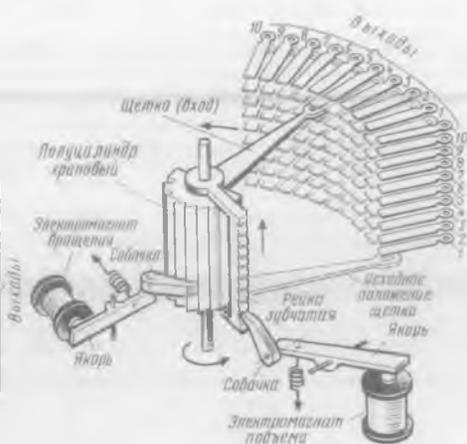


Рис. 9.11. Устройство декадно-шагового искателя

ходят друг от друга, размыкая выходную цепь. При появлении тока в обмотке образующийся магнитный поток, проходя через контактные пружины, притягивает их друг к другу, замыкая выходную цепь.

Основными достоинствами реле с герметизированными контактами являются: быстродействие, высокая надежность, хорошее качество контактов и малые габариты. На практике широко используются герконовые реле РЭС-46, РЭС-51 и РЭС-55.

Обозначение обоих типов реле на электрических схемах показано на рис. 9.9, в.

В коммутационной технике широко применяются электромеханические искатели — приборы с одним входом и m выходами и способные подключать вход к любому из выходов. Электромеханический искатель (рис. 9.10) имеет три основных части: подвижную щетку (ротор), к которой подключается вход искателя; неподвижные и изолированные друг от друга ламели (статор), образующие контактное поле, к которым подключены выходы, и движущий механизм. Искатели управляются импульсами, поступающими в движущий механизм. При этом каждый импульс перемещает щетку на один шаг с одной ламели на другую, соседнюю. Подобные искатели называются шаговыми.

Движущий механизм состоит из электромагнита и якоря с пружиной и собачкой. При поступлении импульса тока в обмотку электромагнита якорь притягивается к сердечнику. Во время перемещения якоря собачка, упираясь в зуб храпового колеса, поворачивает его, а вместе с ним и щетку на один шаг. По окончании импульса якорь под действием пружины отходит от сердечника, при этом собачка, скользя по скосу, перескакивает на следующий

зуб храпового колеса. Очередной импульс перемещает щетку на следующую ламель. Таким образом, число шагов щетки будет соответствовать числу поступивших импульсов. В результате щетка остановится на соответствующей ламели, создав контакт между ними. Тем самым установится соединение между входом (щеткой) и соответствующим выходом (ламелью).

В коммутационных системах используются шаговые искатели ШИ-11 и ШИ-17 с 10 и 15 рабочими выходами соответственно. Они близки по конструкции и отличаются емкостью контактного поля и конструкцией щеток.

Широкое применение в системах АТС нашли декадно-шаговые искатели ДШИ (рис. 9.11), имеющие 100 выходов с декадным построением контактного поля. Ламели расположены в десяти рядах по десять штук в каждом ряду. Щетка искателя совершает два последовательных движения — подъемное и вращательное под действием движущего механизма, имеющего два электромагнита с якорями. Управляющие импульсы тока вначале поступают в обмотку подъемного электромагнита, а затем в обмотку электромагнита вращения. При срабатывании подъемного электромагнита собачка, укрепленная на якоре, поднимает зубчатую рейку, а вместе с ней и щетку на один шаг вверх. При отпуске якоря собачка перескакивает на следующий зуб рейки. При каждом последующем импульсе, поступающем в обмотку, процесс повторяется. Число поступивших импульсов определит номер декады, напротив которой остановится щетка.

Каждый импульс, поступающий в обмотку вращающего электромагнита, поворачивает храповой полуцилиндр, а вместе с ним и щетку вокруг оси на один шаг в избранной декаде. При отпуске электромагнита собачка, скользя, перескакивает на следующий зуб полуцилиндра. Число поступивших импульсов определяет номер ламели в декаде, на которой остановится щетка. Тем самым вход искателя (щетка) оказывается соединенным с определенным выходом (ламелью) декады. Если, к примеру, на подъемный электромагнит поступили четыре импульса, а на вращающий девять, то щетка вначале поднимется на четыре шага (до четвертой декады), а затем повернется на девять шагов в декаде и, остановившись на девятой ламели, соединится с 49 выходом искателя. Такой метод управления процессом установления соединений называется непосредственным.

Широкое применение в современных автоматических телефонных станциях имеют коммутационные приборы, называемые многократными координатными соединителями (МКС). Многократные координатные соединители характеризуются числом входов n и числом выходов m , доступных каждому входу. По существу, МКС представляет собой конструктивное объединение n устройств с одним входом и m выходами каждый. Следовательно, всего может быть $m \times n$ выходов. Однако выходы часто за-

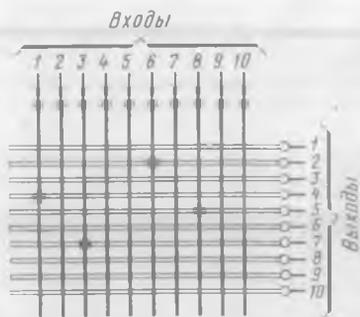


Рис. 9.12. Принцип устройства и работы МКС

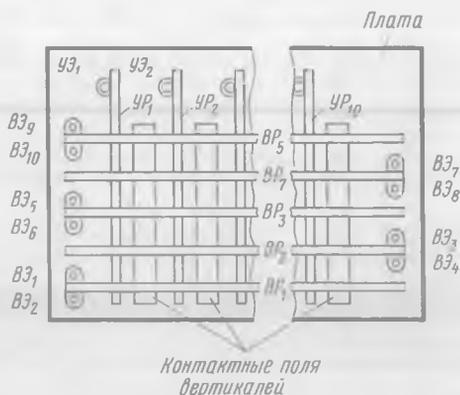


Рис. 9.13. Размещение элементов на плате МКС

параллеливают, поэтому МКС, как правило, имеют n входов и m выходов. Он может одновременно коммутировать до n соединений. По принципу устройства и работы МКС относятся к приборам релейного типа, в которых коммутация цепей осуществляется путем перемещения контактных пружин под воздействием якоря электромагнита.

Принцип работы МКС легко понять из рис. 9.12, на котором изображена координатная сетка, образуемая взаимно пересекающимися вертикальными и горизонтальными шинами. Если к вертикальным шинам сетки подключить входы, а к горизонтальным — выходы, то в местах пересечения шин создаются коммутационные точки, позволяющие соединить вход с любым выходом. Причем, одновременно могут быть соединены несколько или все входы с таким же числом выходов. В коммутационных точках МКС используются плоские контактные пружины. На рисунке кружками показаны точки, в которых соединены вертикальные и горизонтальные шины. В результате входы 1, 3, 6 и 8 соединены с выходами соответственно 4, 7, 2 и 5. Такой соединитель позволяет установить одновременно до десяти соединений.

Конструктивно МКС представляет собой коллективное реле с большим числом групп контактных пружин (рис. 9.13). Основными элементами его являются вертикальные блоки, или просто вертикали. Каждая вертикаль содержит контактные струны (шины) и m групп контактных пружин, составляющих контактное поле вертикали (рис. 9.14). Состояние контактов в группах вертикали обусловлено работой двух электромагнитов с рейками: удерживающего УЭ с рейкой УР и выбирающего ВЭ с рейкой ВР (см. рис. 9.13). Каждая вертикаль имеет свой УЭ, а число ВЭ равно числу контактных групп m . При срабатывании электромагнитов замыкаются контакты той группы вертикали, которые находятся

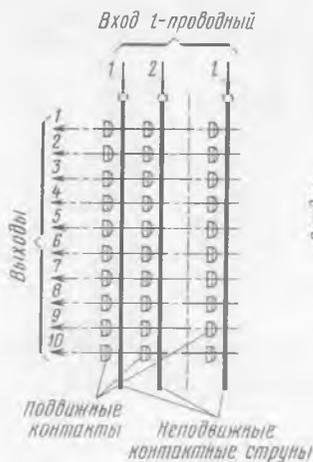


Рис. 9.14. Схема контактного поля вертикали

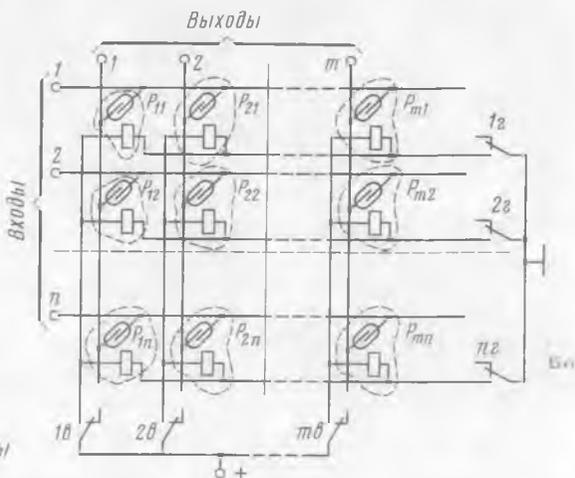


Рис. 9.15. Схема построения соединителя на герконовых реле

в точке пересечения соответствующих реек ВР и УР. Тем самым обеспечивается соединение входа (контактные струны вертикали) с одним из m выходов.

Процесс установления соединения в МКС проходит под управлением специального управляющего устройства — маркера. Маркер определяет электрические цепи (вход и выход), которые необходимо коммутировать, и подает в обмотки соответствующих электромагнитов ВЭ и УЭ управляющие сигналы. Вначале сигнал в виде импульса тока подается в обмотку ВЭ, например ВЭ₄. При этом рейка ВР₂, повернувшись, подготавливает к замыканию четвертые группы контактов всех вертикалей. После этого подается ток в обмотку соответствующего УЭ, например УЭ₂, который своей рейкой замкнет контакты подготовленной четвертой группы. В результате устанавливается соединение между вторым входом и четвертым выходом МКС.

Промышленность выпускает МКС, имеющие 10 или 20 вертикалей (входов) и 10 выходов при 6- или 12-проводных цепях. Принята следующая условная запись: МКС- $n \times m \times l$, где n — число вертикалей, m — емкость вертикалей, l — проводность коммутируемых цепей. Например, МКС-10 \times 10 \times 12 и МКС-20 \times 10 \times 6.

Многokратные соединители могут быть реализованы на различных герконовых реле (реле с герметизированными контактами). Упрощенная схема одного из таких соединителей, имеющих n входов и m выходов, приведена на рис. 9.15. Входы подключены к горизонтальным, а выходы — к вертикальным шинам. Как показано на рисунке, в точках пересечения к шинам подключены контакты реле. Замыкание любого контакта обеспечивает соедине-

Рис. 9.16. Схема электронного ключа



ние одного из входов с определенным выходом. Контакт срабатывает при подаче тока в обмотку данного реле. Для этого должны замкнуться соответствующие ключи в цепях управления процессом коммутации. Например, для срабатывания реле P_{12} необходимо замкнуть ключи 1 и 2 г. Контакт этого реле замкнется и соединит вход 2 с выходом 1. Если замкнуть ключи tb и ng , сработает реле P_{mn} и вход n соединится с выходом m и t . д.

На практике используются герконовые соединители типа МГС-8×8×2 и МГС-8×8×4, имеющие восемь входов, восемь выходов и обеспечивающие соответственно двух- и четырехпроводную коммутацию. Для управления герметизированными контактами могут быть использованы обмотки, намотанные на ферридовые сердечники. Соединители, реализованные на таких реле, имеют обозначение МФС (многократный ферридовый соединитель).

Соединители, реализованные на бесконтактных (электронных) элементах, имеют схему построения, аналогичную схеме соединителей на герконах. Отличие заключается в том, что в точках пересечения к шинам подключаются не герметизированные контакты, а электронные ключи. Ключи могут находиться в замкнутом или разомкнутом состоянии. В первом случае соответствующие шины (горизонтальная и вертикальная) оказываются электрически соединенными. Состоянием ключей управляет специальное устройство с помощью сигналов. На рис. 9.16 показана схема электронного ключа, реализованного на триоде. Для замыкания ключа (открытия триода) из управляющего устройства (на рисунке не показан) на базу триода подается отрицательный потенциал.

К коммутационным приборам предъявляются следующие основные требования: обеспечение высококачественного электрического контакта, достаточное быстродействие, высокая надежность и долговечность работы, простота и удобство обслуживания, невысокая стоимость.

Автоматические телефонные станции могут быть реализованы на различных коммутационных приборах. Станции, реализованные на шаговых и декадно-шаговых искателях, называются декадно-шаговыми. Станции, реализованные на МКС, называются

ются координатными. Станции, использующие герконовые коммутационные приборы, называются квазиэлектронными (почти электронными), а использующие электронные приборы — электронными. В историческом плане вначале появились АТС декадно-шаговые, затем координатные, потом квазиэлектронные и последними электронные.

Основные понятия теории телефонного сообщения

Для удовлетворения потребностей населения в телефонной связи созданы огромные сети, обеспечивающие передачу огромного количества информации. Обеспечение высококачественного функционирования сетей — задача весьма сложная как в теоретическом, так и практическом плане. Для теоретического исследования сетей используются специальные разделы математики — теория вероятности и математическая статистика, на основе которых создана теория массового обслуживания. Применительно к телефонной связи она получила название теории телефонного сообщения. Теория телефонного сообщения изучает процессы и закономерности прохождения сообщений по сети, определяет эффективность использования коммутационных систем и линий, а также вопросы качества обслуживания пользователей (абонентов). Важнейшими понятиями теории телефонного сообщения являются вызовы, нагрузка и потери.

Для передачи речевых сообщений между любыми абонентами сети предварительно должно быть установлено их непосредственное соединение, т. е. создана система телефонной связи. Процесс создания системы начинается по инициативе вызывающего абонента, который посылает на станцию специальный сигнал — заявку на установление соединения, несущую информацию об адресе вызываемого абонента. Этот начальный этап передачи сообщений называется вызовом.

На сети с огромным числом абонентов таких вызовов поступает много. В теории телефонного сообщения совокупность заявок, поступающих на станцию и подлежащих обслуживанию путем установления соединений между определенными входами и выходами, рассматривается как поток вызовов. Важным параметром потоков вызовов является интенсивность вызовов, под которой понимается число вызовов, появившихся в единицу времени. Вызовы поступают на станцию неравномерно, т. е. интенсивность вызовов является величиной непостоянной. Изучение закономерности изменения интенсивности вызовов — одна из задач теории телефонного сообщения.

Однако знание характера и параметров потоков вызовов недостаточно для правильного построения и расчета коммутационных систем и потребного числа линий. Необходимо еще знать суммарное время обслуживания вызовов, поступающих в единицу времени,

Рис. 9.17. Характер изменения интенсивности телефонной нагрузки в течение суток для станций, обслуживающих производственные предприятия (кривая 1) и жилой микрорайон (кривая 2)



которое принято называть нагрузкой. Например, если на станцию за 1 ч поступают 100 вызовов, то для последовательного обслуживания всех вызовов со средней затратой времени на каждый вызов 1/10 ч (6 мин) потребуется суммарное время 10 ч. Именно столько времени будут заняты коммутационные приборы и линии, обслуживающие вызовы. Это и есть нагрузка, которая измеряется в часо-занятиях.

Для подсчета нагрузки используется выражение $Y = Nct$, где N — число источников нагрузки, например число абонентов; c — число вызовов за час от одного источника; t — длительность обслуживания вызова.

Вызовы можно обслуживать не только последовательно, один за другим, но и параллельно, одновременно используя несколько приборов станции и соединительных линий. Например, если в обслуживании тех же вызовов будут участвовать 10 приборов и 10 линий, то поступившие 100 вызовов будут обслужены за 1 ч. В случае параллельного обслуживания вызовов используется параметр, называемый интенсивностью нагрузки. Интенсивность нагрузки измеряется в часо-занятиях, отнесенных к часу. Единица измерения интенсивности нагрузки «Эрланг», названа в честь основоположника теории телефонного сообщения — датского математика А. К. Эрланга. Один Эрланг (Эрл) — это такая интенсивность нагрузки, при которой в течение одного часа будет обслужена нагрузка в одно часо-занятие.

Интенсивность нагрузки на телефонных сетях в сутки подвержена резким колебаниям. Максимум интенсивности нагрузки приходится на дневные, а минимум — на ночные часы. На рис. 9.17 приведены графики, показывающие примерный характер изменения интенсивности нагрузки в течение суток для двух телефонных станций, одна из которых обслуживает производственные предприятия (кривая 1), а другая — жилой микрорайон (кривая 2). На графиках можно проследить начало рабочего дня, обеденный перерыв и конец рабочего дня (кривая 1). На второй станции нагрузка растет после рабочего дня, когда люди вернулись домой с работы. На каждом графике можно найти максимальную интенсивность нагрузки. Объем оборудования станции и число соединительных линий расчи-

тываются из условия нормальной работы станции в периоды наибольшей нагрузки. Поэтому весьма важно знать час наибольшей нагрузки ЧНН, под которым понимается непрерывные 60 мин суток, в течение которых наблюдается максимальная интенсивность нагрузки.

На станциях коммутации не все поступающие вызовы могут быть обслужены немедленно из-за отсутствия в нужный момент свободных исходящих линий. В этом случае вызывающий абонент получает сигнал «Занято», означающий отказ в установлении соединения. Такой необслуженный вызов называют потерянными, а сам факт необслуживания — отказом.

Есть системы коммутации, в которых абонент при занятых выходах не получает отказа, а ожидает освобождения одной из линий, после чего соединение будет установлено. Такие системы называются системами коммутации с ожиданием.

Число потерянных вызовов в единицу времени в системах с потерями и число одновременно ожидающих абонентов в системах с ожиданием характеризуют качество обслуживания.

Принцип построения автоматических телефонных станций

Принципы построения и структура телефонных станций определяются принятым способом коммутации, типом используемых коммутационных приборов и числом входящих и исходящих линий.

В современных автоматических телефонных станциях применяются два способа коммутации: пространственный и временной.

Пространственная коммутация осуществляется с помощью описанных выше коммутационных приборов. При этом, как известно, происходит электрическое соединение (замыкание) входящей и исходящей линий на время передачи сообщения, т. е. на время переговоров. После окончания переговоров происходит разъединение (размыкание) линий. Эти операции выполняются для каждого разговора.

При временной коммутации по каждой соединительной линии передается не один, а сразу много сигналов, образующих групповой сигнал. Каждый индивидуальный сигнал, входящий в групповой, занимает в нем определенную временную позицию, т. е. передается в строго определенные моменты времени. Это обстоятельство используется при временной коммутации. Любой индивидуальный сигнал может быть выделен из группового и направлен в нужную абонентскую линию путем подключения последней к линии группового сигнала в определенные моменты времени.

Наибольшее распространение имеют АТС с пространственной системой коммутации, в которых используются контактные коммутационные приборы. Временная коммутация применяется в новей-

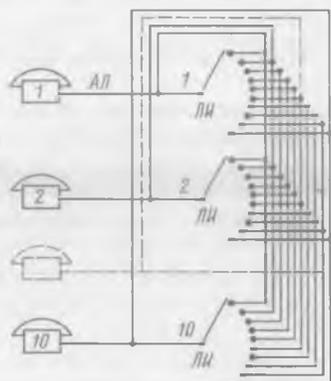


Рис. 9.18. Структурная схема шаговой АТС на десять номеров

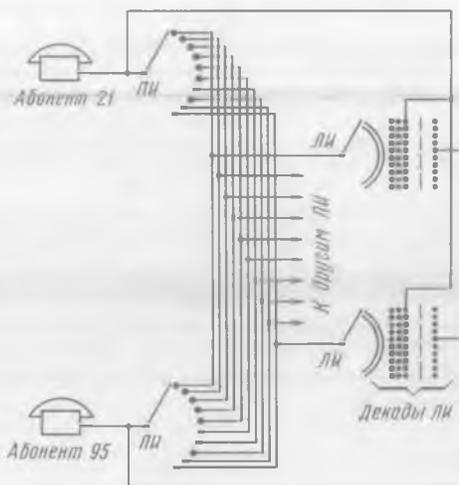


Рис. 9.19. Структурная схема декадно-шаговой АТС на 100 номеров со ступенью ПИ

ших электронных АТС, использующих бесконтактные коммутационные приборы.

В настоящее время на сетях телефонной связи работают автоматические телефонные станции четырех типов: декадно-шаговые, координатные, квазиэлектронные и электронные. Старейшими из всех являются декадно-шаговые АТС, с которых и начнем знакомство с принципами построения станций.

Простейшая АТС на десять номеров может быть построена с помощью десяти шаговых искателей (рис. 9.18). Телефонный аппарат каждого абонента через абонентскую линию подключается к щеткам своего искателя. Одноименные выходы всех искателей запараллелены, т. е. контакты с одноименными номерами объединены в отдельные цепи и к каждой из них подключается абонентская линия. Номер абонентской линии соответствует номеру контактов, к которым она подключена. Для установления соединения вызывающий абонент должен снять телефонную трубку и с помощью номеронабирателя набрать цифру, соответствующую номеру вызываемого абонента. При этом на движущий механизм своего искателя на станции поступит соответствующее число импульсов. Щетка искателя повернется и остановится на ламели, к которой подключена линия вызываемого абонента. Тем самым будет установлена связь между абонентами. После окончания разговора щетка по сигналу абонентов (положенная трубка) возвращается в исходное состояние.

Искатели, в контактное поле которых включаются линии абонентов, называются *линейными* ЛИ. Совокупность искателей, выполняющих одинаковые функции в процессе установления соеди-

нения на станции, называются ступенью искания. В данном случае станция имеет одну ступень линейного искания.

Телефонную станцию на 100 номеров можно построить, используя 100 штук ДШИ. Каждая абонентская линия подключается к щеткам своего ДШИ и к одноименным контактам поля всех 100 искателей. Абоненты имеют двухзначные номера, соответствующие номеру контактов поля искания. Для установления соединения вызывающий абонент набирает двухзначный номер вызываемого абонента. При этом первая серия импульсов набора управляет вынужденным подъемным движением щетки абонентского искания АИ. Вторая серия импульсов заставляет щетку совершать вынужденное вращательное движение. В результате она останавливается на ламели, к которой подключен вызываемый абонент, и между вызывающим и вызываемым абонентами устанавливается соединение.

Построение АТС по принципу непосредственного включения абонентских линий в ЛИ типа ДШИ является неэкономичным, так как требует большого числа дорогостоящих искателей, использующихся, к тому же, весьма неэффективно. Дело в том, что как показывает практика, одновременно ведут переговоры не более 20 из 100 абонентов станции. Следовательно, работают 20 ДШИ, а остальные 80, как правило, простаивают.

Для лучшего использования ДШИ их делают общими, т. е. предоставляют абонентам только на время разговоров. Это достигается введением в схему ступени предварительного искания (ПИ) для каждой абонентской линии (рис. 9.19). С помощью ступени ПИ обеспечивается подключение абонентской линии к любому из свободных ЛИ. На ступени ПИ используются простые и сравнительно недорогие шаговые искатели. Абонентские линии подключаются к щеткам ПИ и многократно к определенным ламелям контактного поля ЛИ. Станция на 100 номеров имеет 100 ПИ (ШИ) и 10 ЛИ (ДШИ).

Процесс установления соединения на такой станции происходит следующим образом. При снятии абонентом телефонной трубки ПИ автоматически отыскивает и подключает свободный ЛИ к линии вызываемого абонента. Щетки ПИ при этом выполняют свободное предварительное искание, так как это происходит до набора номера абонентом. После подключения к свободному ЛИ абонент набирает двухзначный номер вызываемого абонента. Сигналы набора поступают в движущий механизм ДШИ и управляют движением щетки. После двух движений (подъемного и вращательного) щетка останавливается на соответствующей ламели и тем самым устанавливает соединение между абонентами.

Емкость рассмотренных АТС определяется емкостью контактного поля искателей. Однако возможности увеличения емкости контактного поля искателей ограничены конструктивными сложностями и их стоимостью. Оптимальными в техническом и экономическом отношении являются ДШИ на 100 выходов.

Увеличение емкости декадно-шаговых АТС при заданной емкости искателей достигается за счет введения дополнительной ступени группового искания ГИ между ступенями ПИ и ЛИ. Сущность группообразования заключается в том, что общая емкость АТС делится на группы, емкость которых равна емкости контактных полей ЛИ. Ступень ГИ производит выбор группы, в которой находится линия вызываемого абонента. На ступени ГИ используются такие же искатели, что и на ступени ЛИ. Так, емкость АТС на 1000 номеров делится на 10 групп по 100 линий в группе. Каждая группа ЛИ содержит 10 ДШИ с запараллеленными одноименными выходами контактного поля, к которым подключены 100 абонентских линий группы. Каждая группа ЛИ параллельно включается в отдельную декаду всех ГИ. Таким образом, от первой декады ГИ образуется 10 выходов, которые подключаются к щеткам 10 ЛИ, обслуживающих первую сотню абонентов, от второй декады — 10 выходов к десяти ЛИ, обслуживающих вторую сотню абонентов и т. д.

Процесс установления соединения начинается со снятия телефонной трубки. При этом ПИ подключает линию к свободному ГИ. О занятии ГИ сигнализирует появление постоянного зуммера в трубке. После этого абонент приступает к набору трехзначного номера. Первая серия импульсов поднимает щетку ГИ на соответствующую декаду. Этим самым производится выбор группы (сотни), в которой находится вызываемый абонент. После подъемного движения щетка осуществляет свободное вращательное движение до тех пор, пока не найдет выход к свободному ЛИ группы (одному из десяти). Вторая и третья серии импульсов набора управляют движением щетки ЛИ, соответственно поднимая и вращая ее до ламели вызываемого абонента. В результате устанавливается соединение между абонентами. Упрощенная структурная схема станции на 1000 номеров приведена на рис. 9.20, а. Таким образом, введение ступени ГИ позволило увеличить емкость АТС в 10 раз.

Для увеличения емкости до 10 000 номеров необходимо введение второй ступени ГИ. В этом случае применяется четырехзначная нумерация абонентов. При снятии телефонной трубки ПИ подключает аппарат к свободному ГИ. После ответа станции (постоянный зуммер) абонент набирает номер вызываемого абонента. Импульсы первой цифры производят подъем щетки ГИ на соответствующую декаду. При этом выбирается тысяча, в которой находится вызываемый абонент. Затем щетка совершает свободное вращательное движение до выхода к свободному ПГИ. Импульсы второй цифры набора поднимают щетку ПГИ на нужную декаду. Тем самым выбирается сотня, в которой находится вызываемый абонент. В межсерийный период щетка совершает свободное вращательное движение, отыскивая выход к свободному ЛИ. Третья и четвертая цифры управляют движением щетки ЛИ до остановки на ламели, к которой подключена линия вызываемого абонента. Упрощенная структурная схема станции на 10 000 номеров приведена на рис. 9.20, б.



Рис. 9.20. Упрощенные структурные схемы АТС на 1000 (а) и 10 000 (б) номеров

Дальнейшее увеличение емкости АТС достигается введением третьей и четвертой ступеней группового искания.

Декадно-шаговые станции в настоящее время применяются как на местных, так и на междугородных телефонных сетях в качестве сельских, городских АТС и АМТС.

Основным коммутационным прибором координатных АТС является многократный координатный соединитель МКС, имеющий большие коммутационные возможности, обеспечивающий лучшее качество разговора тракта, чем шаговые искатели, и требующий совершенно других методов и устройств управления. Все эти особенности привели к тому, что принципы построения координатных АТС значительно отличаются от принципов построения декадно-шаговых АТС.

К основным особенностям координатных АТС относятся:

применение звеньев принципа построения ступеней искания, позволяющего существенно экономить оборудование, необходимое для построения коммутационных систем;

использование ковенного метода управления процессом установления соединений из-за того, что декадный метод выдачи адресной информации не совпадает с принципом управления МКС;

применение групповых управляющих устройств, обеспечивающих экономию оборудования и повышающих гибкость управления по сравнению с индивидуальными управляющими устройствами.

Координатные АТС (АТСК) (рис. 9.21) имеют три ступени искания: абонентского, группового и регистрового РИ. Оборудование каждой ступени искания состоит из коммутационных блоков с определенным числом входов и выходов. Каждая линия включается в отдельный вход одного из блоков ступени, поэтому число блоков зависит от общего числа включаемых линий. Ко входам ступени АИ подключаются абонентские линии, а к выходам — линии ступени ГИ через исходящий шнуровой комплект ИШК и линии от последнего звена ступени ГИ через входящий шнуровой комплект ВШК. Ступень АИ устанавливает два вида соединений: исходящие — от линии вызывающего абонента и входящие — к линии вызываемого абонента. При исходящих соединениях ступень АИ выполняет функции ступени ПИ, работающего в режиме свободного искания, а при входящих соединениях — функции ступени АИ шаговых АТС. Исходящее соединение при этом устанавливается через два звена, а входящее, в зависимости от типа станции, через три или четыре звена. Звеньевое включение позволяет существенно экономить оборудование, необходимое для построения коммутационных систем.

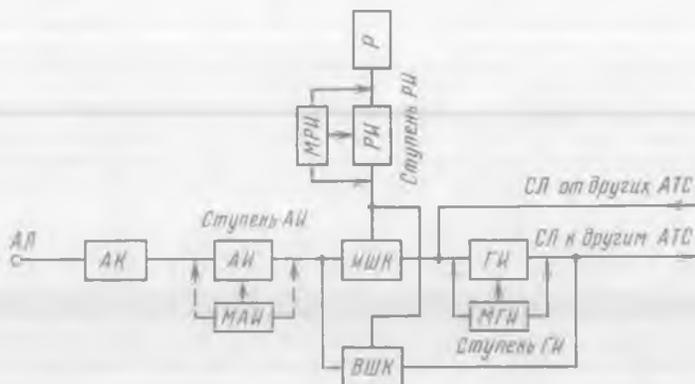


Рис. 9.21. Структурная схема координатной АТС

В зависимости от емкости и числа направлений координатные АТС имеют одну или две ступени ГИ. Ко входам ступени ГИ подключаются линии от ступени АИ через ИШК и соединительные линии от других телефонных станций. К выходам ГИ подключаются линии к последнему звену ступени АИ через ВШК и соединительные линии к другим АТС. На ступенях ГИ, как правило, используются двухзвенные коммутационные блоки.

Основными элементами управления станции являются регистры (Р) и маркеры. Регистры принимают адресную информацию по абонентской линии при исходящем соединении, запоминают ее и после анализа выдают на маркеры ступеней искания сигналы, управляющие установлением соединений на отдельных ступенях. Каждая ступень искания имеет свои маркеры — МАИ, МГИ, МРИ.

Установление соединения на координатной АТС происходит следующим образом. Снятие телефонной трубки абонентом фиксируется на станции как сигнал запроса и подается в маркер ступени АИ — МАИ. Последний определяет линию вызывающего абонента, находит свободный ИШК и, посылая импульсы на выбирающий и удерживающий электромагниты МКС обоих звеньев ступени АИ, соединяет абонентскую линию с ИШК и отключается. Далее по сигналу ИШК маркер ступени регистра определяет номер занятого ИШК, находит свободный регистр и подключает его через ИШК к абонентской линии. После этого из схемы регистра абоненту посылается сигнал, разрешающий набор номера (непрерывный зуммер). Цифры набора поступают в регистр и запоминаются им. Дальше цифры номера поочередно специальным кодом по запросу передаются в маркер ГИ. Проанализировав цифры, маркер определяет нужное направление и, отыскав свободный выход, производит соединение занятого ИШК с выходом. При внутростанционном (местном) соединении абонентская линия подключается к ступени АИ через ВШК. В этот момент из регистра в МАИ поступают последние три цифры

номера вызываемого абонента. Маркер АИ, предварительно убедившись, что вызываемый абонент свободен, производит соединение через все звенья АИ. В результате линии вызывающего и вызываемого абонентов будут соединены. После этого регистр отключается, а из схемы ВШК в линию вызываемого абонента подается сигнал вызова. Если вызываемый абонент занят, то по сигналу МАИ все приборы отключаются, а в линию вызывающего абонента из своего абонентского комплекта АК посылается сигнал «Занято». При входящих соединениях МГИ и МАИ получают информацию об адресе соединения от регистра исходящей станции через соединительные линии.

Координатные АТС в настоящее время имеют наиболее широкое применение на всех участках общегосударственной телефонной сети.

В квазиэлектронных АТС (АТСКЭ) основой коммутационной системы являются матричные соединители, построенные на герконовых реле. Из матричных соединителей путем звеньевого включения создаются коммутационные блоки различной емкости подобно тому, как это делается в координатных АТС. Коммутационные блоки бывают двух типов: абонентских линий БАЛ и соединительных линий БСЛ. На станциях АТСКЭ средней емкости (до 10 000 номеров) используются БАЛ на 1024 входа и 256 выходов. На станциях большей емкости применяются БАЛ на 4096 входов и 1024 выходы. Блоки абонентских линий выполняют функции концентрации (сжатия) и смешивания исходящей абонентской нагрузки. Блоки соединительных линий предназначены для смешивания нагрузки, поэтому имеют число входов, равное числу выходов. Квазиэлектронные АТС средней емкости имеют БСЛ на 256 входов и 256 выходов, станции большой емкости — БСЛ на 1024 входов и 1024 выходов.

На рис. 9.22 приведена упрощенная схема коммутационной системы квазиэлектронной АТС. Система содержит четырехзвенные БАЛ и БСЛ. Ко входам БАЛ через абонентские комплекты подключены линии ШК. К выходам БСЛ через исходящие и входящие комплекты подключены соединительные линии (ИКСЛ и ВКСЛ) к другим АТС и узлам. Кроме указанных комплектов в выходы включены служебные комплекты СК, предназначенные для приема и передачи различных акустических сигналов и сигналов управления и взаимодействия элементов в процессе установления соединения.

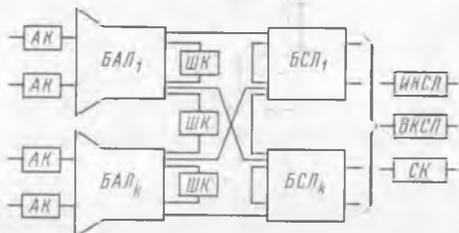


Рис. 9.22. Схема построения коммутационной системы квазиэлектронной АТС

Приведенная коммутационная система позволяет осуществлять внутристанционные, исходящие, входящие и транзитные соединения. В установлении внутристанционного соединения участвуют только БАЛ, которые соединяют абонентов, включенных в один или разные блоки с помощью шнуровых комплектов. При исходящей связи соединение происходит через АК, точки коммутации БАЛ и БСЛ и ИКСЛ. Входящее соединение проходит через ВКСЛ, БСЛ, БАЛ и АК. В транзитном соединении участвуют БСЛ, а также комплекты ИКСЛ и ВКСЛ. Во всех случаях соединительный тракт образуется через восемь звеньев.

Работой коммутационной системы КС управляет центральное управляющее устройство ЦУУ. В качестве ЦУУ используется специализированная ЭВМ, называемая электронной управляющей машиной ЭУМ (рис. 9.23). Помимо ЭУМ в процессе установления соединений принимают участие периферийные управляющие устройства ПУУ, являющиеся промежуточными элементами между ЦУУ и коммутационной системой. Они по командам от ЭУМ непосредственно управляют работой коммутационной системы с учетом состояния абонентских соединительных линий и служебных комплектов. Кроме того, они обеспечивают согласование временных и энергетических параметров сигналов, передаваемых между ЦУУ и коммутационной системой.

Высокая степень концентрации управления в квазиэлектронных АТС предъявляет особые требования к надежности работы ЦУУ (ЭУМ). Повышение надежности достигается за счет резервирования ЭУМ. На АТС получили распространение двухмашинные ЦУУ. Использование двух параллельно работающих машин позволяет не только повысить надежность работы управляющих устройств, но и поднять достоверность обслуживания вызовов, поскольку машины, выполняющие одни и те же операции, на каждом этапе сравнивают результаты своей работы и только при их совпадении выдаются команды в ПУУ.

На телефонных сетях нашей страны в настоящее время идет внедрение квазиэлектронных АТС. Для сельских сетей разработаны телефонные станции «Исток» емкостью до 4000 номеров. В учрежде-

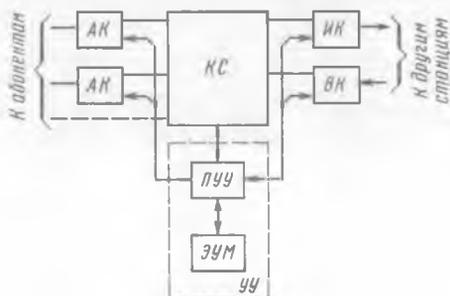


Рис. 9.23. Функциональная схема АТС с электронным управляющим устройством.

ниях устанавливаются станции типа «Квант» емкостью от 64 до 2048 номеров.

Электронные АТС могут быть построены с пространственной и временной коммутацией. В АТС с пространственной коммутацией в качестве коммутационных элементов применяются электронные координатные соединители, построенные по принципу электромеханических МКС. Вместо механических контактов в них используются электронные ключи, состоянием которых управляют электронные управляющие устройства. Однако подобные коммутационные системы имеют недостатки. Самый серьезный из них — низкое качество электронных ключей, которые в открытом состоянии вносят заметное затухание в разговорную цепь. Так как в образовании разговорных трактов принимают участие несколько контактов, то качество связи оказывается низким, и к тому же оно меняется при изменении числа контактов. Поэтому в электронных АТС применяется, как правило, временная коммутация.

В основу построения станций с временной коммутацией положен принцип временного разделения каналов, используемый в аппаратуре импульсно-кодовой модуляции ИКМ. Это обстоятельство практически объединяет системы передачи и системы коммутации и создает основу для построения единых систем связи, способных передавать любые сигналы и получивших название интегральных цифровых систем связи ИЦСС.

Коммутационная система электронных АТС имеет много общего с коммутационными системами других типов АТС. Однако работа коммутационной системы электронной АТС принципиально отличается от них, поскольку в последнем случае коммутационная система представляет собой квадратную матричную схему, горизонтальные шины которой служат входами, а вертикальные — выходами. В точках пересечения горизонталей и вертикалей матрицы включаются электронные ключи ЭК (рис. 9.16), которые под действием сигналов периферийного управляющего устройства открываются в определенные промежутки времени, соединяя входящие и исходящие линии. На входы матрицы поступают групповые ИКМ-сигналы, получаемые с разных направлений. Коммутационная система позволяет выделить любой индивидуальный сигнал из любого группового сигнала и направить на любой выход, осуществляя перегруппировку ИКМ-сигналов по направлениям. Именно в этом заключается смысл работы коммутационных систем электронных АТС. При этом происходит пространственная (по направлениям) и временная коммутация.

Структурная схема реальных электронных АТС с временной коммутацией значительно сложнее. Дополнительными элементами таких АТС являются устройства преобразования непрерывных телефонных сигналов в дискретные и наоборот. Эти устройства вместе со своими периферийными управляющими устройствами размещаются на подстанциях, связанных с основной станцией, выпол-

нящей временную коммутацию. На самой станции кроме коммутационной системы имеются устройства памяти, которые запоминают и сохраняют элементы сигналов в процессе их перегруппировки, и ряд вспомогательных элементов, не показанных на рис. 9.23.

В настоящее время начинается выпуск электронных АТС, предназначенных для городских телефонных сетей. Максимальная емкость станции 64 тыс. номеров. Разрабатывается и ряд других электронных станций.

Принципы управления процессами коммутации. Электронные управляющие машины

Как известно, процесс коммутации на станциях состоит из нескольких этапов, выполняемых в определенной последовательности на различных ступенях искания. На каждой ступени происходит электрическое соединение определенных входящих и исходящих линий коммутационных приборов. Для выполнения этой операции предварительно необходимо определить (найти): входящую линию, по которой поступил вызов, нужную выходящую линию и убедиться, свободна ли последняя. Все эти сложные и ответственные операции, включая непосредственное соединение, выполняются под управлением специальных устройств, являющихся важнейшим элементом любых станций коммутации, которые называются **управляющими устройствами**.

Основными функциями УУ являются:

прием от абонентских аппаратов сигнала вызова станции (снятие телефонной трубки), импульсов набора номера (адресная информация) и сигнала об окончании разговора (трубка положена на место);

анализ и распределение управляющих сигналов по отдельным элементам КС;

определение состояния коммутационных приборов и линий;

определение соединительного пути между входом и нужным выходом через ступень искания;

включение коммутационных приборов, производящих непосредственное соединение и разъединение;

формирование и посыла акустических сигналов абонентам о состоянии соединения («Ответ станции», «Занято», «Вызов» и др.).

Управляющие устройства могут быть индивидуальными и групповыми. В первом случае каждое УУ обслуживает один коммутационный прибор и занимается на время установления соединения и ведения переговоров между абонентами. Во втором случае каждое УУ обслуживает в определенной последовательности группу коммутационных приборов. Такие УУ занимаются только на время установления соединения.

В зависимости от способа использования сигналов, несущих адресную информацию, различаются УУ с непосредственным и косвенным управлением. Непосредственное управление

применяется на АТС с индивидуальными УУ. В таких устройствах импульсы набора номера, посылаемые абонентами, непосредственно используются для работы коммутационных приборов. Благодаря этому процесс коммутации осуществляется одновременно с набором номера вызываемого абонента. Если АТС имеет несколько ступеней искания, то УУ разных ступеней работают последовательно по мере набора цифр номера. Вначале работает УУ ступени ПИ, затем под действием импульсов набора первой цифры работает УУ ступени ГИ, а импульсы последних двух цифр используются УУ ступени ЛИ. При этом количество набираемых абонентами цифр зависит от числа ступеней искания станции. Поскольку число ступеней искания, участвующих в соединении, может быть различным, то для вызова одного и того же абонента разным абонентам приходится набирать разное количество цифр.

При косвенном управлении количество набираемых абонентами цифр остается постоянным, т. е. не зависит ни от числа ступеней искания, ни от структуры сети. Косвенное управление может использоваться как в индивидуальных, так и групповых УУ. При этом импульсы набора номера запоминаются регистром. Проанализировав полученные импульсы, регистр формирует и передает сигналы на УУ всех ступеней искания станции, которые обеспечивают срабатывание соответствующих коммутационных приборов. В результате будет установлено соединение. После этого регистр освобождается и может быть использован для обслуживания других вызовов. Такие системы управления называются регистра-выми.

При регистровом управлении процесс приема импульсов набора номера вызываемого абонента и процесс установления соединений на ступенях искания разделены во времени. Регистр и управляющие устройства обслуживают вызовы с момента их появления до установления соединения. Чем меньше это время, т. е. чем выше быстродействие элементов управляющих устройств, тем большее число коммутационных приборов может быть обслужено.

Наибольшим быстродействием обладают УУ, реализованные на электронных элементах. Электронные УУ способны обслуживать сразу группу коммутационных приборов или даже всю коммутационную систему АТС. В последнем случае УУ станции состоит из периферийных управляющих устройств и электронной управляющей машины (см. рис. 9.23). Периферийные управляющие устройства предназначены для приема импульсов набора номера, определения состояния линий вызываемых абонентов с помощью абонентского комплекта или состояния соединительных линий через ИКСЛ и ВКСЛ. Вся эта информация из ПУУ передается в ЭУМ для анализа и выработки команд. Команды возвращаются на ПУУ и используются для управления работой коммутационных приборов.

Применение электронных УУ и ЭУМ не только многократно ускоряет процесс коммутации, но и значительно расширяет возмож-

ности станции, повышает эффективность использования станционных и линейных сооружений, делает сеть более гибкой и обеспечивает дополнительные услуги абонентам. Кроме того, ЭУМ позволяют автоматизировать учет переговоров, контроль за состоянием элементов станции, выявление неисправностей, сбор и обработку различных статистических данных и др. Электронные УУ используются в квазиэлектронных и электронных АТС.

Направления и перспективы развития телефонной связи

Перспективы развития телефонной связи на ближайшие годы и на период до 2000 года определены решениями XXVII съезда КПСС и постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР, от 23 января 1985 года. Основная цель постановления — обеспечение в стране развития телефонной связи такими темпами, чтобы в ближайшие годы достичь уровня, соответствующего растущим потребностям народного хозяйства страны. В течение двенадцатой пятилетки предстоит телефонизировать все медицинские учреждения, школы, ясли, сады, пионерские лагеря, предприятия торговли, бытового обслуживания в сельской местности. Только в городах в 1986—1990 г. будут введены новые АТС общей емкостью 10 млн. номеров. Количество междугородных таксофонов к 1990 г. возрастет в 2,5 ... 3 раза, а к 2000 г. — в 6 ... 7 раз по сравнению с 1985 годом. К 2000 г. услуги населению по сравнению с текущей пятилеткой увеличатся в 5 раз.

В сельской местности телефонные сети будут развиваться на базе координатных и квазиэлектронных АТС, а в городах — на базе квазиэлектронных и электронных АТС с электронными управляющими машинами.

В двенадцатой пятилетке для организации межстанционных связей предполагается все шире использовать системы передачи с ИКМ. Начнется массовая прокладка волоконно-оптических линий связи. Многие предстоит сделать для улучшения технической эксплуатации и организации функционирования телефонных сетей, а также расширения видов обслуживания абонентов. Сегодня многие абоненты уже имеют более удобные кнопочные наборные устройства с памятью, позволяющие путем нажатия одной кнопки повторять вызов или устанавливать соединение с наиболее часто вызываемым абонентом. Значительно улучшают обслуживание абонентов квазиэлектронные и электронные АТС, которые позволяют: при отсутствии абонента на месте автоматически переводить вызовы на другие телефоны; сигнализировать о поступлении вызова при разговоре; ожидать освобождения при занятости абонента другим телефонным разговором; подавать различные предупредительные сигналы («Подъем», «Конец рабочего дня» и др.); вести циркулярную связь со многими абонентами и др.

9.2. ОСНОВЫ ТЕХНИКИ ТЕЛЕГРАФНОЙ СВЯЗИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Особенности телеграфной связи и передачи данных

Как известно, телеграфная связь и передача данных в отличие от других видов электросвязи предназначены для передачи на расстояние дискретных сообщений, имеющих, как правило, индивидуальное назначение. Дискретный характер сообщений позволяет использовать в системах, реализующих эти виды связи, кодовый метод преобразования сообщения в сигнал и обратно. Сигналы в этих системах также имеют дискретный характер. При этом их информационный параметр принимает, как правило, всего два значения. Это обстоятельство позволяет использовать для реализации сложных современных дискретных систем связи двоичные переключающие устройства, отличающиеся простотой, устойчивостью и долговечностью в работе. Простейшими двоичными переключающими устройствами являются контакты или ключи, способные находиться в одном из двух возможных устойчивых состояний: замкнутом или разомкнутом. Для управления состоянием контактов часто используются электромагнитные реле.

В современных дискретных системах связи применяются также другие двоичные устройства, отличающиеся по принципу работы, возможностям и конструктивному исполнению.

Особенности построения и работы дискретных систем обеспечивают им ряд достоинств и дополнительных возможностей по сравнению с другими системами электросвязи. Основные из них следующие:

- более высокая эффективность использования дорогостоящих каналов и линейных сооружений связи;

- более высокая производительность работы дискретных систем; возможность передачи сообщений с любой необходимой скоростью (от десятков до сотен и тысяч знаков в секунду);

- документальность передаваемых сообщений;

- более высокая степень автоматизации на всех этапах процесса передачи сообщений;

- высокая устойчивость к помехам;

- низкая стоимость передачи сообщений;

- обеспечение высокой степени верности передачи сообщений¹.

Перечисленные обстоятельства ставят телеграфную связь и передачу данных в разряд важнейших видов электросвязи, имеющих массовое применение. Документальность, возможность обеспечения

¹ Верностью передачи называется степень соответствия принятых сообщений переданным. Она определяется отношением числа знаков сообщения, принятых безошибочно, к общему числу знаков, переданных за определенный промежуток времени.

высокого качества передачи при любой необходимой скорости делают их во многих случаях незаменимыми.

Особым достоинством дискретных систем связи является то, что они способны обеспечить связь между людьми, между человеком и ЭВМ, а также между разнесенными в пространстве ЭВМ.

Понятие о кодах

Некоторые документальные сообщения представляют собой изображения, состоящие из отдельных знаков. Например, текстовые сообщения на любом языке составляются из одного и того же набора знаков: букв алфавита и нескольких знаков препинания. Данные, предназначенные для ЭВМ, представляют собой сообщения, состоящие из отдельного набора цифр. Такие сообщения, состоящие из конечного числа различных знаков, как известно, называются дискретными. Любые по объему дискретные сообщения представляют собой заранее известный набор знаков, комбинируемых определенным образом. Это обстоятельство позволяет значительно упростить процесс и устройство передачи и приема подобных сообщений. Поскольку все возможные знаки сообщений заранее известны на обоих концах системы электросвязи, то, очевидно, нет необходимости передавать на приемную сторону сами знаки, а достаточно передать информацию о том, какой знак из этого набора следует использовать в каждом случае. Например, если предварительно пронумеровать различные знаки сообщения, то можно передавать вместо знаков их порядковые номера. Для этого все возможные знаки сообщений располагают последовательно и нумеруют, как показано в табл. 9.1 на примере русского алфавита. Если такие таблицы имеются на обоих концах системы электросвязи, то от передатчика к приемнику достаточно передавать вместо знаков (в данном случае букв) их порядковые номера. На приемном конце принятый порядковый номер позволит определить по таблице соответствующую букву.

Таблица 9.1

Буквы алфавита	Порядковые номера в системе счисления			Буквы алфавита	Порядковые номера в системе счисления			Буквы алфавита	Порядковые номера в системе счисления		
	десятичной	пятиричной	двоичной		десятичной	пятиричной	двоичной		десятичной	пятиричной	двоичной
А	1	1	00001	Л	12	22	01100	Ц	23	43	10111
Б	2	2	00010	М	13	23	01101	Ч	24	44	11000
В	3	3	00011	Н	14	24	01110	Ш	25	100	11001
Г	4	4	00100	О	15	30	01111	Щ	26	101	11010
Д	5	10	00101	П	16	31	10000	Ъ	27	102	11011
Е	6	11	00110	Р	17	32	10001	Ы	28	103	11100
Ж	7	12	00111	С	18	33	10010	Ы	29	104	11101
З	8	13	01000	Т	19	34	10011	Э	30	110	11110
И	9	14	01001	У	20	40	10100	Ю	31	111	11111
Й	10	20	01010	Ф	21	41	10101	Я	32	112	00000
К	11	21	01011	Х	22	42	10110				

Таким образом, передача букв заменяется передачей их условных обозначений, которыми в данном случае служат порядковые номера. Мы с детства привыкли считать и записывать числа с помощью десяти цифр: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. В основе такого счета лежит число десять, поэтому эта система счисления называется десятичной. Однако для счета и записи чисел можно использовать и другие системы счисления с основанием, большим 1. Например, в пятеричном исчислении (основание равно 5) все числа записываются пятью цифрами, а в двоичной системе счисления (основание равно 2) числа записываются с помощью всего двух цифр, обозначаемых 0 и 1.

Во втором столбце табл. 9.1 приведены порядковые числа от 1 до 32 в десятичной системе счисления, в третьем столбце — те же числа в пятеричной, а в четвертом столбце — в двоичной системе счисления.

Если вместо 32 букв алфавита (без буквы ё) передавать по системе связи их порядковые номера в виде чисел в десятичной системе счисления, то последовательность передаваемых знаков сообщения будет содержать всего десять различных цифр. При использовании порядковых номеров в пятеричной системе счисления число различных цифр уменьшится до пяти. Двоичная система счисления позволяет уменьшить количество различных цифр в последовательности передаваемых чисел до двух. Это очень важное обстоятельство, позволяющее значительно упростить устройство элементов систем передачи дискретных сообщений, повысить устойчивость и надежность их работы. Именно поэтому в современных дискретных видах связи используют, как правило, двоичное счисление, и системы называются двоичными.

Таким образом, знаки сообщений при передаче заменяются их условными обозначениями, в частности порядковыми номерами, представляющими собой комбинации цифр 0 и 1. Эти комбинации принято называть кодовыми комбинациями, а отдельные цифры, входящие в комбинации, — элементами комбинаций. Совокупность кодовых комбинаций, заменяющих все знаки сообщения, составляет телеграфный код, или просто код. Процесс преобразования знаков сообщения в кодовые комбинации называется кодированием.

Однако нумерация знаков сообщений не единственный способ построения кодов. В настоящее время разработаны и используются коды, обладающие различными свойствами и возможностями. Они отличаются принципами построения, числом различных элементов, из которых составляются комбинации, числом элементов в комбинациях и числом возможных комбинаций.

Один из самых известных и старейших телеграфных кодов — код Морзе. Комбинации этого кода состояются из двух элементов, которые принято называть «точка» и «тире». В табл. 9.2 приведены комбинации кода Морзе, соответствующие буквам рус-

код МТК-2. В системах передачи данных используется международный восьмиэлементный двоичный код МТК-5, позволяющий передавать гораздо большее число различных знаков сообщений.

Устройства преобразования дискретных сообщений в сигналы

Преобразование сообщения в сигнал в любой системе электро-связи, как известно, выполняется передатчиком. В дискретных системах, как отмечалось, используется условный, или, как его часто называют, кодовый метод преобразования, при котором знаки сообщения преобразуются в комбинацию двоичных импульсов. Это преобразование происходит в три этапа: первый этап — кодирование; второй — распределение элементов комбинации во времени; третий — последовательное преобразование элементов комбинации в электрические импульсы (посылки) и передача их в канал. Процесс преобразования знака сообщения (буквы Ф) в сигнал показан на рис. 9.26.

В передатчиках каждый этап преобразования выполняется специальным устройством, поэтому передатчики дискретных систем имеют три основных и ряд вспомогательных элементов (рис. 9.27). Основными элементами передатчиков являются: кодирующее, распределительное и выходное устройства.

Кодирующее устройство обеспечивает преобразование знаков сообщений в кодовые комбинации (I этап). В него вводится знак, а с выхода снимается соответствующая n -элементная комбинация (на рисунке $n=5$). Поэтому устройство имеет n выходов. Кодирующие устройства могут быть реализованы на различных элементах. В аппаратуре применяются механические и электронно-механические кодирующие устройства в зависимости от типа двоичных элементов, используемых для формирования кодовых комбинаций.

Элементы кодовой комбинации одновременно (параллельно) подаются на входы распределителя, который обеспечивает последовательную (поочередную) подачу их на выходное устройство (II этап). В зависимости от элементной базы распределителя бы-

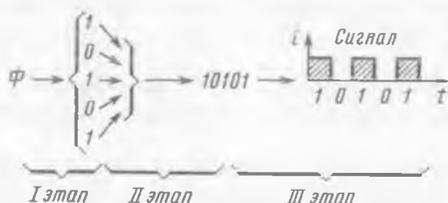


Рис. 9.26. Последовательность преобразования знака сообщения (буквы Ф) в сигнал

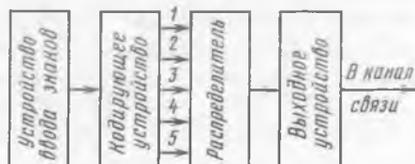


Рис. 9.27. Структурная схема передатчика дискретной системы связи

вают механические и электронные. В первом случае распределение осуществляется с помощью кулачков, во-втором — электронных устройств, реализуемых на бесконтактных двоичных устройствах.

Выходное устройство выполняет последовательное преобразование элементов комбинации в электрические импульсы (III этап). Функции выходных устройств часто выполняют контакты, временно замыкания и размыкания которых управляет распределитель. В электронных передатчиках выходное устройство представляет собой электронное реле.

К вспомогательным элементам передатчиков относятся устройства: ввода знаков, задающее, управления и др. В современных передатчиках применяются устройства ввода знаков с клавиатурой типа пишущих машинок. Ввод знака в таких устройствах производится путем нажатия соответствующей клавиши. Задающее устройство обеспечивает работу распределителя. В электромеханических передатчиках эту роль выполняет движущий механизм, состоящий из электродвигателя и устройств передачи движения. Вращение ротора двигателя передается на распределитель через управляющее устройство. В электронных передатчиках распределители работают от генератора тактовых импульсов ГТИ, являющегося задающим устройством. Между ГТИ и распределителем имеется управляющее устройство, определяющее режим работы и параметры передатчика. Вид сигнала на выходе передатчика показан на рис. 9.26.

Устройства преобразования сигналов в сообщения

Преобразование сигнала в сообщение выполняется специальным устройством, называемым приемником. В дискретных системах связи приемники преобразуют комбинации двоичных импульсов в знаки сообщения. Это преобразование производится в четыре этапа (рис. 9.28). На первом этапе происходит последовательный поэлементный прием сигнала, в результате чего электрические

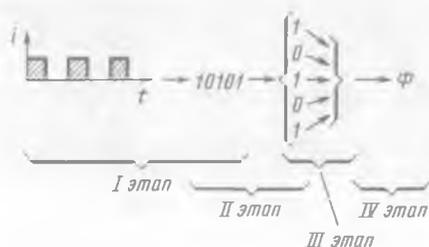


Рис. 9.28. Последовательность преобразования дискретного сигнала в знак сообщения



Рис. 9.29. Структурная схема приемника дискретной системы связи

импульсы преобразуются в элементы кодовой комбинации. Второй этап связан с запоминанием и накоплением элементов комбинации на специальных двоичных устройствах. Далее, на третьем этапе, эта комбинация декодируется, т. е. определяется знак, соответствующий принятой комбинации. На четвертом этапе производится запись или печатание знака на бумаге.

Каждый этап преобразования выполняется своим специальным устройством, поэтому приемники дискретных систем имеют четыре основных и несколько вспомогательных элементов (рис. 9.29). Основными элементами приемников являются устройства: входное, наборное, декодирующее и записывающее, выполняющие соответственно четыре этапа преобразования.

Входное устройство имеет один вход и один выход. На его вход из канала связи последовательно поступают элементы сигнала — импульсы. Здесь они преобразуются в элементы кодовой комбинации в виде пространственного положения определенного механического устройства или состояния какого-либо двоичного переключающего устройства. Функции входных устройств в большинстве современных приемников выполняют электромагниты, состоящие из обмотки с сердечником и якоря. Токовые и бестоковые импульсы из канала поступают на обмотку электромагнита. Под действием импульсов якорь электромагнита притягивается к сердечнику (при токовом импульсе) или отводится от него пружиной (при бестоковом импульсе). Притянутое положение якоря соответствует элементу комбинации 1, отпущенное — 0. Якорь электромагнита служит выходом входного устройства и в то же время входом наборного устройства. Именно он обеспечивает последовательный ввод элементов комбинации в наборное устройство, где происходят запоминание положения якоря в моменты приема импульсов и накопление всех элементов комбинации.

Наборное устройство имеет n выходов (на рисунке $n=5$), по которым элементы комбинации одновременно (параллельно) подаются на декодирующее устройство. Следовательно, декодирующее устройство имеет n входов, а число выходов равно числу возможных знаков. Однако каждый раз срабатывает только один выход, соответствующий принятой комбинации и связанный с устройством записи определенного знака, т. е. происходит процесс декодирования. Это срабатывание воздействует на устройство записи, которое запишет (отпечатает) принятый знак на бумаге.

Вспомогательными элементами приемников являются распределитель, задающее, управляющее и корректирующее устройства. Распределитель выполняет весьма сложную и ответственную функцию, заключающуюся в определении моментов срабатывания двоичных элементов наборного устройства, запоминающих положения якоря электромагнита. От того насколько правильно выбран этот момент, зависит правильность приема сообщения и устойчивость работы всего приемника. Выбор и установка оптималь-

ного момента срабатывания осуществляется с помощью специального корректирующего устройства, позволяющего, смещая во времени моменты срабатывания относительно границ импульсов, добиться наиболее устойчивой работы наборного устройства. Скорость работы распределителя определяется задающим устройством, а режим его работы — управляющим устройством.

В электромеханической аппаратуре все устройства приемника реализуются на механических элементах. При этом распределитель представляет собой кулачковую муфту, а задающее устройство — движущий механизм, состоящий из электродвигателя и устройств передачи движения от вала двигателя к кулачкам распределителя.

В электронно-механических аппаратах наборное, декодирующее, корректирующее и управляющее устройства и распределители реализуются на электронных элементах. Функции задающего устройства в них выполняют генераторы тактовых импульсов.

Согласование работы передатчика и приемника систем передачи дискретных сообщений

Передатчик телеграфной аппаратуры формирует и передает сигнал, представляющий собой временную комбинацию электрических импульсов—посылок определенной длительности (τ_0). Приемник последовательно принимает посылки, накапливает и составляет из них комбинации для дальнейшего преобразования в знак. Выполнение подобных функций требует согласованной работы передатчика и приемника по скорости¹, последовательности и фазе выполнения операций, т. е. синхронной и синфазной их работы. Длительность и последовательность передачи посылок комбинации определяются распределителем передачи, а последовательность и скорость работы элементов приемника — распределителем приема. Следовательно, речь идет о синхронной и синфазной работе распределителей оконечных аппаратов. По способу поддержания этих условий различают аппаратуру синхронную и стартстопную.

В синхронной аппаратуре распределители передачи и приема работают непрерывно и циклично. Заканчивается один цикл (т. е. передача одной комбинации), начинается второй, за ним третий и т. д. Синхронность и синфазность работы распределителей синхронной аппаратуры поддерживается с помощью специальных корректирующих сигналов, передаваемых по каналу от передатчика к приемнику вместе с информационным сигналом. Корректирующий сигнал несет информацию о скорости и фазе работы распределителя

¹ Под скоростью работы, или скоростью модуляции, понимается величина $1/\tau_0$, равная числу импульсов, передаваемых в секунду. Скорость модуляции измеряется в бодах (Бод).

теля передачи. На приемном конце он выделяется и используется для коррекции скорости и фазы работы распределителя приема. Таким образом, происходит постоянная подстройка работы распределителя приема под распределитель передачи, т. е. обеспечивается синхронность и синфазность их работы.

В стартстопной аппаратуре распределители также работают синхронно и синфазно. Они могут находиться в одном из двух состояний: «Стоп» или «Работа». В состоянии «Стоп» передача отсутствует. В состоянии «Работа» распределители работают с одинаковой скоростью. Таким образом, скорость и фаза работы распределителей постоянно совпадают. Для передачи каждого знака передатчик переводится в состояние «Работа». Информация о начале работы распределителя передачи в виде специального импульса «Старт» передается на приемник и переводит его в состояние «Работа». В период работы распределителей происходят передача и прием кодовых импульсов. После передачи всех импульсов комбинации передатчик передает импульс «Стоп» и останавливается. Получив импульс «Стоп», останавливается и приемник.

Принцип стартстопного метода фазирования (рис. 9.30) показан на примере механических распределителей. Распределители изображены в виде кулачков в стоповом состоянии (не вращаются). Контакты передатчика при этом замкнуты, электромагнит (ЭМ) приемника находится под током. Якорь электромагнита удерживает распределитель приема в стоповом состоянии. При появлении знака на входе передатчика распределитель передачи начинает вращаться по направлению стрелки. В начале вращения кулачок замыкает контакты линейной цепи (сигнал «Старт»). Якорь обесточенного электромагнита приемника под действием пружины отходит от кулачка распределителя, и последний начинает вращаться. Следовательно, распределители передачи и приема начинают работать практически одновременно. После передачи импульсов комбинации (в конце оборота) контактная пружина, проваливаясь в углубление кулачка распределителя

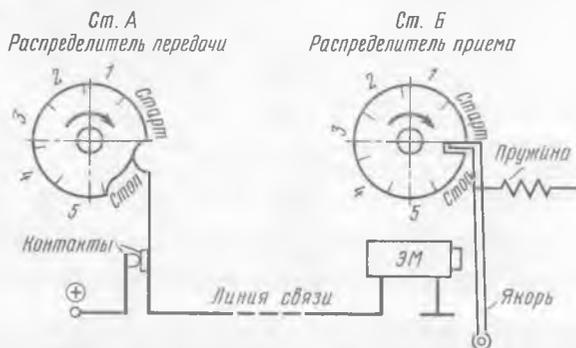


Рис. 9.30. Стартстопный метод фазирования

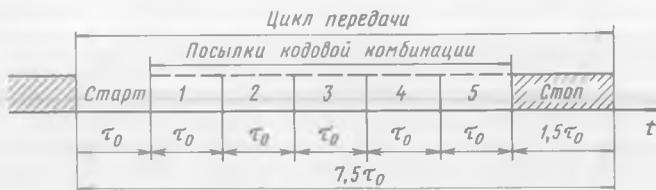


Рис. 9.31. Стартстопный сигнал

передачи, замыкает линейную цепь, передавая в линию токовый импульс «Стоп». Приемный электромагнит при этом срабатывает и останавливает распределитель. На этом заканчивается цикл передачи знака.

Таким образом, синфазность работы распределителей поддерживается с помощью специальных коррекционных импульсов «Старт» и «Стоп», вырабатываемых передатчиком и передаваемых вместе с кодовыми импульсами. Последовательность элементов однополюсного телеграфного сигнала приведен на рис. 9.31. Импульс «Старт» бестоковый, его длительность равна длительности кодового импульса τ_0 , а импульс «Стоп» токовый, длительность его равна обычно $1,5 \tau_0$. Весь цикл передачи $T_{\text{пер}} = 7,5 \tau_0$. Телеграфные сигналы могут представлять собой комбинации импульсов, отличающихся направлением тока. Такие сигналы называются **д в у х п о л ю с н ы м и**.

Современная оконечная телеграфная аппаратура

Каждый оконечный пункт телеграфной сети передает и принимает сообщения, поэтому он должен иметь и передатчик, и приемник одновременно. Эти два устройства конструктивно объединены в оконечный телеграфный аппарат.

Современная оконечная телеграфная аппаратура по форме представления сообщений является буквопечатающей, а по принципу работы — чаще всего стартстопной. Буквопечатание предельно упрощает работу операторов на аппаратуре. Ввод знаков сообщения в такой аппаратуре осуществляется с помощью клавиатуры типа пишущих машинок нажатием клавиш с изображением соответствующих знаков. Все остальные операции передачи выполняются автоматически. Поэтому работать на таком передатчике можно без специальной подготовки. Приемник также автоматически принимает сигнал и преобразует его в знак сообщения, т. е. осуществляет буквопечатание на бумаге. Таким образом, принятые сообщения без дополнительной обработки могут использоваться потребителями.

Дополнительные удобства работы на оконечной аппаратуре обеспечивает стартстопный принцип работы. Прежде всего стартстопная аппаратура готова к работе в любой момент, так как не

требуется времени для вхождения в фазу. Кроме того, она не налагает никаких ограничений на скорость и ритм работы операторов. Именно эти достоинства буквопечатающей стартстопной аппаратуры определяют масштабы ее применения в качестве окончательной телеграфной аппаратуры.

Наибольшее распространение на телеграфных сетях страны получил электромеханический стартстопный буквопечатающий ленточный телеграфный аппарат СТА-М67, обеспечивающий передачу сообщений пятиэлементным двоичным кодом МТК-2 со скоростью до 400 зн/мин. Передатчик его имеет контактное выходное устройство, а приемник — электромагнитное входное устройство. Все остальные устройства реализованы на механических элементах. Аппарат СТА-М67 является автоматизированным вариантом базовой модели СТ-М67. Аппарат позволяет автоматически передавать и принимать сообщения, отвечать на запросы и сообщать свой адрес, выключаться при прекращении работы и включаться при появлении сигнала и др. Печать знаков осуществляется на бумажную ленту с помощью рычажного печатающего устройства.

В последние годы на телеграфных сетях страны применяются электромеханические рулонные аппараты Т-63 и Т-100.

Аппарат Т-63 используется в основном на сети абонентского телеграфа и ведомственных телеграфных связях. Аппарат обеспечивает передачу сообщений равномерным пятиэлементным кодом МТК-2 со скоростью модуляции 50 Бод и пропускной способностью до 400 зн/мин. Все параметры Т-63 являются стандартными, что позволяет ему входить в связь с другими аппаратами, в том числе и с СТА-М67. Он может передавать сообщения знаками русского и латинского алфавитов. Знаки печатаются на бумажном рулоне. Аппараты Т-63 имеют все устройства автоматики и выпускаются в двух вариантах оформления: настольном и напольном. В напольном варианте аппарат располагается внутри деревянной тумбы, специально приспособленной в качестве рабочего места оператора.

Аппарат Т-100 — стартстопный, рулонный электромеханический телеграфный аппарат, использующий код МТК-2 и имеющий стандартные параметры. Скорость модуляции 50 и 75 Бод при скорости передачи сообщений соответственно 400 и 600 зн/мин, что позволяет работать совместно с другими аппаратами. Он имеет блочную конструкцию и может комплектоваться целым рядом дополнительных устройств, элементов автоматики и приспособлений. В аппарате применены одноконтактный передатчик, способный передавать сигнал одно- или двухполюсными импульсами, и рычажное печатающее устройство с подвижной относительно рулона бумаги кареткой.

В последние годы в дискретные системы связи более широко внедряется электронная техника. Появилась электронно-меха-

ническая аппаратура, содержащая как механические, так и электронные элементы.

Быстрое снижение стоимости элементов электронной техники уже сегодня позволяет создавать электронную телеграфную аппаратуру. В нашей стране, как и в ряде других стран, началось серийное производство первых электронных оконечных телеграфных аппаратов. Один из таких аппаратов — автоматизированный рулонный телеграфный аппарат РТА-80 предназначен для применения в качестве оконечного оборудования на телеграфных сетях общего пользования, абонентского телеграфа и передачи данных. Все узлы аппарата построены по принципу функционально законченных модулей, что дает возможность легко и просто комплектовать различные модификации, наиболее оптимально отвечающие конкретным условиям эксплуатации.

В рулонном аппарате РТА-80, использующем пятиэлементный код МТК-2 и работающем со скоростью модуляции 50 или 100 Бод (соответственно 400 или 800 зн/мин), применяется мозаичный ударный способ печати. При этом обеспечивается высокое качество печати.

С 1986 г. началось массовое производство нового электронного стартстопного телеграфного аппарата Е-2000, разработанного специалистами ГДР. Аппарат использует международный код МТК-2, но может быть настроен на любой пятиэлементный код. Он рассчитан на работу со скоростями модуляции 50, 75 и 100 Бод. В аппарате применен мозаичный ударный способ записи знаков.

Работой всех элементов аппаратуры управляют две внутренние ЭВМ (микроспроцессоры). Передатчик и приемник имеют память соответственно на 8000 и 600 знаков. Аппарат содержит все устройства автоматики: автоматический передатчик (трансмисмиттер), автоматический приемник (реперфоратор), счетчик знаков и авто-стоп. Дополнительным устройством аппарата Е-2000 является датчик текущего времени (часы). Текущее время может быть в любой момент отпечатано на бумаге или передано в канал путем нажатия специальной кнопки.

Как и все современные электронные устройства, аппарат Е-2000 имеет блочную структуру построения; при замене блоков не требует юстировки и настройки.

Принцип построения аппаратуры передачи данных

Развитие систем передачи данных СПД связано с появлением и бурным развитием электронных вычислительных машин. По системам передачи данных передаются сообщения, представляющие собой цифровые данные, предназначенные для обработки на ЭВМ или уже обработанные на них. Как правило, эти сообщения содержат сведения, имеющие важное значение для предприятий,

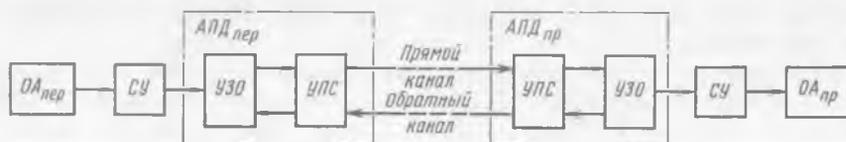


Рис. 9.32. Структурная схема системы передачи данных

отрасли, народного хозяйства в целом или особое научное, оборонное и др.

Системы передачи данных не имеют принципиального отличия от систем телеграфной связи. Основные их особенности связаны с повышенными требованиями к качеству передачи сообщений. Прежде всего системы передачи данных обеспечивают гораздо более высокую степень верности передачи сообщений. Вероятность появления ошибок в современных телеграфных системах составляет не менее $3 \cdot 10^{-5}$, т. е. трех ошибок при передаче 100 000 знаков. Системы передачи данных способны передавать сообщения с вероятностью ошибок 10^{-7} , 10^{-8} и менее. При этом они обеспечивают в десятки раз большую скорость передачи сообщений. Эти особенности СПД достигаются благодаря использованию специальных способов борьбы с ошибками и применения соответствующей каналообразующей аппаратуры. Структурная схема одного из возможных вариантов построения системы передачи данных приведена на рис. 9.32. Система содержит оконечную аппаратуру ОА, специальную аппаратуру передачи данных АПД и согласующие устройства СУ.

В качестве оконечной аппаратуры в низкоскоростных системах передачи данных могут использоваться обычные телеграфные аппараты. Однако, как правило, в системах передачи данных применяются специальные высокоскоростные передатчики (трансммитеры) и приемники (реперфораторы).

Аппаратура передачи данных состоит из двух полукомплектов: передающего и приемного. Полукомплекты используются в зависимости от функций оконечных пунктов, выполняемых в процессе передачи. Если оконечный пункт передает сообщение, то работает полукомплект передачи, на приемном пункте работает полукомплект приема. Поскольку функции оконечных пунктов меняются, то каждый из них имеет оба полукомплекта, конструктивно объединенных в аппаратуру передачи данных.

В АПД входят устройства защиты от ошибок УЗО и преобразования сигналов УПС. Первое обеспечивает нужную степень верности передачи сообщений путем обнаружения и исправления ошибок, появляющихся в процессе передачи.

В настоящее время разработаны и применяются различные способы борьбы с ошибками. Наиболее простыми в реализации являются способы, основанные на повторении передачи сообщений. Если каждое сообщение передается несколько раз, то при анализе

принятых сообщений ошибки могут быть обнаружены и устранены путем использования критерия большинства. При наличии между окончательными пунктами одного канала связи повторение может быть только последовательным, а при наличии нескольких каналов — параллельным, т. е. одновременно по нескольким каналам. Возможности обнаружить и исправить ошибки в обоих случаях появляются благодаря повторным передачам сообщений, т. е. благодаря избытку информации. В АПД применяются и другие способы борьбы с ошибками, которые изучаются в специальных дисциплинах учебного плана.

Устройство преобразования сигналов, имеющее также передающую и приемную части, обеспечивает согласование частотных характеристик сигналов с параметрами каналов передачи. Основным элементом передающей части УПС является модулятор, а приемной части — демодулятор. Эти устройства конструктивно часто объединяются под общим названием модем.

Согласующие устройства предназначены для согласования параметров работы оконечной аппаратуры и аппаратуры передачи данных: скорости передачи, методов фазирования, кодов и т. д.

Все элементы систем передачи данных реализуются, как правило, на электронных элементах с использованием микропроцессоров и интегральных схем.

Сети передачи дискретных сообщений — вторичные сети ЕАСС

Общегосударственная телеграфная сеть страны, являющаяся вторичной сетью ЕАСС, объединяет четыре сети. Наиболее крупной и нагруженной является телеграфная сеть общего пользования, в которую включены городские и сельские отделения связи, районные узлы связи, телефонно-телеграфные и телеграфные станции, расположенные по всей территории страны. Сеть общего пользования предоставляет услуги телеграфной связи населению, предприятиям, организациям через отделения связи. Следующей по масштабам сетью является сеть абонентского телеграфирования. Она обслуживает государственные учреждения, предприятия и организации с помощью оконечных телеграфных аппаратов, установленных непосредственно на их территории. Абонентский телеграфный аппарат предоставляет каждому абоненту возможность в любое удобное для него время связаться с любым другим абонентом сети для проведения переговоров или передачи телеграмм.

В состав общегосударственной телеграфной сети входят также элементы двух международных сетей — «Телекс» и «Гентекс». Международная абонентская сеть «Телекс» объединяет абонентов большинства стран мира. В нее включены предприятия и организации разных городов, имеющие постоянные экономические и

другие связи с предприятиями, фирмами и организациями зарубежных стран. Международная телеграфная сеть общего пользования «Гентекс» объединяет предприятия связи стран социалистического лагеря.

Все телеграфные сети предназначены для передачи индивидуальных сообщений. Как и все другие подобные сети, они имеют радиально-узловую структуру построения (см. рис. 7.2). При этом сеть состоит из пунктов связи и соединяющих их между собой линий и каналов. Пункты связи бывают оконечные и узловые. Наиболее массовыми пунктами сети являются оконечные, в которых начинается и заканчивается процесс передачи каждого сообщения. Оконечные пункты связаны с узловыми абонентскими линиями связи.

Телеграфные сети нашей страны имеют узловые пункты трех уровней. Все оконечные пункты, расположенные на территории районов, включаются в узловые пункты первого уровня — районные узлы РУ. В свою очередь, все районные узлы области соединяются с узлом второго уровня — областным узлом ОУ. Последние связаны с узлами третьего уровня — главными узлами ГУ зон. Все главные узлы сети между собой имеют связь по принципу «каждый с каждым» по телеграфным каналам КТ, образуемым с помощью многоканальных систем передачи (см. рис. 7.2). Особое место на общегосударственной телеграфной сети занимает центральный телеграф города Москвы. Являясь самым крупным, он выполняет функции руководящего в оперативном отношении узла сети.

При радиально-узловом принципе построения сети все телеграммы в процессе передачи проходят узловые пункты. Промежуточных узлов на пути телеграммы может быть от одного до шести. Оконечные пункты, расположенные в одном районе, передают телеграфные сообщения через один узел — свой РУ. Сообщения, передаваемые между оконечными пунктами, расположенными на территории разных зон, проходят до шести промежуточных узлов: РУ, ОУ, ГУ, ГУ, ОУ, РУ.

На телеграфных сетях используются два способа передачи сообщений в зависимости от функций, выполняемых узловыми пунктами сети. Один из способов получил название коммутации каналов КК, второй — коммутации сообщений КС. Способ передачи сообщений, используемый на сети, во многом определяет стоимость, пропускную способность и другие показатели ее функционирования. Каждый способ имеет достоинства и недостатки. В последние годы на сети применяется смешанный способ коммутации (КК + КС), который обладает достоинствами обоих способов.

Способ коммутации каналов используется в сетях абонентского телеграфирования и «Телекс». Смешанный способ передачи сообщений применяется на телеграфной сети общего пользования, получившей название сети прямых соединений ПС.

Типы телеграфных станций коммутации

Основной функцией узловых пунктов сетей передачи дискретных сообщений является коммутация, поэтому они часто называются узлами коммутации. Для выполнения этой функции на узлах имеется комплекс специального оборудования, объединяемый под общим названием станции коммутации. Оборудование станций коммутации (рис. 9.33) состоит из индивидуального линейного оборудования ИО входящих и исходящих линий (каналов), коммутационного оборудования и управляющего устройства. Тип и состав коммутационного оборудования станций определяются способом коммутации, принятым на сети. Соответственно, бывают станции коммутации каналов КК и станции коммутации сообщений КС.

В настоящее время общегосударственная телеграфная сеть полностью оборудована автоматическими станциями коммутации. На сети абонентского телеграфирования используются автоматические станции коммутации каналов (АТА), на сети общего пользования — автоматические станции прямых соединений, способные выполнять коммутацию как каналов, так и сообщений.

В зависимости от типа применяемых коммутационных устройств различаются декадно-шаговые и координатные станции АТА. В настоящее время декадно-шаговые станции постепенно заменяются координатными.

По функциям, выполняемым на сети, станции АТА подразделяются на оконечные и транзитные. Оконечные станции выполняют три вида соединений: местные, исходящие и входящие. Они устанавливаются в районных и некоторых областных узловых пунктах сети абонентского телеграфирования. Главные узловые пункты и наиболее крупные областные узлы сети имеют транзитные станции АТА, способные выполнять все виды соединений: местные, исходящие, входящие и транзитные.

По емкости принято различать станции АТА малой и большой емкости. Станции малой емкости предназначены для установки на районных узловых пунктах сети и имеют емкость 10 ... 20 абонентских линий и 4 ... 6 каналов для связи с вышестоящей станцией. Для каждого конкретного узлового пункта емкость станции определяется на этапе проектирования расчетным путем.

Автоматические станции ПС имеют много общего со станциями АТА по типу коммутационных элементов, роли на сети и емкости.

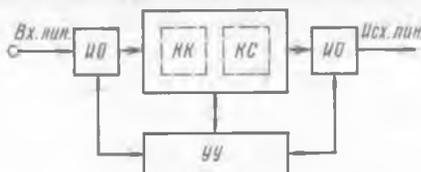


Рис. 9.33. Состав оборудования узла коммутации

Отличаются они наличием элементов, обеспечивающих пере прием избыточных телеграмм, т. е. устройств, выполняющих коммутацию сообщений.

В последние годы на телеграфных сетях внедряются объединенные станции коммутации, обслуживающие одновременно сети общего пользования (сеть ПС), абонентского телеграфирования и низкоскоростную сеть передачи данных (станции АТ-ПС-ПД). Имея один комплект коммутационного оборудования, эти станции обеспечивают коммутацию по способу КК абонентов на сетях абонентского телеграфирования и передачи данных, а также по смешанному способу — в оконечных пунктах сети общего пользования. Станции АТ-ПС-ПД координатного типа рассчитаны на передачу сигналов со скоростью модуляции до 200 Бод. Кроме этих станций на телеграфной сети используются аналогичные объединенные станции «Никола Тесла».

В небольших городах и райцентрах применяются объединенные координатные подстанции малой и средней емкости типов АТК-20 и ПТС-К емкостью до 160 номеров.

На различных этапах развития телеграфной связи и передачи данных применялось различное оборудование коммутации сообщений: ручное, полуавтоматическое и автоматическое. В последнее время в узлах коммутации сообщений устанавливаются электронные автоматические станции, получившие название центров коммутации сообщений (ЦКС). Центры коммутации сообщений автоматически выполняют следующие основные операции: принимают и запоминают сообщения; анализируют адреса (предзаголовки) сообщений; определяют направления дальнейшей передачи сообщений; организуют очередность передачи сообщений с учетом категорий срочности;

находят свободный канал в нужном направлении и осуществляют дальнейшую передачу сообщений;

выполняют операции по архивации сообщений, накоплению и обработке различных статистических данных.

Эти операции выполняются целым комплексом различных устройств: ввода (приема), вывода (передачи), коммутации, сопряжения и др. Основным элементом оборудования ЦКС являются специализированные ЭВМ, выполняющие наиболее сложные и ответственные операции и обеспечивающие управление работой всех остальных элементов центра.

На ЦКС, как правило, параллельно работают две или три



Рис. 9.34. Упрощенная структурная схема ЦКС с двумя ЭВМ

одинаковых ЭВМ (для обеспечения устойчивости и надежности работы). На рис. 9.34 приведена структурная схема ЦКС с двумя ЭВМ.

Каналы для передачи дискретных сигналов

Каналы передачи являются весьма важным и наиболее дорогостоящим элементом сетей, поэтому эффективность их использования имеет особое значение. В качестве каналов для передачи дискретных сигналов могут использоваться физические цепи. При этом дальность передачи сигналов зависит от электрических параметров проводов, образующих цепь: километрического затухания и проводимости изоляции. В зависимости от типа и конструктивных размеров линий связи дальность передачи телеграфных сигналов может достигать от нескольких десятков до сотни километров. При необходимости дальность передачи может быть увеличена до многих тысяч километров путем использования усилителей и регенераторов, восстанавливающих параметры сигналов. Однако передача сигналов по физическим цепям на большие расстояния экономически нецелесообразна из-за большой стоимости и малой эффективности использования линий связи. Поэтому физические цепи используются для передачи сигналов только на небольшие расстояния, как правило, на участках между оконечными и узловыми пунктами сети.

На магистральных, внутризонавых и некоторых внутрирайонных участках сети используются телеграфные каналы, образуемые специальной каналообразующей аппаратурой. Телеграфные каналы образуются путем вторичного деления телефонных каналов тональной частоты, создаваемых системами передачи первичной сети ЕАСС.

Требования к каналообразующей аппаратуре зависят от участка сети, на котором она используется. Особо жесткие требования предъявляются к магистральной каналообразующей аппаратуре. Прежде всего, она должна обеспечивать передачу телеграфных сигналов и передачи данных с разной скоростью модуляции, вносить малые искажения, иметь стабильные параметры и обладать высокой надежностью. На городских участках сети каналообразующая аппаратура должна обеспечивать качественную и надежную связь без промежуточных усилителей на расстоянии до нескольких десятков километров.

В настоящее время на телеграфных сетях используется каналообразующая аппаратура с частотным, временным и частотно-временным разделением каналов. На магистральных участках преобладающей является каналообразующая аппаратура с частотным разделением каналов типов (ТТ-12, ТТ-24, ТТ-48, ТТ-144). Однако в ближайшем будущем будет внедряться каналообразующая аппаратура с временным разделением каналов, как наиболее

устойчивая и отвечающая требованиям ЕАСС. Первые образцы такой аппаратуры типа «ДУМКА» (на 72 канала) уже работают на сети. На внутриобластных участках сети широко используется каналообразующая аппаратура с частотным разделением каналов типа ТТ-17П (на 17 каналов), ТТ-12 и аппаратура с частотно-временным разделением ЧВТ-2 (на 44 канала). На городских участках сети применяется, как правило, каналообразующая аппаратура с временным разделением каналов типа ТВУ-12, ДАТА-3 и ДАТА-6.

Состояние и тенденции развития телеграфной связи и передачи данных

Телеграфная связь, являясь старейшим видом электросвязи, всегда отличалась высокими темпами развития. Особое место в истории ее развития занимает послевоенный период. Он характеризуется особенно бурными темпами количественного и качественного развития техники телеграфной связи. Это связано с целым рядом экономических и социальных обстоятельств, способствовавших быстрому росту объемов передаваемых сообщений и повышению требований к скорости и качеству их передачи. Особую роль в этом играло широкое внедрение вычислительной техники в народное хозяйство и во все сферы жизни и деятельности людей. Именно это обстоятельство явилось главной причиной появления в 50-х годах текущего столетия нового вида электросвязи, предназначенного для передачи дискретных сообщений, — передачи данных.

Техника передачи дискретных сообщений практически обновляется через каждые 10...15 лет. Здесь находят первое применение и проверку все новейшие достижения электронной техники, быстрее, чем в других отраслях техники, происходит смена поколений элементной базы. Техника дискретной связи сегодня реализуется на электронных элементах четвертого поколения и интегральных элементах с использованием микропроцессоров.

Современные дискретные системы связи, отличаясь от других систем электросвязи более высокой степенью автоматизации процессов передачи, приема и обработки сообщений, могут передавать сообщения с любой необходимой скоростью (от десятков до сотен и тысяч знаков в секунду) и обеспечивать любую заданную верность принятых сообщений.

В нашей стране созданы и функционируют крупнейшие в мире телеграфные сети общего пользования и абонентского телеграфирования. В последние 15 лет полностью обновлено оборудование узловых пунктов телеграфной сети, в том числе станции коммутации и каналообразующая аппаратура. Идет замена ленточной электромеханической оконечной аппаратуры на рулонную и осу-

ществляется постепенный переход к электронной оконечной аппаратуре. На станциях используется в основном коммутационное оборудование координатного типа. Ведутся разработки электронных станций с временной коммутацией. Быстрыми темпами внедряется новая каналообразующая аппаратура, преимущественно с временным разделением каналов.

Таким образом, развитие техники передачи дискретных сообщений идет в направлении:

все более широкого использования электронных элементов нового поколения взамен электромеханических и электромагнитных;

расширения функциональных возможностей, увеличения скорости и повышения верности передачи сообщений;

уменьшения габаритов, массы и потребления энергии всеми элементами системы, повышения надежности их работы;

создания универсальной аппаратуры на общих принципах и единой элементной базе, которая в будущем составит основу интегральной цифровой сети связи.

9.3. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Электросвязь появилась более 150 лет назад. Сегодня без средств электросвязи, обеспечивающих передачу на расстояние информации, трудно представить себе жизнь и деятельность каждого человека и общества в целом.

Появлению вычислительной техники, в том числе и ЭВМ, способствовали ряд социальных и экономических предпосылок, в частности, информационный бум, наблюдаемый в XX веке. Человечество обладает сегодня таким объемом информации в каждой области знаний, что отдельные люди уже не в состоянии освоить ее и держать в памяти. При этом накопление информации продолжается нарастающими темпами. Потоки вновь создаваемой информации также столь велики, что человек не успевает даже знакомиться со всеми новыми материалами. В результате появились различные специальные устройства и аппаратура для сбора, накопления и обработки информации. Наиболее мощными и современными из таких средств являются электронные вычислительные машины, которые вошли в жизнь как один из важнейших элементов научно-технического прогресса. Они внедряются во все сферы деятельности человека. Сегодня ЭВМ пользуются школьники, студенты, домохозяйки, педагоги, инженеры, рабочие и др. Современные ЭВМ с их огромной памятью решают сложнейшие задачи науки, практики, управляют сложнейшими процессами производства, космическими объектами и т. д.

Таким образом, и средства электросвязи, и ЭВМ имеют дело с информацией. Первые предназначены для передачи ее на рас-

стояние, а вторые обеспечивают сбор, накопление и обработку информации.

Теоретические и практические основы построения ЭВМ, по существу, подготовила электросвязь. Первые ЭВМ были созданы на элементах, заимствованных у средств связи (электронные лампы, полупроводники), при их разработке широко использовались теоретические положения и готовые устройства коммутационной техники. Многие из теории и практики телеграфной связи — коды, буквопечатающая аппаратура, носители информации и т. д. — вошли в арсенал элементов ЭВМ. Действительно, ведь автоматические коммутационные системы, по существу, являются вычислительными машинами.

Итак, средства связи и ЭВМ — информационные системы, которые объединяет единство технической базы (электроника) и единство теории (теория информации, кибернетика).

Первоначально ЭВМ развивались и применялись самостоятельно, независимо от систем связи. Однако тенденцией развития информационных систем с начала их появления является интеграция «связь—ЭВМ», поскольку они взаимно дополняют друг друга и нуждаются друг в друге.

Современные ЭВМ, как и средства связи, при укрупнении дают наибольший эффект. Чем крупнее ЭВМ, тем большими возможностями она обладает и тем более экономична в эксплуатации, но вместе с тем она и дороже. Поэтому отдельным предприятиям стало не под силу и невыгодно иметь собственные машины. Мощные ЭВМ стали размещаться в специальных центрах и использоваться коллективно. Для таких ЭВМ необходима электросвязь. Средства электросвязи делают ЭВМ доступными для сотен тысяч и миллионов потребителей. Каналы связи, соединяющие между собой вычислительные центры, превращают их как бы в единую мощную ЭВМ, распределенную в пространстве. Возможности таких ЭВМ многократно возрастают. Следовательно, с одной стороны, средства электросвязи в значительной степени увеличивают возможности и эффективность использования весьма дорогостоящих ЭВМ. С другой стороны, появление и развитие ЭВМ оказало огромное влияние на электросвязь. Использование ЭВМ на сетях связи дало возможность максимально, а нередко и полностью автоматизировать процессы передачи, приема и обработки сообщений, включая сложные процессы коммутации и динамического управления потоками сообщений на сети. Кроме того, ЭВМ позволяют значительно увеличить скорость прохождения сообщений, улучшить качество передачи сообщений и повысить надежность функционирования сетей.

Таким образом, интеграция «связь—ЭВМ» как технически, так и экономически целесообразна и плодотворна. В этой обстановке весьма важно в максимальной степени унифицировать технику электросвязи и ЭВМ и прежде всего элементную базу.

Современная техника ЭВМ и электросвязи строится на микропроцессорах, микромодулях и интегральных схемах. В системах связи, как и в ЭВМ, все более часто и широко используются цифровые (кодовые) методы преобразования и обработки сообщений и сигналов. Речь идет о создании единых цифровых систем и сетей связи, что организационно объединит сети связи и ЭВМ.

Выше неоднократно отмечалось, что в настоящее время существует восемь основных видов электросвязи. Вид связи, как известно, определяется видом, характером и назначением передаваемых сообщений. Так сложилось исторически, что каждый вид связи реализуется своей специальной аппаратурой на всех этапах преобразования «сообщение—сигнал», т. е. имеет свою оконечную аппаратуру, свои системы коммутации и каналы. Это обстоятельство создает большие трудности при разработке, изготовлении, эксплуатации систем связи, подготовке специалистов. Отсюда велики расходы на разработку и изготовление аппаратуры, оборудования и подготовку специалистов, низка эффективность использования техники и специалистов связи.

Между тем, различные системы электросвязи имеют много общего: 1) переносчиком сообщений является электрическая энергия—сигнал; 2) процесс передачи сообщений состоит из одних и тех же этапов; 3) системы различных видов связи в большей части состоят из одинаковых элементов; 4) направления передачи различных сообщений в большинстве случаев совпадают, поскольку обмен всеми видами сообщений происходит между населенными пунктами и пути их прохождения одни и те же. Напрашивается вывод о целесообразности объединения средств и систем передачи, т. е. создания универсальных систем передачи, систем коммутации и других элементов сетей. Реальность создания таких систем теоретически была доказана еще в 50-х годах советским ученым В. А. Котельниковым, который показал, что все виды электросвязи могут использовать одинаковые по характеру и параметрам электрические сигналы, каналы и системы коммутации, т. е. единую сеть для передачи любых сообщений. На сети будет использоваться импульсно-кодовый, или цифровой, метод формирования сигналов. Эта сеть электросвязи будущего получила название интегральной цифровой сети связи (ИЦСС). «Интегральная» при этом предполагает еще и объединение средств связи с ЭВМ, что позволяет образовать мощную информационную систему.

Практически реализация ИЦСС — дело недалекого будущего. Однако принципиальные вопросы уже решены. Более того, отдельные элементы такой сети — импульсно-кодовые системы передачи и временные системы коммутации — применяются на ЕАСС уже сегодня.

Внедрение информационной системы ИЦСС — ЭВМ при использовании волоконно-оптических линий связи окажет огромное

влияние на жизнь и деятельность людей. Сейчас можно сделать только некоторые предположения о том, каким образом изменится процесс работы, быта, привычные методы получения информации. Например, в каждой квартире можно будет иметь информационные комплексы, позволяющие передавать и принимать сообщения телефонные, телеграфные, факсимильные, много программ телевидения и радиовещания. При наличии таких комплексов отпадет необходимость в получении и хранении у себя газет, журналов и книг. Вся информация, которая сегодня хранится в миллионах книг, журналов, будет сосредоточена в небольшом количестве банков информации, записанной на электронных запоминающих устройствах. Информационные комплексы позволят связаться с нужным банком информации, затребовать нужную страницу книги или газеты для чтения на экране, а при необходимости снять копию, посмотреть любой фильм, спектакль, послушать любой концерт, не покидая своей квартиры, в любое удобное время.

Информационная система ИЦСС—ЭВМ позволит разгрузить почтовую связь, так как отпадет необходимость в транспортировке почтовой корреспонденции. Вся корреспонденция, в том числе и письма, будет передаваться и приниматься непосредственно на квартирах по каналам связи. Каждый абонент системы ИЦСС—ЭВМ, связавшись с ЭВМ, может поручить ей поиск интересующего материала, выполнение расчетов, изготовление чертежей и другие работы. Использование информационной системы существенно изменит всю систему медицинского обслуживания. Создание банков информации по медицине и доступ к ним с помощью средств электросвязи позволит получить срочную и любую консультацию по оказанию своевременной и квалифицированной помощи больным. Трудно перечислить все дополнительные услуги и удобства, которыми будет пользоваться каждый абонент информационной системы ИЦСС—ЭВМ.

Весьма важным является и то обстоятельство, что интеграция позволит максимально автоматизировать и удешевить все процессы эксплуатации сетей, повысить производительность труда обслуживающего персонала.

9.4. КВАЛИФИКАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИНЖЕНЕРА ЭЛЕКТРОСВЯЗИ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 2305 «АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ»

Квалификационная характеристика устанавливает профессиональное назначение инженеров электросвязи по специальности 2305 «Автоматическая электросвязь», выпускаемых высшей школой по дневной, вечерней и заочной формам обучения, а также квалификационные требования, предъявляемые к ним.

Специалист подготовлен для производственной, организационно-управленческой, проектной и исследовательской деятельности в области разработки и эксплуатации систем коммутации и сетей электросвязи в первичных должностях, предусмотренных типовыми номенклатурами должностей для замещения специалистами с высшим образованием.

Советский специалист должен иметь высокий уровень профессиональной подготовки, обладать хорошим знанием основ марксистско-ленинского учения, навыками управленческой и организаторской работы, современным экономическим мышлением, широкой эрудицией и культурой, активно проводить в жизнь политику КПСС и правительства, обладать высокими гражданскими и нравственными качествами, ответственно относиться к порученному делу, стоять на страже общественных интересов, быть готовым к защите социалистической Родины.

Специалист должен сочетать глубокую фундаментальную научную и практическую подготовку, в совершенстве владеть своей специальностью, непрерывно пополнять свои знания, расширять общественно-политический кругозор, уметь на практике проявлять техническую эрудицию, применять принципы научной организации труда, владеть передовыми методами управления трудовыми коллективами, навыками политико-воспитательной работы среди трудящихся.

Специалист должен знать:

основы фундаментальных и общественно-политических дисциплин для решения производственных, проектных и исследовательских задач, в том числе физико-математических дисциплин в объеме, необходимом для успешного освоения общинженерных и специальных дисциплин по профилю подготовки инженера;

теорию цепей и сигналов; основы микро- и оптоэлектроники; основы построения и применения ЭВМ; основы передачи, обработки и распределения сообщений; основы цифровой и микропроцессорной техники; принцип работы направляющих систем электросвязи, цифровых и аналоговых систем передачи; метрологию, стандартизацию и измерения в технике связи; принципы электропитания систем связи; теорию сетей связи; теорию распределения и обработки сообщений; системы автоматизированного проектирования устройств, систем и сетей связи;

принципы построения единой автоматизированной сети связи и интегральной цифровой сети связи; узлы коммутации каналов, сообщений и пакетов; программное обеспечение узлов коммутации; принципы построения оконечных устройств сетей связи; методы проектирования узлов коммутации и сетей связи; системы технической эксплуатации сетей связи;

экономику отрасли; основы организации, планирования и управления предприятиями связи и качеством работ; принцип работы АСУ отрасли и предприятий связи; вопросы охраны труда и окружающей среды.

Специалист должен уметь:

проектировать узлы коммутации и сети связи; проводить технико-экономические обоснования проектных решений; использовать автоматизированные системы проектирования;

разрабатывать по техническим заданиям устройства и системы связи; составлять и оформлять техническую документацию на разработку и модернизацию аппаратуры узлов коммутации; выполнять научные исследования по профилю специальности; владеть рациональными приемами поиска и использования научно-технической информации;

эксплуатировать системы и устройства автоматической электросвязи, пользуясь соответствующей технической документацией; производить пусконаладочные работы; осуществлять контроль и диагностику оборудования; организовывать ремонтные работы; осуществлять сбор, обработку и анализ статистической эксплуатационной информации;

выполнять работы по организации и управлению предприятиями связи; анализировать производственно-хозяйственную деятельность предприятий; самостоятельно принимать решения;

организовывать социалистическое соревнование и повышение квалификации персонала; способствовать развитию рационализаторского движения; осуществлять меры по предотвращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Глава 10. МНОГОКАНАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ

10.1. ОСНОВЫ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Экономическая эффективность использования линий связи

Развитие народно-хозяйственного комплекса нашей страны, рост культуры, науки ведут к быстрому увеличению потоков сообщений, передаваемых средствами связи. Сообщения любого вида от его источника к получателю передаются с помощью электрических сигналов по каналам электросвязи. Каналом электросвязи называется совокупность технических средств (оконечного, промежуточного и линейного оборудования), обеспечивающих передачу сигналов в полосе частот 0,3 ... 3,4 кГц. Практика организации связи показывает, что наиболее дорогостоящими звеньями каналов электросвязи являются линии связи: воздушные, кабельные, волоконно-оптические, радиорелейные, спутниковые. Отсюда понятен интерес ученых и инженеров к созданию многоканальных систем передачи, позволяющих по одной линии связи организовать возможно большее число каналов, а следовательно, одновременную передачу сигналов: телефонных (передача речи), телеграфных (передача букв и цифр), передачи данных, вещания и телевидения. Представление о структуре системы передачи дает рис. 7.19.

Число каналов, образуемых по линии связи, определяется, с одной стороны, полосой частот, которую может пропустить линия, а с другой стороны — видом передаваемых сигналов и требованиями к их параметрам. Основным каналом современных систем передачи является канал тональной частоты, предназначенный для передачи телефонных сигналов в спектре частот 0,3 ... 3,4 кГц.

Телефонные сигналы имеют спектр, совпадающий по частоте со звуковыми (тональными) колебаниями, соответствующими речи. Учитывая это обстоятельство, а также тот факт, что телефонные сообщения являются преобладающими в общих потоках сообщений, канал ТЧ принят в качестве стандартного. Представление о примерном порядке числа каналов ТЧ, образуемых по различным линиям связи, дает табл. 10.1. Число каналов, образуемых системой, принято называть емкостью системы.

Важным технико-экономическим показателем многоканальной системы передачи является стоимость одного канала, отнесенная к одному километру протяженности магистрали, так называемая стоимость одного канала-километра. Стоимость в рублях всей системы с учетом ее эксплуатации определяется из выражения

$$C_{\text{кан.-км}} = C/NL, \quad (10.1)$$

где N — число каналов ТЧ, образуемых системой; L — длина магистрали, км. Из формулы (10.1) следует, что чем больше число каналов организовано с помощью многоканальной системы передачи, тем ниже стоимость 1 кан.-км и, следовательно, эффективнее используется линия связи.

Схема одновременной передачи по одной физической цепи телеграфного и телефонного сигналов была предложена нашим соотечественником Г. Г. Игнатьевым в 1880 г. Дальнейшим развитием работы Г. Г. Игнатьева явились схемы другого русского специалиста Е. И. Гвоздева, организовавшего в 1893 г. передачу по одной физической цепи одного телефонного и двух телеграфных сигналов. Первая система передачи была создана в нашей стране в 1934 г. Она позволяла организовать по одной воздушной цепи три телефонных канала. В 1935 г. эта система была модернизирована и установлена на магистрали Москва — Хабаровск. В 1940 г. для воздушных линий связи была разработана система на 12 каналов, серийный выпуск ее начался в 1951 г. В 50-е годы были созданы системы, рассчитанные на 12, 24, 60 каналов, работающие по симметричному кабелю, и на 1920 каналов, работающие по коаксиальному кабелю. По мере совершенствования элементной базы модернизировались ранее разработанные системы и создавались новые, в частности, на 120, 300 и 3600 каналов. Подробнее о современных системах передачи и перспективах их развития будет рассказано ниже.

Таблица 10.1

Линия связи	Число каналов	Линия связи	Число каналов
Воздушная линия	10	Коаксиальный кабель	10 000
Симметричный кабель	100	Волоконно-оптическая линия	1000 000

Основные параметры сигналов

Для непрерывных (аналоговых) сигналов основными параметрами являются ширина полосы частот, занимаемая сигналом, средняя мощность на входе канала и динамический диапазон.

Шириной полосы частот называют основную часть спектра сигнала, которую необходимо передать по каналу для высококачественного восстановления на приеме. В технической литературе ширина полосы частот, занимаемая сигналом, часто называется шириной спектра сигнала. Ширина спектра различных сигналов приводилась в § 7.6.

Средняя мощность сигнала $P_{\text{ср}}$ определяется путем усреднения результатов измерений мощности за большой промежуток времени, например за 1 ч. Усреднение необходимо потому, что мощность сигналов электросвязи непостоянна во времени. Так, телефонный сигнал отображает изменение звукового давления перед микрофоном: говорящий человек то повышает голос, то говорит тише или делает паузы. Соответственно амплитуда колебаний сигнала то нарастает, то уменьшается или доходит до нуля. Но средняя мощность, если производить усреднение в течение некоторого времени, представляет более или менее определенную величину. Для оценки числовых значений мощностей сигналов электросвязи в различных точках канала и оценки соотношений между этими значениями в технике связи используются уровни передачи, выражающиеся в децибелах.

Абсолютный уровень мощности p (дБм) в данной точке x канала определяет сравнение этой мощности P_x с мощностью 1 мВт:

$$p = 10 \lg(P_x / 1 \text{ мВт}) = 10 \lg P_x \text{ (мВт)}. \quad (10.2)$$

Относительный уровень передачи равен разности абсолютных уровней мощности в данной точке канала и в точке, принятой за точку сравнения. В канале ТЧ точкой сравнения является двухпроводный вход канала. Эта точка называется точкой нулевого относительного уровня (ТНОУ). Абсолютный уровень в ТНОУ обозначается p_0 . Относительный уровень в точке x канала $p_{x \text{отн}} = p_x - p_0$, где p_x , p_0 — абсолютные уровни в точке x и в ТНОУ. Относительный уровень характеризует не величину мощности в данной точке канала, а изменение этой мощности (усиление при $p_{x \text{отн}} > 0$ или затухание при $p_{x \text{отн}} < 0$) между данной точкой и ТНОУ.

График, показывающий изменение относительного уровня сигнала с частотой 800 Гц при его прохождении по каналу ТЧ, называется диаграммой уровней.

Динамический диапазон сигнала дает представление о возможном разбросе мощностей сигнала в одной и той же точке канала.

На рис. 5.2 показан двоичный сигнал, у которого возможны только два состояния U_0 или U_1 , т. е. дискретный сигнал состоит из двух разных элементов — импульсов (пауза рассматривается как «бестоковый импульс»).

Для дискретных сигналов важнейшим параметром является скорость передачи, исчисляемая числом импульсов, передаваемых в секунду. Если длительность одного импульса τ , то скорость передачи будет $1/\tau$ имп./с. Другими словами, при передаче двоичного сигнала скорость передачи обратно пропорциональна длительности элементарных посылок (импульсов), из которых состоит сигнал. Практически основная энергия спектральных компонент таких сигналов сосредоточена в диапазоне частот, не превышающих значение $1/\tau$. Поскольку $1/\tau$ — скорость передачи двоичных сигналов, то чем выше скорость передачи дискретных сигналов, тем большая полоса частот требуется для их передачи.

Характеристики канала тональной частоты

Важной характеристикой канала ТЧ является остаточное затухание — разность уровней мощности (абсолютных или относительных) на его входе и выходе. Физически остаточное затухание канала показывает разность между суммами всех затуханий и всех усилений в канале, другими словами — это величина нескомпенсированного затухания.

Сигналы, передаваемые по каналу ТЧ, неизбежно претерпевают искажения. В канале величина остаточного затухания на разных частотах различна. Причина этого заключается в амплитудно-частотной зависимости параметров реальных усилителей, трансформаторов, фильтров и т. д. Зависимость остаточного затухания от частоты, приводящая к возникновению амплитудно-частотных искажений сигналов, называется амплитудно-частотной характеристикой канала.

Сигналы, передаваемые по каналу ТЧ, являются сложными, т. е. состоящими из целого ряда гармонических колебаний разной частоты. Время прохождения каждой гармоники по каналу может оказаться различным. В результате образуется фазовый сдвиг между составляющими. Зависимость фазового сдвига, вносимого каналом, от частоты называется фазочастотной характеристикой канала. Форма фазочастотной характеристики определяет степень фазочастотных искажений.

Искажения, образующиеся из-за нарушения соотношений между амплитудами и фазами каждой составляющей, называются линейными.

При воспроизведении сигнала в его составе помимо исходных частот могут появиться дополнительные из-за наличия в канале нелинейных устройств. Возникновение новых частотных составляющих также приводит к искажениям сигнала, называемым нели-

не й н ы м и. Степень нелинейных искажений в первом приближении оценивается амплитудной характеристикой канала, представляющей собой зависимость остаточного затухания канала от уровня на его входе при определенной частоте.

Наряду с полезным сигналом в канале всегда присутствуют посторонние электрические колебания-помехи, мешающие нормальному приему передаваемых сигналов. Помехи в каналах систем передачи могут возникать под влиянием как внутренних (внутрисистемных), так и внешних факторов. Оценка действия помех любого вида производится по помехозащищенности $A_з$, дБ, определяемой разностью уровней полезного сигнала и помехи в той точке канала, где производится эта оценка:

$$A_з = p_c - p_{пом} = 10 \lg(P_c/P_{пом}), \quad (10.3)$$

где p_c , $p_{пом}$ — уровни полезного сигнала и помехи; P_c , $P_{пом}$ — мощности полезного сигнала и помехи.

Классификация многоканальных систем передачи

Системы передачи различают по методу формирования и передачи многоканального сигнала, т. е. по методу разделения каналов, типу среды распространения сигналов электросвязи и типу использования их на ЕАСС.

По методу разделения каналов различают системы с частотным (ЧРК) и временным (ВРК) разделением каналов. Общие принципы разделения каналов рассматривались в § 7.6. Схемы, поясняющие принцип действия систем передачи с ЧРК и ВРК, приведены на рис. 10.1. В системах передачи с ЧРК по каналам передаются непрерывные (аналоговые) сигналы, поэтому такие системы принято называть аналоговыми. Они относительно просты в эксплуатации, имеют достаточно высокую надежность работы, обеспечивают хорошее качество передачи сигналов и необходимую дальность связи. Однако есть у них и ряд недостатков. Одним из основных недостатков является относительно низкая помехозащищенность. С увеличением протяженности магистрали

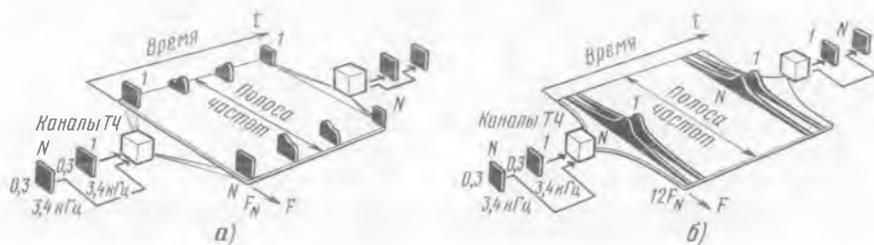


Рис. 10.1. Способы формирования и передачи сигналов с частотным (а) и временным (б) разделением каналов

помехозащищенность в каналах аналоговых систем передачи уменьшается, поскольку помехи постепенно накапливаются.

В системах передачи с ВРК используется двоичный сигнал. Последовательность передаваемых импульсов тока содержит всю необходимую информацию о форме исходного сигнала. Подробнее о системах передачи с ВРК будет рассказано в § 10.3. Пока же отметим, что они имеют более высокую помехозащищенность в сравнении с аналоговыми. Это обуславливается двоичным характером сигнала, что позволяет реализовать периодическую регенерацию (восстановление) сигнала и избежать накопления помех.

По типу среды распространения сигналов электросвязи многоканальные системы передачи делятся на проводные и радиосистемы. Проводной системой передачи ЕАСС называется система передачи, в которой сигналы электросвязи распространяются в пространстве вдоль непрерывной направляющей среды. Проводной системе передачи присваивается название в зависимости от типа направляющей среды, например кабельная, волноводная (волоконно-оптическая). Система передачи ЕАСС, в которой сигналы электросвязи передаются посредством радиоволн в открытом пространстве, называется радиосистемой. По месту использования многоканальных систем передачи на ЕАСС выделяют магистральные, зонные и местные системы.

Обеспечение дальности передачи

Многоканальные системы передачи с частотным и временным разделением каналов — это сложный комплекс технических средств, включающий в себя оконечную аппаратуру, устанавливаемую на оконечных пунктах ОП, промежуточную аппаратуру, размещаемую на обслуживаемых ОУП или необслуживаемых НУП усилительных пунктах, а также линий связи (рис. 10.2). В отличие от аналоговых систем во временных системах на обслуживаемых и необслуживаемых пунктах устанавливается аппаратура для восстановления (регенерации) импульсных сигналов линейного тракта. Отсюда обслуживаемые и необслуживаемые пункты в этих системах принято называть регенерационными (ОРП, НРП).

Поясним для чего нужны усилительные и регенерационные пункты. Дальность передачи сигналов по физическим цепям опре-

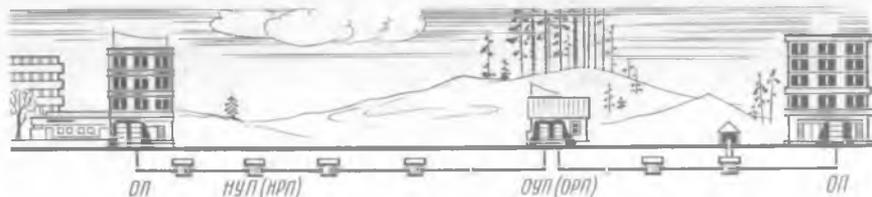


Рис. 10.2. Структурная схема построения систем передачи с ЧРК и ВРК

деляется прежде всего затуханием (ослаблением) сигнала из-за того, что в цепи теряется часть энергии передаваемого сигнала. Конкретные электрические параметры цепи и чувствительность приемного устройства определяют допустимую дальность связи. Например, при передаче речи мощность сигнала на выходе микрофона телефонного аппарата $P_{\text{пер}} = 1$ мВт, а чувствительность телефона приемного аппарата $P_{\text{пр}} = 0,001$ мВт. Таким образом, максимально допустимое затухание цепи не должно быть больше $a_{\text{max}} = 10 \lg (P_{\text{пер}}/P_{\text{пр}}) = 10 \lg (1/0,001) = 30$ дБ. Зная затухание a_{max} и километрический коэффициент затухания α , можно определить дальность передачи: $l = a_{\text{max}}/\alpha$, км.

Для обеспечения дальности связи больше допустимой по определенной цепи используют различные способы компенсации затухания сигналов. В многоканальной связи известны следующие способы компенсации затухания: повышение мощности сигнала в месте передачи, в месте передачи и приема, а также последовательно в нескольких равномерно расположенных точках цепи. Наиболее широкое распространение нашел последний способ, который реализуется с помощью промежуточных усилителей. Часть канала связи между соседними промежуточными усилителями называется усилительным участком.

Аппаратура ОУП и НУП служит не только для усиления многоканального аналогового сигнала, но и для коррекции (выравнивания) амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик линейного тракта. Она предназначена для восстановления амплитуды, длительности и временного интервала между импульсами временного сигнала. Расстояние между необслуживаемыми пунктами зависит от емкости системы. Чем больше емкость системы, тем меньше расстояние между НУП (НРП). Например, в аналоговых системах емкостью 60 каналов расстояние между НУП составляет 19 км, а емкостью 1920 каналов — 6 км. Во временных системах емкостью 120 каналов расстояние между регенерационными пунктами составляет 5 км, а емкостью 1920 каналов — 3 км.

Аппаратура ОП и ОУП (ОРП) размещается в зданиях, где постоянно находится технический персонал для ее обслуживания. Оконечные и переприемные пункты размещают в крупных городах.

При строительстве кабельных линий передачи весьма важное место занимает оборудование вводов кабелей в оконечные и усилительные (регенерационные) пункты. Междугородные кабели к этим пунктам подводятся либо через специальные кабельные шахты, либо непосредственно в помещение, где размещено оборудование. Конкретное техническое решение ввода зависит от конструкции здания, числа вводимых кабелей и плана размещения оборудования в помещениях. Место ввода выбирается с учетом экономии кабеля внутри здания, удобств эксплуатации и обеспечения механической защиты кабеля. В крупных пунктах для ввода кабелей выделяют специальное помещение — шахту. В небольших пунктах



Рис. 10.3. Устройство НУП с вертикальной камерой для симметричного кабеля (а) и горизонтальной цистерной для коаксиального кабеля (б)

ввод одного-двух кабелей осуществляется через отверстие, устроенное в фундаменте здания на глубине прокладки кабеля. Во всех случаях ввод осуществляется по асбоцементным трубам. В помещении шахты кабель по специальным желобам или консолям подводится к оконечным устройствам: вводно-кабельным стойкам, боксам и др. На оконечных устройствах кабель распаивается. При этом крупные кабели предварительно распаивают на распределительные кабели с помощью разветвительных муфт (перчаток). Для защиты станционного оборудования от опасных напряжений оболочку и броню кабеля перепаяивают между собой и заземляют.

Конструкция НУП определяется типами магистрального кабеля и систем передачи. Как правило, НУП представляет собой металлическую камеру, имеющую подземную и наземную части. В камере размещается вводно-коммутационное и усилительное оборудование. Камера имеет герметически закрывающийся вход, который надежно изолирован от воздействия атмосферных явлений.

Кабели в НУП вводятся с помощью асбоцементных труб и специальных стальных патрубков. Для герметизации вводов оболочки кабеля и концы вводных патрубков пропаяивают или герметизируют при помощи битумно-резиновой мастики. Внутри НУП кабели разделяют и распаивают на боксах вводно-кабельных стоек. На рис. 10.3, а показан НУП для симметричного кабеля с вертикальной камерой. На коаксиальных магистралях применяются НУП, оборудованные в горизонтальных цистернах с внутренней деревянной обшивкой (рис. 10.3, б).

Способы организации двухсторонней связи

Многоканальные системы передачи должны обеспечивать одновременную и независимую передачу сигналов в двух направлениях. Это требование можно реализовать двумя способами их построения. Рассмотрим эти способы на примере аналоговых систем передачи.

На рис. 10.4, а приведена упрощенная структурная схема аналоговой системы передачи на N каналов для обеспечения связи между пунктами А и В. Предположим, что первый канал исполь-

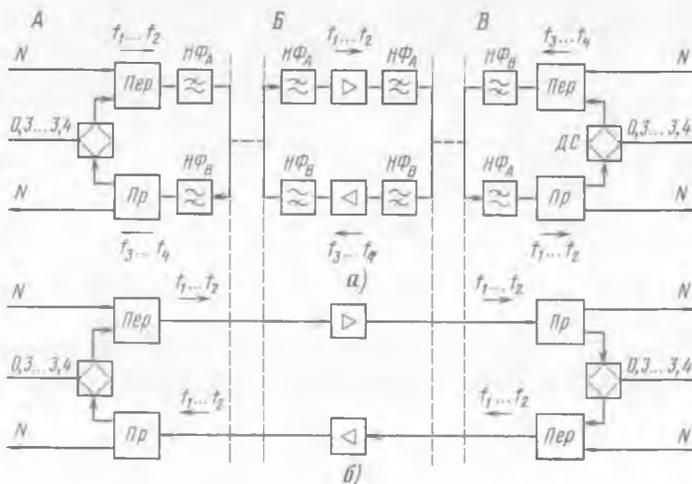


Рис. 10.4. Построение систем передач:

а — двухполосной двухпроводной; б — однополосной четырехпроводной

зуется для телефонной связи, а другие каналы — для передачи сигналов телефонной и других видов связи. Электрический сигнал частотой $0,3 \dots 3,4$ кГц от телефонного аппарата, установленного в пункте А, поступает на передатчик Пер станции А. Одновременно на другие входы каналов передатчика поступают сигналы от других абонентов. Передатчик обеспечивает перенос полос частот, занимаемых исходными сигналами (сигналами абонентов), в область более высоких частот. При этом полосы частот каждого исходного сигнала переносятся в заданный диапазон частот без изменения ее ширины. Принцип переноса полос частот пояснялся на рис. 7.18. Подробнее этот процесс будет рассмотрен в § 10.2. Полосы частот сигналов после переноса должны находиться в пределах частотного диапазона используемой линии связи. Совокупность преобразованных сигналов в линии связи образует групповой сигнал. В данном случае (рис. 10.4, а) групповой сигнал занимает полосу частот $f_1 \dots f_2$. Этот сигнал передается в линию через направляющий фильтр НФ_А, пропускающий сигналы в полосе частот станции А, т. е. $f_1 \dots f_2$. На промежуточной станции в пункте Б, где установлена аппаратура ОУП или НУП, групповой сигнал проходит через НФ_А, усиливается, корректируется и вновь передается в линию. В пункте В групповой сигнал $f_1 \dots f_2$ поступает через НФ_А в приемник (Пр), где выполняется операция обратного переноса полос частот, соответствующих каждому сигналу, в исходный диапазон. Каждый сигнал подается к соответствующему абоненту. Например, сигнал первого канала $0,3 \dots 3,4$ кГц передается через специальное разделительное устройство, называемое дифференциальной системой ДС, к телефонному аппарату, установленному в пунк-

те В. Передатчик аппаратуры станции В будет формировать другую полосу частот группового сигнала $f_3 \dots f_4$. В этом случае направляющие фильтры НФ_В пропускают сигналы передачи станции В в полосе частот $f_3 \dots f_4$ и подавляют сигналы передачи станции А в полосе $f_1 \dots f_2$. Так как групповые сигналы передачи станций А и В не совпадают по частоте, их можно передавать по одной цепи, например по двухпроводной линии.

Системы передачи, обеспечивающие связь между пунктами А и В по двухпроводной линии с использованием для передачи и приема сигналов двух полос, называются двухполосными двухпроводными. Данные системы передачи нашли широкое применение на воздушных линиях связи, так как при таком способе построения систем требуется только два провода, что приводит к значительной экономии металла. Однако линейный спектр частот этих систем используется нерационально.

На рис. 10.4, б приведена схема организации связи между пунктами А и В с использованием однополосной четырехпроводной системы передачи на N каналов. Предположим, что первый канал используется для организации телефонной связи, а остальные каналы — для телефонной и других видов связи.

В отличие от двухполосной двухпроводной системы передачи передатчики оконечной аппаратуры, установленные в пунктах А и В, формируют групповой сигнал линейного тракта, занимающий одну и ту же полосу частот $f_1 \dots f_2$. Поскольку полосы частот передачи пунктов А и В совпадают по спектру, двухсторонняя связь может осуществляться одновременно только по отдельным цепям, т. е. по четырехпроводной линии. При этом отпадает необходимость в направляющих фильтрах.

Одним из основных достоинств однополосных четырехпроводных систем является рациональное использование спектра частот. В данной системе при одинаковых спектрах группового сигнала линейного тракта число каналов можно увеличить в 2 раза. Однополосная четырехпроводная схема передачи нашла широкое применение для организации связи по кабельным линиям.

При организации связи по одному симметричному кабелю с применением однополосной четырехпроводной системы передачи возникают значительные переходы сигналов из цепей передачи в цепи приема из-за электромагнитных влияний. Суть электромагнитных влияний состоит в возникновении напряжений и токов в одной цепи под действием внешних электрического и магнитного полей другой цепи. Взаимное влияние имеет место не только между цепями воздушных линий, но и между цепями симметричных кабелей. В случае четырехпроводной системы передачи для уменьшения взаимных влияний связь организуется по двум симметричным кабелям. К одному кабелю подключаются все передатчики, установленные в пункте А, к другому — все передатчики, установленные в пункте Б, т. е. передача и прием ведутся по различным

кабелям (магистраль строится двухкабельной). Взаимное влияние между кабелями вследствие их экранировки весьма малое.

В коаксиальных кабелях влияние между цепями (парами) очень незначительно (практически отсутствует), поэтому для организации связи с применением однополосной четырехпроводной системы передачи используется один коаксиальный кабель.

10.2. СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ С ЧАСТОТНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ

Понятие о модуляции и демодуляции

Перенос спектров исходных сигналов в неперекрывающиеся полосы частот рабочего диапазона линий связи осуществляется с помощью модуляции, а обратный перенос — демодуляции. Пусть исходный сигнал имеет вид, показанный на рис. 10.5, а, и описывается выражением

$$u_c(t) = U_c \cos \Omega t, \quad (10.4)$$

где U_c , Ω — соответственно амплитуда и частота исходного сигнала. Суть процесса модуляции состоит в изменении одного из параметров (амплитуды, частоты или фазы) вспомогательного гармонического колебания, так называемого колебания несущей частоты

$$u_n(t) = U_n \cos \omega t, \quad (10.5)$$

где U_n , ω — соответственно амплитуда и частота несущей. Временная зависимость несущей $u_n(t)$ показана на рис. 10.5, б.

Предположим, что изменяемым параметром является амплитуда несущей, т. е. имеет место амплитудная модуляция АМ. В этом случае амплитуда несущей изменяется по закону изменения исход-

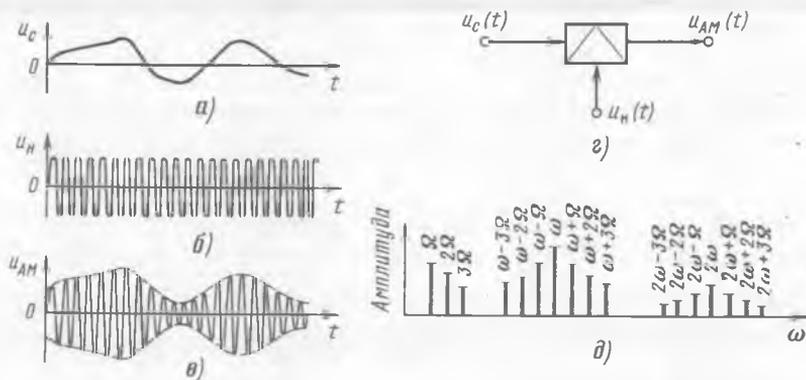


Рис. 10.5. Временные диаграммы при модуляции (а — в), условное обозначение модулятора и демодулятора (з), спектр частот на выходе модулятора (д)

ного сигнала (рис. 10.5, в). Выражение для АМ-сигнала будет иметь вид

$$u_{AM}(t) = (U_n + U_c \cos \Omega t) \cos \omega t, \quad (10.6)$$

где $U_n + U_c \cos \Omega t$ — амплитуда АМ сигнала. Последнее выражение можно привести к виду

$$u_{AM}(t) = (1 + m \cos \Omega t) U_n \cos \omega t, \quad (10.7)$$

где $m = U_c/U_n$. Используя формулу $\cos a \cos b = \frac{1}{2} [\cos(a+b) + \cos(a-b)]$, можно получить

$$u_{AM}(t) = U_n \cos \omega t + \frac{1}{2} m U_n \cos(\omega - \Omega)t + \frac{1}{2} m U_n \cos(\omega + \Omega)t. \quad (10.8)$$

Таким образом, АМ-сигнал состоит из трех составляющих: несущей (первое слагаемое) и двух составляющих комбинационных частот $(\omega + \Omega)$ и $(\omega - \Omega)$ с амплитудами $mU_n/2$. Составляющие комбинационных частот расположены по обе стороны от несущей, поэтому их называют боковыми частотами. Составляющая с частотой $\omega + \Omega$ называется верхней боковой частотой, так как она расположена по спектру выше частоты ω , а составляющая с частотой $\omega - \Omega$ — нижней боковой частотой. Верхняя и нижняя боковые частоты содержат информацию о сигнале Ω . Если исходных сигналов несколько, то, выбирая разные частоты несущих, можно получить комбинационные составляющие, смещенные относительно друг друга по шкале частот, передать их по одной линии, а на приеме восстановить.

Практически реализация модуляции осуществляется с помощью специальных устройств — модуляторов, содержащих в схеме нелинейный элемент (диод или транзистор) и имеющих два входа и один выход (рис. 10.5, г). Предположим, что на входы модулятора подан сигнал (10.4) и несущая частота (10.5). Если бы математическая зависимость между током и напряжением в диоде или транзисторе (вольт-амперная характеристика) была строго линейной, т. е. имела вид

$$i = bu, \quad (10.9)$$

где b — некоторый коэффициент, то на выходе модулятора возник бы ток

$$i = b(U_n \cos \omega t + \frac{1}{2} m U_n \cos(\omega - \Omega)t + \frac{1}{2} m U_n \cos(\omega + \Omega)t). \quad (10.10)$$

Реальная вольт-амперная характеристика модулятора нелинейна, поэтому аналитическое выражение тока на выходе модулятора будет более сложным по сравнению с (10.10).

Не вдаваясь в подробности математического анализа, отметим, что в АМ сигнале будут содержаться гармоники исходного

сигнала и несущей, т. е. составляющие с частотами $n\Omega$ и $m\omega$, а также комбинационные составляющие с частотами $m\omega \pm n\Omega$ (m и n — коэффициенты, равные 1, 2, 3, 4, ...). Все гармоники, а также составляющие комбинационных частот с коэффициентами m и n больше единицы называются побочными (паразитными) продуктами преобразования (рис. 10.5, д).

В реальных условиях информационные сигналы являются много-частотными, т. е. содержат составляющие с различными частотами от Ω_1 до Ω_n . При подаче на вход модулятора исходной полосы частот $\Omega_1 \dots \Omega_n$, а также несущей частоты ω на его выходе появляются составляющие верхней $\omega + (\Omega_1 \dots \Omega_n)$ и нижней $\omega - (\Omega_1 \dots \Omega_n)$ боковых полос частот, а также другие паразитные продукты преобразования. Передавать в линейный тракт две боковые полосы частот нецелесообразно, так как они в 2 раза превышают полосу исходного информационного сигнала. Поэтому в системах передачи с ЧРК на выходе модулятора включают полосовые фильтры, которые выделяют только одну из боковых полос и подавляют вторую, а также все паразитные продукты преобразования.

Демодуляция сигнала сводится к выделению исходного сигнала из модулированного. Эта операция выполняется в демодуляторе, устройство которого не отличается от устройства модулятора. На входы демодулятора подаются несущая с частотой ω и модулированный сигнал — одна из боковых полос, например $\omega - (\Omega_1 \dots \Omega_n)$. В результате на выходе демодулятора образуется сложный сигнал, содержащий среди прочих комбинационные составляющие с частотами $\omega - [\omega - (\Omega_1 \dots \Omega_n)] = \Omega_1 \dots \Omega_n$, т. е. составляющие с исходной полосой частот. Специальное устройство — фильтр выделяет эту полосу частот и подавляет все паразитные продукты преобразования.

Таким образом, модулятор совместно с полосовым фильтром или демодулятор совместно с фильтром нижних частот осуществляют перенос полосы частот информационного сигнала из одного диапазона в другой без ее изменения. Устройство, осуществляющее такой перенос, называется преобразователем частоты.

Индивидуальный принцип построения аппаратуры систем передачи

В состав аппаратуры систем передачи входят оконечное и промежуточное оборудование, а также оборудование выделения каналов. Оконечное оборудование предназначено для преобразования исходных сигналов в некоторый высокочастотный сигнал, который можно передавать по той или иной линии передачи. Промежуточное оборудование предназначено для усиления ослабленного при прохождении в среде распространения сигнала и восстановления его формы. Оборудование выделения каналов применяется для

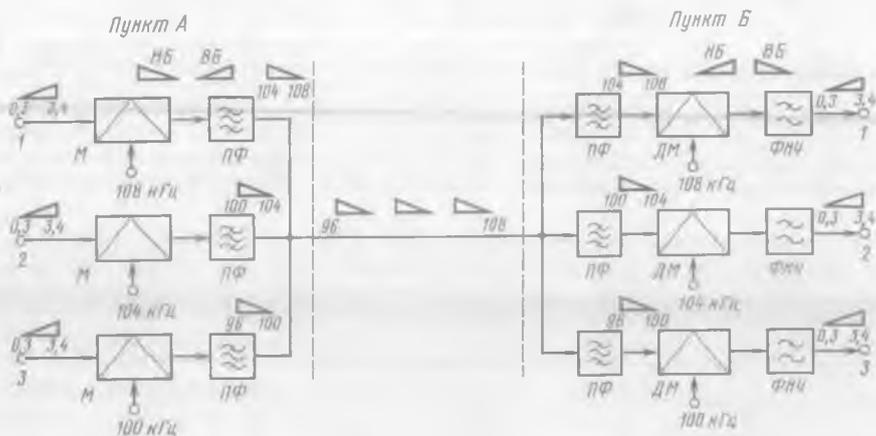


Рис. 10.6. Упрощенная схема построения оконечного оборудования по индивидуальному принципу

обеспечения связью населенных пунктов, расположенных вдоль трассы прохождения линии связи.

Оконечное и промежуточное оборудование систем передачи может строиться по индивидуальному и групповому принципам. При индивидуальном способе построения для каждого канала все устройства являются отдельными, причем не только в оконечном, но и в промежуточном оборудовании. Таким образом, различные технические устройства повторяются столько раз, на сколько каналов рассчитана система передачи. Кроме того, учитывая, что каждому каналу отводится строго определенная полоса частот, однотипные устройства разных каналов должны рассчитываться на разные частоты.

Пример построения оконечного оборудования по индивидуальному принципу приведен на рис. 10.6. В данном случае система позволяет организовать одновременную передачу сигналов, соответствующих трем различным сообщениям, по одной цепи из пункта А в пункт Б. Передатчик каждого канала содержит модулятор М и полосовой фильтр ПФ, а приемник — полосовой фильтр, демодулятор ДМ и фильтр нижних частот ФНЧ. Пусть на модулятор и демодулятор первого канала подан ток несущей частоты 108 кГц, второго — 104 и третьего — 100 кГц. Предположим также, что в пункте А на вход всех трех каналов поданы информационные сигналы тональной частоты 0,3 ... 3,4 кГц (условно такой сложный сигнал изображается на схеме треугольником).

После преобразования на выходе модулятора первого канала возникают токи двух боковых полос частот: верхней $108 + (0,3 \dots 3,4) = 108,3 \dots 111,4$ кГц и нижней $108 - (0,3 \dots 3,4) = 104,6 \dots 107,7$ кГц. На схеме треугольник, изображающий нижнюю боковую полосу частот, показан инверсированным (перевер-

нутым) по отношению к треугольнику, изображающему исходный сигнал, так как острому углу треугольника соответствует частота исходного сигнала 0,3, а прямому углу — 3,4 кГц.

На выходе модулятора второго канала возникнут токи верхней боковой полосы частот $104 + (0,3 \dots 3,4) = 104,3 \dots 107,4$ кГц и нижней боковой полосы частот $104 - (0,3 \dots 3,4) = 100,6 \dots 103,7$ кГц, а на выходе модулятора третьего канала — соответственно $100 + (0,3 \dots 3,4) = 100,3 \dots 103,4$ кГц и $100 - (0,3 \dots 3,4) = 96,6 \dots 99,7$ кГц. Полосовые фильтры каждого канала пропускают токи только нижних боковых и задерживают токи верхних боковых полос частот.

Ток группового сигнала частотой 96,6 ... 107, 8 кГц передается в линию. В пункте Б в каждый канал включены ПФ, пропускающие токи с полосой частот 104,6 ... 107,7 кГц для первого канала, 100,6 ... 103,7 кГц — для второго и 96,6 ... 99,7 кГц — для третьего. Эти токи поступают на демодуляторы, на которые подаются те же несущие частоты, что и на модуляторы. На выходе демодулятора первого канала снова появляются токи двух боковых полос: верхней $108 + (104,6 \dots 107,7) = 212,6 \dots 215,7$ кГц и нижней $108 - (104,6 \dots 107,7) = 0,3 \dots 3,4$ кГц.

Аналогично во втором канале на выходе демодулятора возникают полосы частот $104,0 + (100,6 \dots 103,7) = 204,6 \dots 207,7$ кГц и $104 - (100,6 \dots 103,7) = 0,3 \dots 3,4$ кГц, а в третьем канале $100 + (96,6 \dots 99,7) = 196,6 \dots 199,7$ кГц и $100 - (96,6 \dots 99,7) = 0,3 \dots 3,4$ кГц. Фильтры нижних частот, включенные на выходе демодуляторов, пропускают только токи нижней боковой полосы частот 0,3 ... 3,4 кГц.

Таким образом, благодаря подаче на модуляторы и демодуляторы каждого канала различных несущих частот удается перенести токи исходных сигналов с частотой 0,3 ... 3,4 кГц в верхний диапазон и разнести их по шкале частот, одновременно передать на станцию Б по одной цепи, а на приеме выделить из общего спектра исходные сигналы.

Групповой принцип построения аппаратуры систем передачи

При разработке современных систем передачи широко используется групповой способ построения оконечной аппаратуры. При таком способе построения в системах передачи отдельной для каждого канала является только небольшая часть оборудования, а остальные устройства оконечной аппаратуры и все устройства промежуточной аппаратуры являются общими для всех каналов системы. Структурная схема, поясняющая принцип построения систем передачи с использованием многократного, или группового, преобразования, приведена на рис. 10.7

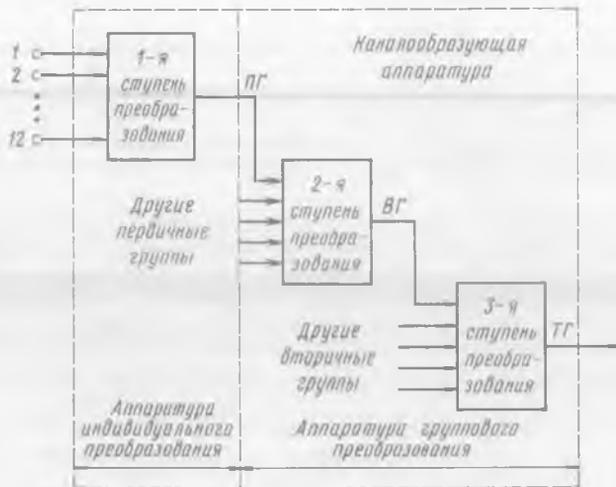


Рис. 10.7. Принцип группового построения аппаратуры систем передачи

В первой ступени преобразования одинаковые исходные частотные полосы от 12 различных источников сигналов преобразуются в 12-канальную группу сигналов. Такую группу принято называть первичной группой ПГ.

Во второй ступени пять одинаковых по ширине частотных полос первичных групп преобразуются в общий групповой 60-канальный сигнал, называемый вторичной группой ВГ.

В следующей ступени преобразования образуется 300-канальный сигнал путем переноса пяти вторичных 60-канальных групп. Группу из 300-канальных сигналов называют третичной ТГ.

При построении систем передачи на очень большое число каналов используют четверичные и пятиричные группы. Каждая из этих групп образуется объединением соответственно нескольких третичных и четверичных групп. В соответствии с международной договоренностью аппаратура систем передачи должна иметь число стандартных каналов ТЧ, кратное 12.

Совокупность преобразовательного оборудования всех групп носит название каналобразующей аппаратуры. Назначение последней заключается в преобразовании исходных сигналов, занимающих полосу частот 0,3 ... 3,4 кГц, в групповой сигнал одной из разновидностей стандартных групп. Каналообразующая аппаратура различных систем передачи в зависимости от общего числа сигналов может состоять только из аппаратуры первичных групп, первичных и вторичных и т. д. Использование каналообразующей аппаратуры позволяет строить оконечную аппаратуру систем передачи различной емкости на основе стандартного преоб-

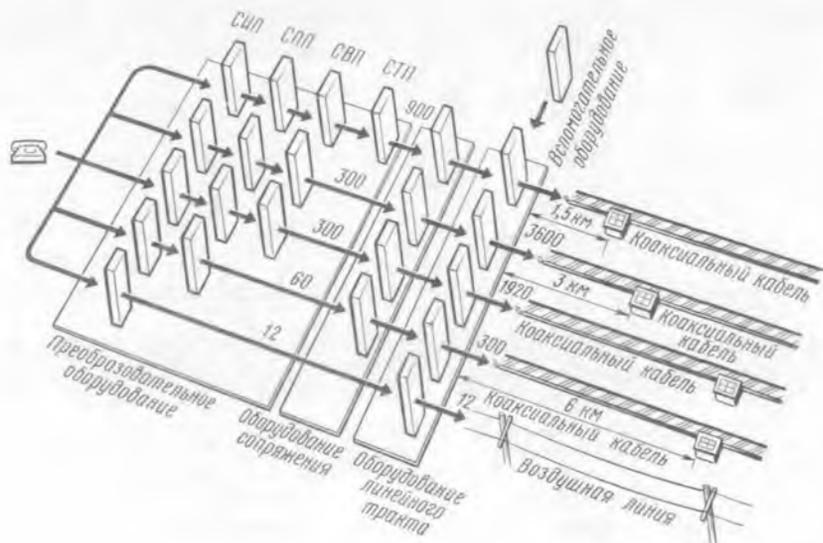


Рис. 10.8. Структурная схема построения аналоговых систем передачи

разовательного оборудования и, следовательно, создавать унифицированное техническое оборудование.

Структурная схема построения оконечной аппаратуры систем передачи с ЧРК приведена на рис. 10.8. Здесь СИП — стойки индивидуального преобразования, а СПП, СВП, СТП — стойки соответственно первичного, вторичного и третичного преобразования. С выхода преобразовательного оборудования групповой сигнал поступает на оборудование сопряжения. Оно также имеет ступени преобразования для переноса сформированного спектра частот в определенный для конкретной системы передачи спектр, называемый линейным. Соответствующие условия для передачи линейного спектра обеспечивает оконечное оборудование линейного тракта.

Структурная схема аппаратуры для формирования каналов первичной группы. Рассмотрим принцип построения оконечной аппаратуры для формирования каналов первичной группы. На рис. 10.9, а приведена упрощенная структурная схема блока индивидуального преобразования ИП для формирования каналов первичной группы (12 каналов). Каждый канал имеет отдельные тракты передачи и приема, т. е. является четырехпроводным. Как известно, к телефонному аппарату подводится двухпроводная линия. Для перехода с двухпроводной линии на четырехпроводную необходимо специальное устройство. Таким устройством является дифференциальная система ДС.

Каждый канал содержит следующие индивидуальные устройства: на передаче ограничитель амплитуд ОА, модулятор М и полосо-

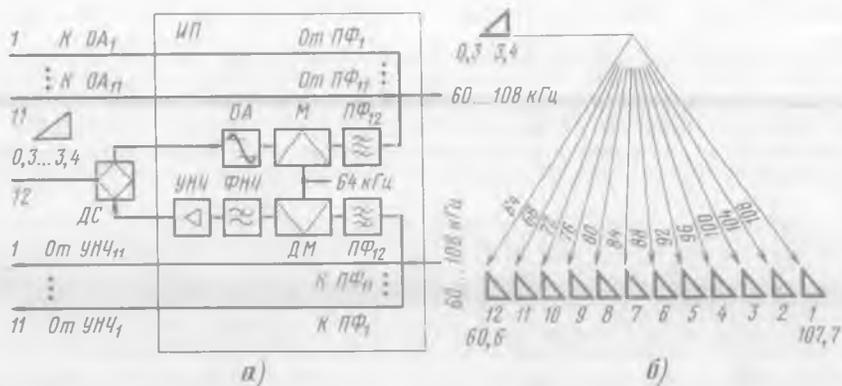


Рис. 10.9. Структурная схема блока индивидуального преобразования (а) и схема формирования первичной группы (б)

вой фильтр ПФ; на приеме полосовой фильтр ПФ, демодулятор ДМ, фильтр нижних частот ФНЧ и усилитель низкой частоты УНЧ.

Для преобразования исходного сигнала на модуляторы и демодуляторы каждого канала подаются несущие частоты, кратные 4 кГц. Так, на модулятор и демодулятор первого канала подается несущая частота 108 кГц, второго — 104 кГц и т. д. до частоты 64 кГц, которая подается на 12-й канал. Несущую частоту любого из 12 каналов можно определить по формуле $f_n = 108 - 4(n - 1)$ кГц, где n — номер канала.

Предположим, что на дифференциальную систему 12-го канала подается исходный сигнал тональной частоты 0,3 ... 3,4 кГц, который затем поступает на ограничитель амплитуд и модулятор. Ограничитель амплитуд служит для ограничения выбросов напряжения сигнала. Если на входы преобразователя подать сигнал и несущую частоту, равную 64 кГц, то на его выходе появляются полезные токи верхней боковой полосы частот $64 + (0,3 \dots 3,4) = 64,3 \dots 67,4$ кГц и нижней боковой полосы $64 - (0,3 \dots 3,4) = 60,6 \dots 63,7$ кГц. Полосовой фильтр ПФ₁₂ пропускает ток только нижней боковой полосы частот 60,6 ... 63,7 кГц. Аналогично построены тракты передачи и других 11 каналов.

Таким образом, на выходе тракта передачи образуется групповой сигнал 12 каналов, который занимает полосу частот 60,6 ... 107,7 кГц или приблизительно 60 ... 108 кГц. Этот спектр частот и принято называть первичной группой. Схема формирования 12-канальной первичной группы показана на рис. 10.9, б.

Если для передачи сигналов используются односторонние каналы (передача данных, телеграфная связь, звуковое вещание), дифференциальные системы отключают. Например, телеграфные сигналы, минуя ДС, подаются непосредственно на двухпроводный вход канала передачи. Формирование таких сигналов в спектре частот

0,3 ... 3,4 кГц осуществляется специальной телеграфной аппаратурой.

При передаче сигналов вещания используются объединенные полосы частот двух или трех каналов ТЧ. Обычно для организации вещания по проводам используется спектр частот первичной группы четвертого и пятого или четвертого, пятого и шестого каналов. В тракте приема общий сигнал первичной группы с полосой частот 60 ... 108 кГц поступает на соответствующие полосовые фильтры каждого канала. Например, фильтр ПФ_{12} пропускает ток частотой 60,6 ... 63,7 кГц, который подается на вход демодулятора. На выходе последнего появляются также токи двух боковых полос: верхней $64 + (60,6 \dots 63,7) = 124,6 \dots 127,7$ кГц и нижней $64 - (60,6 \dots 63,7) = 0,3 \dots 3,4$ кГц. Фильтр нижних частот пропускает только ток тональных частот 0,3 ... 3,4 кГц (нижней боковой полосы), который после усиления подается через ДС на выход канала.

Тракты приема других 11 каналов построены аналогично. Полосы частот первичной группы 60 ... 108 кГц рекомендованы МККТТ (Международным консультативным комитетом по телеграфии и телефонии). Такая полоса частот выбрана, прежде всего, потому, что кварцевые фильтры, применяемые раньше в качестве полосовых, проще изготовлять для этой полосы частот. Кроме того, многие побочные продукты, возникающие при прохождении группового сигнала через нелинейное устройство, располагаются вне полосы частот. Блоки для формирования каналов первичных групп размещаются на стойках индивидуального преобразования СИП (см. рис. 10.8).

Возможны и иные принципы построения 12-канальных групп. Их отличие заключается в наличии двойного преобразования спектров исходных сигналов. В современной аппаратуре систем передачи общие габаритные размеры, масса и стоимость оборудования первичной группы составляют примерно 70% по отношению ко всему оконечному оборудованию. Поэтому в настоящее время ведутся работы по совершенствованию оборудования этой группы с целью оптимизации его построения на основе последних достижений техники и технологии, уменьшения габаритных размеров и стоимости оборудования при одновременном улучшении характеристик каналов.

Структурная схема аппаратуры для формирования каналов вторичной группы. На рис. 10.10, а показана структурная схема блока первичного преобразования ПП для формирования вторичной группы (60 каналов). Несущие частоты, подаваемые к модуляторам и демодуляторам первичных групп, можно определить по формуле $f_n = 420 + 48(k_i - 1)$, кГц, где k_i — номер первичной группы. Подставляя в формулу $k_i = 1, 2, 3, 4, 5$, получаем несущие частоты 420, 468, 516, 564, 612 кГц.

Предположим, что сигнал первичной группы частот 60 ... 108 кГц подается на вход модулятора М; на выходе последнего возникают

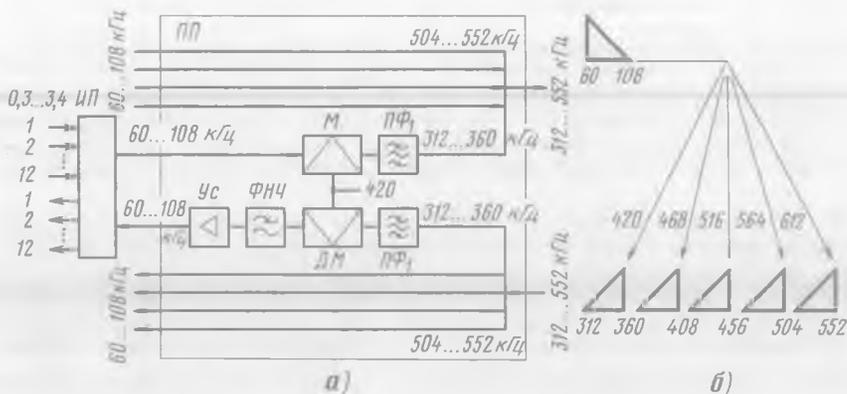


Рис. 10.10. Структурная схема блока первичного преобразования (а) и схема формирования полосы частот вторичной группы (б)

токи верхней боковой полосы $420 + (60 \dots 108) = 480 \dots 528$ кГц, нижней боковой полосы $420 - (60 \dots 108) = 312 \dots 360$ кГц и другие продукты преобразования. Полосовой фильтр ПФ пропускает токи только нижней боковой полосы частот $312 \dots 360$ кГц. Фильтры, включенные в тракт передачи второй первичной группы, пропускают токи с полосой частот $360 \dots 408$ кГц, третьей — $408 \dots 456$ кГц, четвертой — $456 \dots 504$ кГц и пятой — $504 \dots 552$ кГц. Таким образом, на выходе тракта передачи имеется 60-канальная группа, занимающая полосу частот $312 \dots 552$ кГц, т. е. вторичная группа каналов ТЧ. Схема формирования полосы частот вторичной группы показана на рис. 10.10, б.

В тракте приема общий сигнал вторичной группы с полосой частот $312 \dots 552$ кГц поступает на соответствующие полосовые фильтры. Полосовой фильтр ПФ₁ пропускает ток частотой $312 \dots 360$ кГц. На выходе ДМ появляются токи верхней $420 + (312 \dots 360) = 732 \dots 780$ кГц и нижней $420 - (312 \dots 360) = 60 \dots 108$ кГц боковых полос частот, а также другие продукты преобразования. Фильтр пропускает ток первичной группы $60 \dots 108$ кГц и задерживает ток верхней боковой полосы. Сигнал первичной группы после усиления подается на соответствующий 12-канальный блок индивидуального преобразования ИП.

Тракты приема других четырех групп построены аналогично. Блоки первичного преобразования для формирования вторичных групп размещаются на стойках первичного преобразования СПП, которые имеют различную емкость (см. рис. 10.8).

Структурная схема аппаратуры для формирования каналов третичной группы. На рис. 10.11, а приведена схема блока вторичного преобразования ВП для формирования третичной группы (300 каналов). Несущие частоты, подаваемые к модуляторам и демодуляторам вторичных групп, можно определить по формуле $f_n = 1364 + 248 (m_i - 1)$, кГц, где m_i — номер вторичной группы.

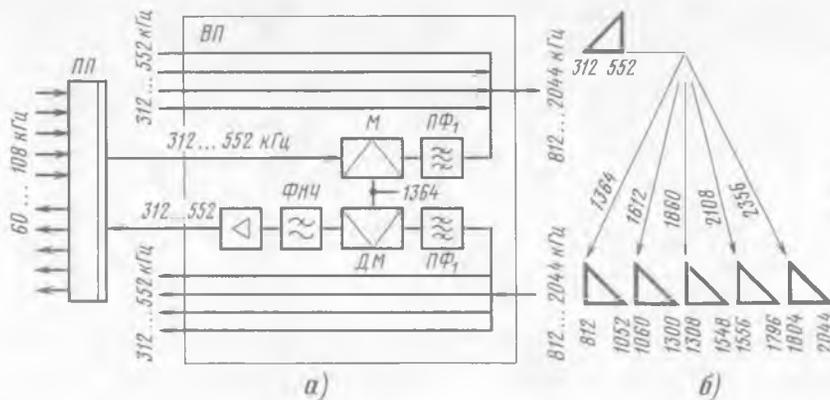


Рис. 10.11. Структурная схема блока вторичного преобразования (а) и схема формирования третичной группы (б)

Подставляя в формулу $m, = 1, 2, 3, 4, 5$, получаем несущие частоты 1364, 1612, 1860, 2108, 2356 кГц.

Сигнал вторичной группы частот 312 ... 552 кГц подается на вход модулятора М. На его выходе появляются токи верхней боковой полосы частот $1364 + (312 \dots 552) = 1676 \dots 1916$ кГц, нижней боковой полосы частот $1364 - (312 \dots 552) = 812 \dots 1052$ кГц и другие продукты преобразования. Полосовой фильтр пропускает токи только нижней боковой полосы частот 812 ... 1052 кГц. Фильтры, включенные в тракты второй вторичной группы, пропускают токи с полосой 1060 ... 1300 кГц, третьей — 1308 ... 1548 кГц, четвертой — 1556 ... 1796 кГц, пятой 1804 ... 2044 кГц. Таким образом, на выходе тракта передачи образуется 300-канальная группа, занимающая полосу 812 ... 2044 кГц, т. е. третичная группа канала ТЧ. Схема формирования полосы частот третичной группы показана на рис. 10.11, б.

В тракте приема общий сигнал третичной группы 812 ... 2044 кГц поступает на соответствующие полосовые фильтры. Фильтр ПФ₁ пропускает токи частот 812 ... 1052 кГц. На выходе демодулятора появляются токи двух боковых полос: верхней $1364 + (812 \dots 1052) = 2176 \dots 2416$ кГц и нижней $1364 - (812 \dots 1052) = 312 \dots 552$ кГц, а также другие продукты преобразования. Фильтр ФНЧ пропускает токи частотой 312 ... 552 кГц, т. е. токи вторичной группы, и задерживает токи верхней боковой полосы частот. Токи вторичной группы частот после усиления подаются на оборудование первичного преобразования ПП. Тракты приема других четырех групп построены аналогично.

Блоки вторичного преобразования для формирования третичных групп размещаются на стойках вторичного преобразования СВП (см. рис. 10.8).

Структурная схема аппаратуры для формирования каналов четверичной группы. На рис. 10.12, а приведена структурная схема блока третичного преобразования ТП для формирования четверичной группы (900 каналов). Несущие частоты, подаваемые к модуляторам и демодуляторам третичных групп, можно определить по формуле $f_n = 13\,200 - 1320(3 - p_i)$ кГц, где p_i — номер третичной группы. Подставляя в формулу $p_i = 1, 2, 3$, получаем несущие частоты 10 560, 11 880, 13 200 кГц.

Сигнал третичной группы 812 ... 2044 кГц подается на вход модулятора М, на выходе которого возникают токи верхней боковой полосы частот $10\,560 + (812 \dots 2044) = 11\,372 \dots 12\,604$ кГц, нижней боковой полосы частот $10\,560 - (812 \dots 2044) = 8516 \dots 9748$ кГц и другие продукты преобразования. Полосовой фильтр ПФ₁ пропускает токи нижней полосы 8516 ... 9748 кГц.

Фильтры, включенные в тракты второй третичной группы, пропускают токи с полосой 9836 ... 11 068 кГц, третьей — 11 156 ... 12 388 кГц. Таким образом, на выходе тракта передачи получается 900-канальная группа, занимающая полосу 8516 ... 12 388 кГц, т. е. четверичная группа каналов ТЧ. Тракт приема аналогичен формированию вторичной и третичной групп.

Блоки для формирования четверичной группы размещаются на стойках третичного преобразования СТП (см. рис. 10.8).

Принцип многократного преобразования позволяет комплектовать оконечную преобразовательную аппаратуру стандартными узлами, блоками, панелями, что значительно уменьшает их разнотипность и упрощает технологию изготовления.

Системы передачи различной емкости отличаются в основном оборудованием сопряжения, линейного тракта и вспомогательным оборудованием. Что касается преобразовательного оборудования, то для всех систем оно идентично, только в зависимости от емкости системы используется различное количество СИП, СПП, СВП и СТП (см. рис. 10.8).

В табл. 10.2 приведены данные использования индивидуального и группового оборудования современных систем передачи.

Аппаратура сопряжения предназначена для формирования полосы частот линейного тракта с помощью преобразования и

Таблица 10.2

Система передачи	Использование основных групп			
	первичной 60 ... 108 кГц	вторичной 312 ... 552 кГц	третичной 812 ... 2044 кГц	четверичной 8516 ... 12 388 кГц
К = 60	+	+		
К = 300	+	+		
К = 1920	+	+	+	
К = 3600	+	+	+	
К = 10 800	+	+	+	+

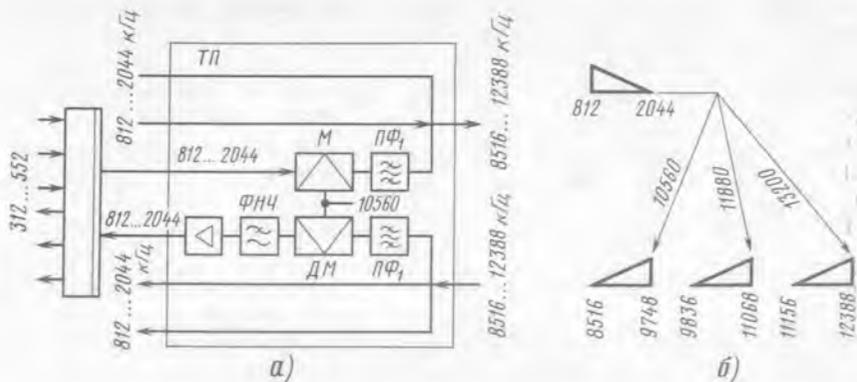


Рис. 10.12. Структурная схема группового преобразовательного оборудования 900-канальной (четверичной) группы (а) и схема формирования четверичной группы (б)

объединения основных первичных, вторичных, третичных и четверичных групп на передаче и обратного преобразования на приеме. Оборудование линейного тракта — это совокупность устройств, обеспечивающих усиление сигналов и коррекцию амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик линейного тракта. Вспомогательное оборудование предназначено для организации дистанционного электропитания НУП, служебной связи, подачи сигналов управления и приема сигналов извещения о работе аппаратуры НУП, повышении влажности и температуры в контейнере, открытии двери НУП.

Общая характеристика современных систем передачи с частотным разделением каналов

К системам передачи магистральной и внутризоновых сетей относятся: К-3600, К-1920П, ВК-960-2, К-300, К-60П, К-120. На местных сетях наибольшее применение находят системы передачи КНК-12, КАМА и АБУ.

Система передачи К-3600 предназначена для работы по коаксиальному кабелю типов КМБ-8/6 и КМБ-4. По двум коаксиальным парам она позволяет получить 3600 каналов ТЧ или 1800 каналов ТЧ и канал передачи телевизионного изображения в линейном спектре частот 812 ... 17 596 кГц. Для формирования линейного спектра используются 12 третичных групп. Дальность действия системы составляет 12 500 км.

В линейном тракте системы используются обслуживаемые и необслуживаемые усилительные пункты. На участке ОУП-ОУП максимальной протяженностью 186 км размещается 61 НУП. Длина усилительного участка составляет 3 км. Система К-3600 построена по однополосной четырехпроводной схеме. Для выделения

и введения каналов ТЧ в ОУП и НУП используются соответствующие распределительные системы передачи К-1020Р и К-24Р.

Система передачи К-1920П предназначена для работы по коаксиальным парам диаметром 2,6/9,4 мм кабелей КМ-8/6 и КМБ-4. По двум парам можно организовать либо 1920 каналов ТЧ, либо 300 каналов ТЧ, канал передачи сигналов телевизионного изображения и канал звукового сопровождения. Линейный спектр системы 312...8544 кГц, и при организации 1920 каналов ТЧ формируется из шести третичных групп и двух вторичных групп. Дальность действия системы 12 500 км. Протяженность участка ОУП — ОУП не более 246 км. Между двумя ОУП размещается 40 НУП. Длина усилительного участка 6 км. Система К-1920П является однополосной четырехпроводной.

На магистральной первичной сети в настоящее время используются системы К-3600 и К-1920П. Принято решение о модернизации отечественных магистральных систем передачи с ЧРК. Создается перспективное семейство систем передачи на единой конструктивной и технологической основе, обеспечивающее более экономное построение и развитие магистральной первичной сети. В это семейство войдут системы К-1800, К-5400, К-10 800, которые по важным эксплуатационным характеристикам превосходят зарубежные и отечественные аналоги.

Система К-1800 весьма перспективна при освоении восточных районов страны, где приходится преодолевать широкие водные и заболоченные пространства, поскольку у нее расстояния между НУП составляют 6 км.

Система К-5400 предназначена для использования как при строительстве новых кабельных магистралей в районах с относительно высокой плотностью населения, так и при реконструкции действующих линий менее мощных систем (К-1920П, К-3600). При том же числе НУП, что и в системе К-3600, система К-5400 позволяет организовать в 1,5 раза больше каналов.

Система К-10 800 наиболее перспективна для создания больших пучков каналов. Система оснащена управляющим вычислительным комплексом и разветвленной системой контроля за состоянием линейного тракта. Это позволяет не только быстро обнаруживать, но и прогнозировать возможные неисправности, связанные с постоянным изменением параметров аппаратуры.

Система передачи ВК-960-2 предназначена для организации связи по коаксиальному кабелю с парами диаметром 1,2/4,4 (1,2/4,6) мм. По двум парам можно организовать 960 каналов ТЧ. Система однополосная четырехпроводная. Линейный спектр частот 60...4028 кГц. Дальность действия системы 12 500 км. Между двумя ОУП устанавливаются 27 НУП. Длина усилительного участка 4 км.

Система передачи К-300 используется на зональных сетях для связи по коаксиальным кабелям с малогабаритными парами

1,2/4,6 мм. Линейный спектр 60 ... 1300 кГц образуется на основе пяти вторичных групп. Дальность действия системы 12 500 км. Расстояние между ОУП не превышает 240 км, длина усилительного участка 6 км.

Система передачи К-60П является основной системой на внутризональных сетях для работы по симметричному кабелю с жилами диаметром 1,2 мм. Она допускает организацию 60 каналов ТЧ. Линейный спектр 12 ... 252 кГц образуется на основе преобразования одной вторичной группы. Максимальная дальность передачи 12 500 км. Расстояние между двумя ОУП 300 или 600 км в зависимости от примененной схемы автоматической регулировки усиления. На секции ОУП — ОУП может располагаться до 12 НУП. Длина усилительного участка составляет 19 км. Аппаратурой К-60П оборудовано около 70% внутризональных магистралей.

Задача повышения эффективности использования этих многочисленных линий весьма актуальна. В нашей стране создана новая система передачи К-1020С емкостью 1020 каналов, которая решает эту задачу просто и экономично. Она занимает полосу частот 312 ... 4636 кГц, т. е. выше полосы системы К-60П, и поэтому обе системы могут работать на одной цепи.

Система передачи К-120 предназначена для работы на внутризональных сетях по однокоаксиальному кабелю ВКПА, который конструктивно выполняется для прокладки в грунт и подвески на опорах. Система является однокабельной двухполосной. В одном направлении используется линейный спектр частот 60 ... 552 кГц, а в обратном 812 ... 1304 кГц. Линейные спектры прямого и обратного направлений формируются на основе двух вторичных групп. Дальность действия системы 600 км, протяженность усилительного участка 10 км. Предусмотрена возможность выделения или ввода 12-канальной группы.

На зональных участках сети еще применяются системы передачи по воздушным линиям В-3-3 и В-12-3. Система передачи В-3-3 позволяет организовать в полосе 4 ... 31 кГц три канала ТЧ.

Система двухполосная двухпроводная. Система передачи В-12-3 позволяет организовать в полосе частот 36 ... 143 кГц 12 каналов ТЧ. В этих системах используются цепи из цветных металлов (медные и биметаллические диаметром 3 и 4 мм).

Система передачи КНК-12 предназначена для организации связи на короткие расстояния (между сельскими АТС) по симметричному кабелю КСПП. Линейный спектр частот занимает полосы 6 ... 54 и 60 ... 108 кГц; число каналов, организуемых по одной паре, равно 12.

Система передачи АВУ предназначена для работы на абонентских линиях и позволяет получить один дополнительный высокочастотный канал. Таким образом, по каждой паре абонентской линии можно организовать разговор двух абонентов. Даль-

ность действия системы 3,5 км при работе по кабелю с диаметром жил 0,5 мм. Новое семейство аппаратуры Д-АВУ позволяет передать сообщение от десяти абонентов по двум абонентским линиям. В настоящее время разрабатывается еще более эффективная система этого семейства.

Некоторые параметры и область применения типовой аппаратуры кабельных систем передачи с ЧРК приведены в табл. 10.3.

Таблица 10.3

Система передачи	Область применения	Кабель	Число каналов	Длина усилительного участка, км	Линейный спектр, кГц
К-60П	Внутризоновая сеть	Симметричный	60	19	12 ... 252
К-120	То же	Коаксиальный	120	10	60 ... 552; 812 ... 1304
К-300	Магистральная и зональные сети	То же	300	6	60 ... 1300
ВК-960-2	Магистральная сеть	— " —	960	4	60 ... 4028
К-1020Р	То же	— " —	1020	3	312 ... 4636
К-1920П	— " —	— " —	1920	6	312 ... 8544
К-3600	— " —	— " —	3600	3	812 ... 17 596
К-10 800	— " —	— " —	10 800	1,5	4300 ... 6000

10.3. СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ С ВРЕМЕННЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ

Принцип временного разделения каналов

Временной способ разделения каналов основан на поочередной передаче различных сигналов по одной линии. Идея способа иллюстрируется упрощенной схемой системы передачи, изображенной на рис. 10.13. Система обеспечивает передачу n сигналов по одной линии, поочередно соединяя n пар телефонных аппаратов. Соответствующие пары телефонных аппаратов подключаются к линии (каналу) передачи поочередно с помощью двух специальных коммутаторов-распределителей, работающих согласованно-синхронно и синфазно. Коммутатор-распределитель в начале подключает к линии первую пару телефонных аппаратов, затем вторую, третью и т. д. до n -й пары. При этом каждая пара подключается к линии на определенный короткий промежуток времени. После подключения к линии n -й пары телефонных аппаратов процесс повторяется, т. е. снова подключается первая пара, вторая и т. д. Следовательно, системы с ВРК работают непрерывно и циклично. Переключение производится с такой скоростью, чтобы абоненты не замечали перерывов в связи.

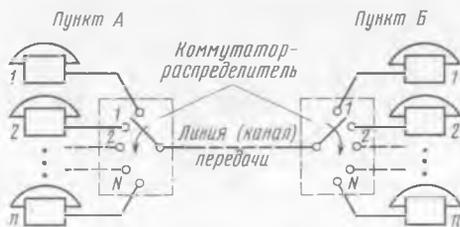


Рис. 10.13. Принцип временного разделения каналов

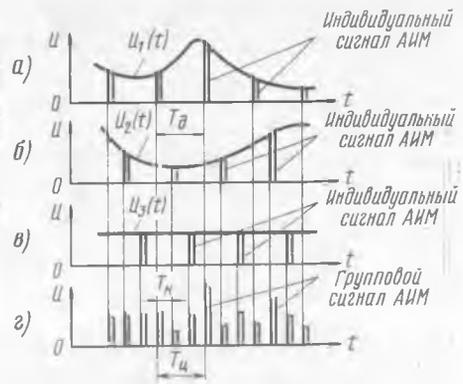


Рис. 10.14. Преобразование непрерывных сигналов в импульсные

На рис. 10.14 приведены временные диаграммы, поясняющие принцип ВРК. На рис. 10.14, а-в даны графики трех непрерывных аналоговых сигналов $u_1(t)$, $u_2(t)$, $u_3(t)$. Как видно из графиков, сигналы изменяются непрерывно, принимая в каждый момент времени определенное значение. В целом таких значений в определенном интервале будет бесконечное множество.

Академик В. А. Котельников показал, что непрерывный сигнал можно передавать отдельными значениями через определенные и равные промежутки времени в виде последовательности коротких импульсов. При этом частота следования импульсов должна не менее чем в 2 раза превышать максимальную частоту составляющих спектра сигнала, а амплитуда их (на рисунке высота) должна быть равной соответствующим мгновенным значениям сигнала. Следовательно, для передачи непрерывный сигнал преобразуется в импульсный с изменяющейся амплитудой. Такой сигнал называется амплитудно-импульсно-модулированным (АИМ-сигналом), а процесс преобразования — дискретизацией. На диаграммах а-в рис. 10.14 показаны АИМ-сигналы, соответствующие непрерывным сигналам $u_1(t)$, $u_2(t)$, $u_3(t)$. Интервалы времени между импульсами индивидуальных сигналов равны T_d . Следовательно, частота дискретизации $f_d = 1/T_d$;

Как видно из диаграмм, импульсы разных АИМ-сигналов сдвинуты относительно друг друга во времени (по фазе). Сдвиг импульсов обеспечивается коммутатором-распределителем. При объединении индивидуальных сигналов в линию (канале) передачи образуется групповой импульсный сигнал с частотой следования импульсов в n раз (на рисунке в 3 раза) большей частоты дискретизации f_d . Интервал времени между ближайшими импульсами группового сигнала называется канальным интервалом T_k . Промежуток времени между соседними импульсами одного индивидуального сигнала называется циклом передачи T_u . Очевидно, что $T_u = T_d$. Таким образом, в каждом цикле в определенной последовательности размещается по одному импульсу всех индивидуальных

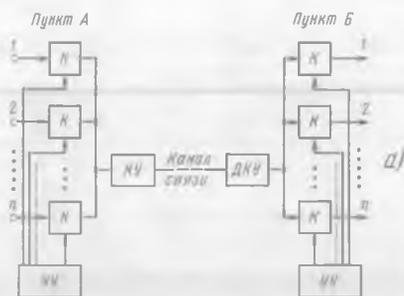
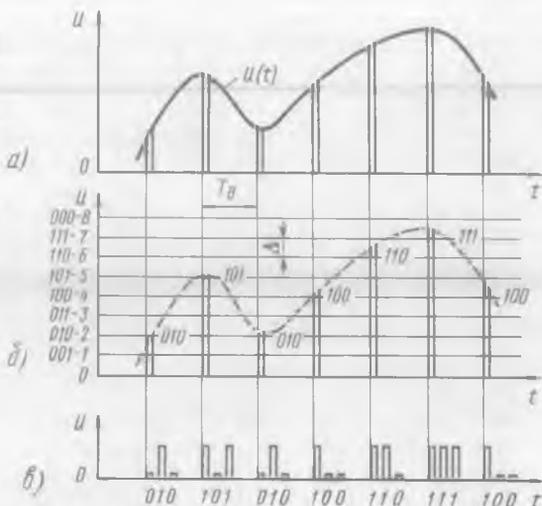


Рис. 10.15. Структурная схема системы передачи с ИКМ

Рис. 10.16. Преобразование непрерывного сигнала в ИКМ-сигнал



сигналов, смещенных друг относительно друга на время T_k . От соотношения T_c и T_k зависит число импульсов, которое можно разместить в цикле, т. е. число временных каналов.

На приемном пункте системы с помощью аналогичного коммутатора-распределителя импульсы распределяются по соответствующим телефонным аппаратам. В каждой приемной цепи индивидуальные АИМ-сигналы должны быть преобразованы обратно в непрерывные сигналы первоначального вида. Эти функции выполняют специальные устройства.

Системы передачи, использующие АИМ-сигналы, несмотря на сравнительную простоту реализации не получили практического применения. Это связано с тем, что АИМ-сигналы весьма чувствительны к влиянию помех, так как любые помехи в каналах связи изменяют амплитуду импульсов, являющуюся информационным параметром сигнала.

Широкое применение на практике находят системы передачи ВРК, получившие название систем с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ). Упрощенная структурная схема n -канальной системы передачи с ИКМ приведена на рис. 10.15. Основными элементами системы являются два коммутатора-распределителя на оконечных пунктах А и Б. Они представляют собой электронные ключи (К), состоянием которых (замкнуто, разомкнуто) управляют специальные устройства УУ. Назначение и принцип работы коммутаторов-распределителей в данной схеме совершенно аналогичны назначению и работе соответствующих элементов, описанных выше. Они обеспечивают дискретизацию непрерывных индивидуальных сигналов и поочередную передачу элементов (импульсов) группового сигнала в кодирующее устройство КУ (на передающем

пункте А). Коммутатор-распределитель приемного пункта Б обеспечивает распределение элементов группового сигнала, поступающего из декодирующего устройства ДКУ, по соответствующим цепям для обратного преобразования АИМ-сигналов в непрерывные. Коммутаторы-распределители на передаче и приеме должны работать синхронно и синфазно.

Дополнительными элементами в системах с ИКМ являются кодирующие и декодирующие устройства. В кодирующем устройстве групповой АИМ-сигнал подвергается квантованию и кодированию, в результате чего преобразуется в групповой ИКМ-сигнал. В декодирующем устройстве ИКМ-сигнал превращается обратно в групповой АИМ-сигнал.

Процессы квантования и кодирования удобно пояснить по временным диаграммам. На рис. 10.16, а изображен график непрерывного сигнала и соответствующего ему АИМ-сигнала, полученного путем дискретизации с шагом T_d . На рис. 10.16, б по оси ординат отложены квантованные (разрешенные) значения амплитуд импульсов. На графике показано восемь таких значений, пронумерованных десятичными и двоичными числами, а также нанесен АИМ-сигнал. Как видно из рисунка, значения амплитуд импульсов сигнала, как правило, не совпадают с квантованными значениями. Смысл процесса квантования заключается в замене реальных значений амплитуд импульсов ближайшими квантованными (разрешенными) значениями. Квантование вносит определенные искажения в передаваемый сигнал, называемые погрешностью квантования. Погрешность квантования тем меньше, чем меньше разность Δ между двумя соседними разрешенными значениями амплитуд, называемая шагом квантования. Следовательно, число разрешенных значений амплитуд должно быть возможно большим. В современных системах ИКМ оно равно 256.

Операция кодирования заключается в замене новых (квантованных) значений амплитуд соответствующим двоичным числом — кодовой комбинацией. На рисунке такими комбинациями являются трехзначные двоичные числа, являющиеся порядковыми номерами значений амплитуд. Таким образом, амплитуда импульсов, являющаяся информационным параметром, заменяется кодовыми комбинациями, состоящими из 1 и 0. На выходе кодирующего устройства кодовые комбинации преобразуются в комбинации двоичных импульсов. При этом элементы комбинации 1 превращаются обычно в токовые импульсы, а 0 — в бестоковые. В результате преобразования на выходе кодирующего устройства получается ИКМ-сигнал, показанный на рис. 10.16, в. Такой сигнал называется цифровым. На приемном пункте сигналы поступают в декодирующее устройство, которое производит преобразование ИКМ-сигнала обратно в групповой АИМ-сигнал.

Таким образом, передаваемые по каналу связи ИКМ-сигналы обладают более высокой помехоустойчивостью, так как представ-

ляют собой простейшие двоичные сигналы, параметры которых легко восстанавливаются с помощью специальных устройств — регенераторов, размещаемых вдоль трассы и на приемном пункте.

Системы передачи, использующие ИКМ-сигналы, называются системами передачи ИКМ, или цифровыми. Цифровые системы передачи ЦСП обладают по сравнению с системами с ЧРК рядом преимуществ, основными из которых являются высокое качество передачи сигналов и практически неограниченная дальность передачи сигналов.

Общие принципы построения цифровых систем передачи

В настоящее время на сетях электросвязи нашей страны идет внедрение цифровых систем передачи. Промышленность выпускает несколько модификаций ЦСП. Независимо от модификации системы имеют общие принципы построения и используют ИКМ-сигналы. В основе их построения лежат первичные системы ИКМ, являющиеся ЦСП первой ступени.

На рис. 10.17 приведена структурная схема ЦСП первой ступени. Основными элементами ее оборудования являются: оконечное, линейное и промежуточное оборудование. Оконечное оборудование устанавливается на станциях или узловых пунктах сетей электросвязи и состоит из аналого-цифрового оборудования АЦО, устройства временного группообразования ВГ и оконечной аппаратуры линейного тракта ОАЛТ.

Промежуточное оборудование системы включает в себя аппаратуру, обеспечивающую регенерацию и усиление групповых ИКМ-сигналов. Комплекты этой аппаратуры устанавливаются вдоль трассы линий связи с определенным интервалом. Места установки промежуточного оборудования называются регенеративными пунктами, которые бывают необслуживаемыми НРП и обслуживаемыми ОРП. Контроль за работой аппаратуры этих пунктов, а также их

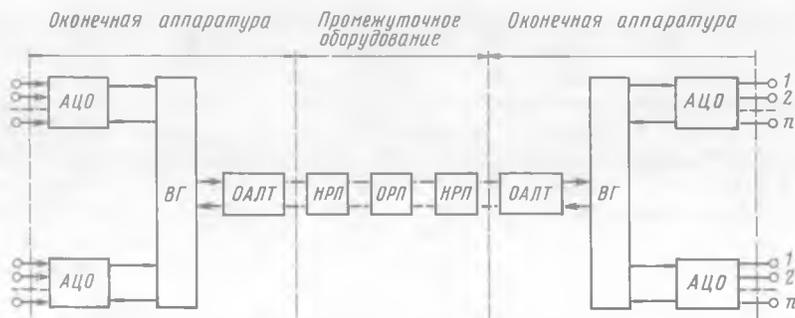


Рис. 10.17. Структурная схема ЦСП первой ступени

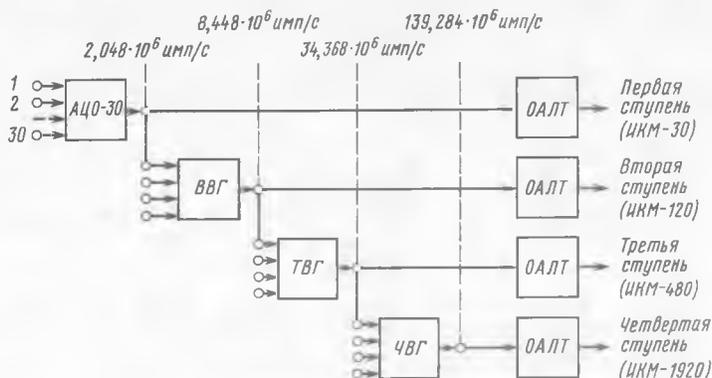


Рис. 10.18. Принцип построения ЦСП

дистанционное питание обеспечивает оборудование линейного тракта, входящее в состав оконечного оборудования.

Цифровые системы передачи первой ступени производят дискретизацию, квантование, кодирование и объединение 30 индивидуальных телефонных сигналов в один групповой ИКМ-сигнал с параметрами: цикл передачи $T_{ц} = 125$ мкс; частота дискретизации $f_{д} = 8$ кГц; число разрешенных уровней, заменяемых восьмиэлементными двоичными кодовыми комбинациями, — 256. Следовательно, за период $T_{ц} = 125$ мкс в канал передаются 30 восьмиэлементных комбинаций двоичных импульсов, соответствующих мгновенным значениям 30 телефонных сигналов. Кроме этого в каждом цикле в канал передаются два специальных импульсных сигнала, предназначенных для фазирования работы передающих и приемных АЦО. Поэтому цикл работы имеет 32 одинаковых по длительности канальных интервала $T_{к}$ в каждом из которых передаются по восемь двоичных импульсов. Таким образом, за цикл (125 мкс) передается в канал 256 импульсов со скоростью $2,048 \cdot 10^6$ имп/с.

Принцип построения ЦСП показан на рис. 10.18. Как видно из рисунка, комплект оконечной аппаратуры первой ступени (система ИКМ-30) содержит 30-канальные АЦО и ОАЛТ. Групповой сигнал имеет скорость $2,048 \cdot 10^6$ имп/с.

Комплект оконечной аппаратуры второй ступени (система ИКМ-120) содержит четыре АЦО-30, устройство вторичного временного группообразования ВВГ и ОАЛТ. Устройство ВВГ объединяет в один вторичный групповой сигнал сигналы четырех АЦО-30. При этом скорость передачи сигналов возрастает в 4 раза и равна $8,448 \cdot 10^6$ имп/с. Однако скорость передачи группового сигнала ИКМ-120 несколько выше этого значения, так как он содержит дополнительные комбинации импульсов, предназначенные для согласования работы четырех АЦО. Аппаратура ИКМ-120 образует 120

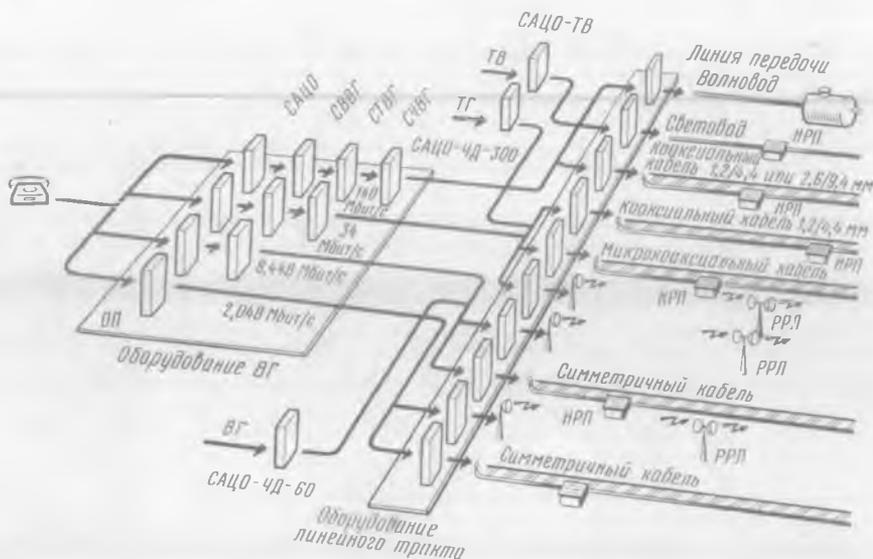


Рис. 10.19. Состав оборудования и взаимосвязь элементов ЦСП

временных каналов, т. е. обеспечивает передачу 120 телефонных сигналов.

Третья ступень (система ИКМ-480) образуется путем объединения четырех вторичных ЦСП с помощью устройства третичного временного группообразования ТВГ. При этом скорость передачи сигналов увеличивается в 4 раза и с учетом добавления специальных комбинаций импульсов согласования, составляет $34,368 \cdot 10^6$ имп/с. Система ИКМ-480 образует 480 временных каналов.

Четвертая ступень (система ИКМ-1920) строится путем объединения четырех третичных систем с помощью специального устройства — четверичного временного группообразования ЧВГ. Система ИКМ-1920 образует 1920 временных каналов для передачи телефонных сигналов. Скорость передачи группового сигнала составляет $139,284 \cdot 10^6$ имп/с, т. е. более чем в 4 раза превышает скорость передачи системы ИКМ-480.

Системы передачи ИКМ-30 используются, как правило, на местных сетях, системы ИКМ-120 — на местных и внутризональных сетях, ИКМ-480 — на внутризональных и магистральных сетях, ИКМ-1920 — на магистральной сети.

Состав оборудования и взаимосвязь элементов ЦСП показаны на рис. 10.19. Кроме основного оборудования, содержащего стойки аналого-цифрового оборудования САЦО, вторичного временного группообразования СВВГ, третичного временного группообразования СТВГ, четверичного временного группообразования СЧВГ и оборудования линейного тракта, на рисунке показано дополнитель-

ное оборудование. К нему относятся: стойка аналого-цифрового преобразования сигнала вторичной группы системы с ЧРК в групповой ИКМ-сигнал (САЦО-ЧД-60), стойка аналого-цифрового преобразования сигнала третичной группы системы с ЧРК в групповой ИКМ-сигнал (САЦО-ЧД-300) и стойка преобразования непрерывного телевизионного сигнала и сигнала звукового сопровождения в ИКМ-сигнал (САЦО-ТВ). На рисунке показаны также типы линий связи, которые могут быть использованы в качестве направляющей среды для передачи ИКМ-сигналов.

Кроме перечисленных основных ЦСП четырех ступеней промышленности выпускает системы передачи ИКМ-12 и ИКМ-15, предназначенные для сельских телефонных сетей. Указанные системы позволяют организовать соответственно 12 и 15 временных каналов. Системы передачи ИКМ-12, ИКМ-15, ИКМ-30 и ИКМ-120 работают по симметричным кабелям, а ИКМ-480 и ИКМ-1920 — по коаксиальным.

10.4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ И СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

Постоянный рост объема передаваемой информации приводит к необходимости увеличения емкости первичной сети. Это достигается путем реконструкции существующих и строительства новых магистральных линий связи.

Непосредственно строительству и реконструкции предшествует этап проектирования. Прежде всего проектируется сеть связи. Проектирование сети предусматривает три этапа (срока): длительный (20 лет), средний (пять лет) и короткий (ежегодно). При долгосрочном проектировании сети связи основной проблемой является определение ее оптимальной структуры, т. е. определение мест нового строительства узлов и линий передачи. В случае проектирования на средний срок структура сети считается заданной, а распределение каналов осуществляется таким образом, чтобы удовлетворить потребности в них при минимальных затратах. Краткосрочное проектирование базируется на известных структуре сети и распределении каналов, поэтому развитие осуществляется только за счет наращивания существующих пучков каналов, например путем реконструкции линий связи с заменой одной системы передачи на более мощную.

Задача развития сети решается в два этапа: сначала производят расчет необходимой емкости пучков каналов всех вторичных сетей на перспективу, затем определяют соответствующие пучки каналов по направлениям первичной сети. После решения этих задач приступают к проектированию и строительству линий связи.

Основными задачами проектирования магистрали являются: составление схемы организации связи, выбор трассы будущей магистрали, определение типов линейных сооружений и системы передачи, обеспечивающих необходимое число каналов между заданными пунктами. В процессе проектирования предусматривается также решение вопросов надежности и качества работы будущей системы передачи. Все задачи должны решаться с учетом общей схемы развития сети на перспективный период, минимальной затраты сил и средств на строительство и эксплуатацию магистрали. Применяемые системы передачи, материалы, детали и конструкции должны соответствовать государственным стандартам. Общий надзор за соблюдением технических норм на каналы возложен на Министерство связи СССР.

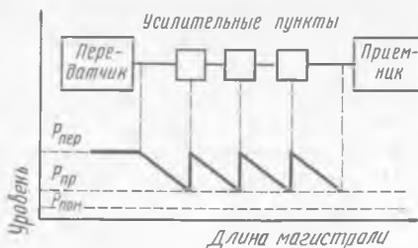
Схема организации связи определяет распределение каналов (телефонных, телеграфных, передачи данных и др.) между оконечными и промежуточными станциями. Очевидно, что для заданного числа каналов между пунктами можно составить несколько вариантов схем организации связи с использованием разных систем передачи и типов кабеля. Для определения экономически выгодной системы передачи проводят технико-экономическое сравнение схем организации связи по таким показателям, как затраты на строительство, эксплуатационные расходы, срок окупаемости, стоимость одного канала-километра и др.

Основным критерием выбора трассы будущей магистрали является минимальная стоимость линейных сооружений. Это особенно важно для нашей страны с ее огромными расстояниями между промышленными центрами и относительно малой плотностью населения.

Проектируемая трасса магистрали должна быть возможно короткой и проходить вдоль шоссейных или железных дорог для обеспечения транспортировки материалов при строительстве и удобства передвижения обслуживающего персонала при эксплуатации. Кроме того, при выборе трассы необходимо предусмотреть: расположение пунктов размещения площадок для хранения (складирования) кабеля, строительных участков, складов, стоянок автотранспорта и механизмов; расположение ближайших к трассе нефтебаз и возможность обеспечения механизированных колонн, транспорта и монтажных подразделений горюче-смазочными материалами; наличие вблизи трассы песчаных карьеров, гравийных разработок, кирпичных заводов и других предприятий. После выбора трассы магистрали, типа кабеля и системы передачи приступают к размещению усилительных пунктов вдоль трассы. Как известно, усилительные пункты делятся на обслуживаемые ОУП и необслуживаемые НУП. Отличие между ними в том, что НУПы получают электропитание с ближайших ОУП или оконечных пунктов ОП. Сначала на магистрали определяют места размещения ОУП. Они должны быть расположены в населенных пунктах с гарантированными источниками

Рис. 10.20. Диаграмма уровней:

$P_{пер}$, $P_{пр}$ — уровни сигнала на передаче и приеме;
 $P_{пом}$ — уровень помехи



ми питания. Расстояние между ОУП для различных систем передачи колеблется в пределах 130...250 км. Затем каждую секцию ОП—ОУП разбивают на усилительные участки. Длина усилительных участков для каждой системы передачи имеет строго нормированное значение (см. табл. 10.3). Пример размещения усилительных пунктов на магистрали показан на рис. 10.2.

Правильность размещения усилительных пунктов проверяется электрическими расчетами каналов связи. Они предусматривают расчет и построение диаграмм уровней, а также определение ожидаемой мощности помех на выходе канала связи. Диаграмма уровней (рис. 10.20) показывает распределение уровня сигнала по всей длине проектируемой магистрали. С увеличением длины магистрали происходит ослабление передаваемых сигналов. Усилители НУП и ОУП компенсируют это ослабление. Желательно, чтобы уровни приема на входах всех НУП и ОУП были бы одинаковыми. В этом случае обеспечивается максимальная разница между сигналом и суммарной мощностью помех на выходе канала, а следовательно, и высокое качество передаваемых сообщений.

Строительство кабельных линий начинают с изучения проектной документации, трассы и условий производства работ. Затем составляют планы производства работ, подготавливают механизмы, автотранспорт, измерительные приборы, материалы и инструменты. Для осуществления строительно-монтажных работ необходимо определить потребность в рабочей силе и подготовить ее, а также организовать производственные подразделения. Строительство междугородных кабельных линий связи можно условно разбить на три основных этапа: организацию и проведение подготовительных работ; непосредственное выполнение строительно-монтажных работ; контрольные измерения и испытания, составление исполнительной документации и сдача объекта в эксплуатацию.

Строительство линейных сооружений осуществляют специализированные строительно-монтажные управления (СМУ) и комплексные передвижные механизированные колонны (ПМК). Обычно СМУ (ПМК) входят в состав специализированных строительных трестов или объединений, которые подчинены главным строительным управлениям.

Для выполнения строительных работ организуют соответствующие производственные подразделения: участки, колонны, бригады,

звенья. К основным подразделениям относятся: бригады по проверке и подготовке кабеля и оборудования на кабельных площадках; механизированные колонны; бригады по разработке траншей и прокладке кабеля вручную; бригады для выполнения переходов через шоссе и железные дороги; бригады по устройству телефонной канализации и колодцев; группы разбивки трассы и фиксации; группы по проверке и сдаче кабеля в монтажно-измерительные участки.

При строительстве кабельных линий связи все основные трудоемкие работы должны быть механизированы. При этом наиболее трудоемкими и тяжелыми являются работы по рытью траншей и котлованов, прокладке кабеля и проводов грозозащиты, строительству телефонной канализации, устройству переходов через шоссе и железные дороги, прокладке кабеля через водные преграды (реки, озера, моря) и в районах вечной мерзлоты. При строительстве линий связи используется мощная современная техника: кабелеукладчики (гусеничные, болотные), кусторезы, корчеватели, многоковшовые роторные экскаваторы, бульдозеры, траншеезасыпщики и др.

10.5. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Система передачи

Развитие ЕАСС показывает, что каждое пятилетие протяженность каналов первичной сети практически удваивается. Увеличение числа каналов и протяженности линий связи достигается за счет повышения эффективности использования уже существующих линий связи и строительства новых. Первое направление является экономически более выгодным. Увеличение числа каналов можно добиться за счет использования более мощных многоканальных систем передачи (К-10 800, К-5400, К-1800, ИКМ-480, ИКМ-1920), дающих существенный технико-экономический эффект. Например, при замене системы передачи К-3600 на К-5400 емкость междугородних линий связи увеличивается в 1,5 раза. Применение цифровых систем передачи также позволяет повысить эффективность использования линий связи за счет меньшей их стоимости по сравнению с аналоговыми системами передачи. Так, к концу двенадцатой пятилетки удельный вес для ЦСП в объеме выпускаемых систем передачи для зональных сетей приблизится к 100%. Использование при реконструкции симметричных кабельных линий аппаратуры ИКМ-480С позволит увеличить мощность магистралей в 8 раз. На коаксиальных линиях связи будут интенсивно внедряться системы передачи ИКМ-1920.

Широкое применение цифровых систем передачи, обработки и коммутации сигналов электросвязи позволит в будущем создать



Рис. 10.21. Структурная схема волоконно-оптической системы передачи с ВРК: СУ — согласующие устройства; Р — регенератор; СП — система передачи



Рис. 10.22. Структурная схема волоконно-оптической системы передачи с ЧРК

интегральную цифровую сеть связи страны, по которой будут передаваться только цифровые сигналы. Создание ИЦСС в настоящее время стало генеральным направлением развития электросвязи. Эта сложная и долговременная задача будет решаться в несколько этапов. Вначале будут создаваться так называемые «острова интегральной цифровой сети» на территориях нового интенсивного развития средств связи. При этом будут использоваться только цифровые системы передачи и аппаратура электронной коммутации. Затем предполагается постепенная замена аналоговых систем передачи на цифровые и внедрение новых цифровых систем передачи. Это позволит соединить «острова» и организовать цифровую связь хотя бы для части абонентов. Наконец, потребуется последовательный ввод электронных цифровых коммутационных станций, снабженных аналого-цифровыми преобразователями, на тех участках сети, где к этим станциям подходят аналоговые каналы. Интегральная цифровая сеть позволит улучшить качество передачи сообщений и предоставить абонентам новые виды услуг.

Наиболее перспективными линиями на будущей ИЦСС сегодня представляются волоконно-оптические кабели, которые имеют ряд очевидных преимуществ перед обычными электрическими кабелями: малое затухание передаваемых сигналов; незначительные габариты и масса; отсутствие в конструкции дефицитных материалов (меди); абсолютная защищенность от внешних электромагнитных влияний; отсутствие излучения в окружающее пространство (это важно для обеспечения секретности связи); высокая пропускная способность.

Развитие связи по волоконно-оптическим кабелям на магистральной, зоновой и местных сетях страны стало одним из главных направлений научно-технического прогресса. В волоконно-оптических системах передачи применяются те же методы образования каналов передачи, что и в обычных системах передачи: разделение каналов по частоте и по времени. Основными элементами волоконно-оптической системы передачи с ВРК (рис. 10.21) являются оптический кабель, оптические передатчик и приемник. Передатчик выполняет также роль преобразователя электрического сигнала с выхода каналаобразующей аппаратуры системы передачи с ИКМ

в оптический, а приемник обеспечивает обратное преобразование оптического сигнала в электрический. На передаче в качестве такого преобразователя наибольшее применение получили полупроводниковый лазер и светоизлучающий диод, а на приеме — фотодиод. Все передающие и приемные устройства скомпонованы в квантово-электронный модуль размером со спичечную коробку, к которому с одной стороны подключена аппаратура ИКМ, а с другой стороны — оптический кабель. Таким образом, на передающей стороне от аппаратуры ИКМ до оптического преобразователя и на приемной стороне от оптического преобразователя до аппаратуры ИКМ передается электрический сигнал, а между оптическими передатчиком и приемником по оптическому кабелю передается оптический сигнал.

Несмотря на то, что оптические кабели еще являются дорогостоящими, волоконно-оптические системы передачи экономически целесообразны, особенно те, которые рассчитаны на большое число каналов.

Волоконно-оптические системы передачи входят в число наиболее перспективных средств для создания интегральных цифровых сетей связи и позволяют повысить скорость передачи сигналов до десятков гигабит в секунду. Одно из важнейших направлений развития волоконно-оптических систем передачи — переход на более длинные волны оптического диапазона. Другим не менее важным направлением является работа по совершенствованию технических, эксплуатационных и экономических показателей оптических систем передачи. При этом основные усилия, как правило, направлены на повышение пропускной способности оптических кабелей, что может быть достигнуто методом, аналогичным методу частотного разделения каналов. Суть этого метода состоит в одновременной передаче по одному оптическому волокну различных групповых сигналов на различающихся по длине волны оптических несущих.

На рис. 10.22 приведена структурная схема волоконно-оптической системы передачи с ЧРК, которая содержит на передаче каналные передатчики КП, различающиеся длиной волны выходного оптического излучения, устройство оптического объединения каналных несущих (мультиплексор М), оптический кабель, а на приеме — устройство оптического разделения каналных несущих (демультиплексор ДМ) и каналные фотоприемники КФ.

Применение волоконно-оптических систем передачи позволит уменьшить стоимость одного канала-километра и повысить пропускную способность.

Экономические показатели волоконно-оптических систем передачи во многом определяются километрическим затуханием. Минимально достижимый коэффициент затухания сверхчистых кварцевых стекловолокон позволяет в перспективе увеличить расстояние между регенераторами до 300 ... 400 км.

Совершенствование элементной базы

Повышение эффективности современной техники электросвязи может быть реализовано путем внедрения новейших достижений в области электроники. Особенно быстро стала развиваться электроника после 1948 г., когда был изобретен полупроводниковый прибор — транзистор, ознаменовавший начало миниатюризации элементной базы. Успехи полупроводниковой технологии, достигнутые в 60—70-е годы, привели к возникновению перспективного и быстро развивающегося класса полупроводниковых приборов — больших интегральных схем БИС. На одной пластинке из полупроводникового материала площадью несколько десятков квадратных миллиметров размещается до миллиона и более компонентов: транзисторов, диодов, резисторов, конденсаторов, соединенных между собой по определенной схеме. Результаты освоения технологии БИС поразительны. Электронная схема, которая каких-нибудь 15 лет тому назад была громоздкой, весила десятки или даже сотни килограммов и потребляла сотни ватт электрической энергии, сегодня свободно размещается на ладони и требует для своей работы несравненно меньше энергии. Более того, уже созданы БИС с программно перестраиваемой логикой выполнения операций — микропроцессорные комплекты, допускающие настройку на весьма широкий круг функций по преобразованию электрических сигналов.

Наибольший интерес представляет использование микропроцессора в качестве программно-аппаратного модуля. Изменение программы такого модуля позволит выполнять непосредственно аппаратурные функции, например: кодирование и декодирование многоканальных сигналов, высокоскоростную модуляцию и демодуляцию, повышение верности передачи данных и др.

Применение микропроцессоров с их широкими функциональными возможностями позволяет поставить вопрос о создании унифицированных технических средств. Актуальность этой проблемы объясняется также тем, что при разработке и эксплуатации аппаратуры, в которой используются вычислительные средства, кроме традиционных технических задач приходится решать задачи создания и эксплуатации программного обеспечения систем. В рамках отрасли связи эти задачи решаются эффективно, если микропроцессорные средства программно совместимы друг с другом и с более мощными вычислительными средствами и имеют унифицированное математическое обеспечение.

В современных электронных станциях коммутации, цифровых системах передачи и даже оконечных устройствах компоненты вычислительной техники составляют 40 ... 60% всего оборудования.

Автоматизация технического обслуживания многоканальных систем передачи

В условиях интенсивного развития первичной сети ЕАСС (увеличения протяженности линий связи, внедрения мощных систем передачи, микропроцессорной техники) необходимое качество и эффективность ее функционирования могут быть достигнуты только в результате совершенствования как самих систем передачи, так и методов их технического обслуживания.

Техническое обслуживание многоканальных систем передачи складывается из работ по текущему обслуживанию, планово-предупредительному осмотру, проверке и регулировке устройств систем передачи и линейного тракта, аварийным и периодическим электрическим измерениям параметров каналов и трактов.

Работы по текущему обслуживанию производятся в линейно-аппаратных цехах ЛАЦ междугородних телефонных станций и в сетевых узлах связи СУС. К ним относятся работы по осуществлению транзитных соединений телефонных каналов и трактов, контрольные испытания и измерения каналов связи, контроль за работой каналов и многоканальных систем передачи.

Планово-предупредительные работы производятся систематически с целью предупреждения повреждений оборудования многоканальных систем передачи. Они заключаются в периодическом осмотре деталей оборудования, пайке и монтаже, устранении обнаруживаемых дефектов, замене неисправных деталей, а также в чистке и регулировке приборов.

Периодические электрические измерения и регулировки проводятся ежемесячно для проверки электрического состояния физических цепей, многоканальных систем передачи и каналов связи. При периодических измерениях и регулировке многоканальных систем передачи проверяют и настраивают стоечные приборы, генераторное оборудование, диаграмму уровней, измеряют остаточное затухание каналов, снимают частотные и амплитудные характеристики каналов и трактов, измеряют суммарное напряжение помех и переходные влияния.

Кроме периодических измерений в современных системах передачи ведется непрерывный автоматический контроль основного оборудования, как правило, без нарушения связи. Это позволяет значительно снизить трудоемкость процесса контроля и повысить его эффективность, сократить численность технического персонала на станциях. Особенно важна автоматизация технического обслуживания линейного тракта (НУП, НРП, линий связи).

Для обслуживания многоканальных систем передачи разработаны системы телеобслуживания ТО, содержащие устройства телемеханики ТМ и телеконтроля ТК. Устройства телемеханики предназначены для контроля состояния линий связи, НУП, НРП путем

передачи из ОП (ОУП) в НУП сигналов управления, а в обратном направлении из НУП в ОП и ОУП сигналов извещения. Сигналы управления используются для подключения генераторов испытательных сигналов, размещенных в НУП, к контролируемому линейному тракту. При этом проверяются параметры линейного тракта между ОУП и любым НУП.

Сигналы извещения информируют технический персонал станции ОП или ОУП о состоянии датчиков сигнализации НУП (нормальном или аварийном). Все датчики сигнализации в НУП можно разделить на три группы:

датчики, контролирующие состояние элементов и узлов оборудования НУП (токи и напряжения в цепях местного и дистанционного питания, усиление, мощность сигнала и т. д.);

датчики, контролирующие состояние линии связи (например, для кабельной линии связи — давление газа в кабеле, сопротивление изоляции и т. д.);

датчики, контролирующие помещение НУП (открыта или закрыта крышка люка НУП, появилась ли вода в помещении НУП и т. д.).

Устройства телеконтроля предназначены для проведения периодического дистанционного контроля за прохождением групповых многоканальных сигналов по тракту. Они позволяют определить место повреждения в линейном тракте с точностью до одного усилительного участка, параметры усилителей НУП (усиление, коэффициент нелинейных искажений) и т. д.

Техническое обслуживание мощных систем передачи невозможно без создания и внедрения автоматизированных систем технической эксплуатации (АСТЭ), состоящих из элементов, расположенных на многих пунктах магистралей. На отдельных пунктах магистральной первичной сети создаются системы технического обслуживания (СТО), на которые возлагаются функции централизованного контроля состояния каналов, трактов многоканальных систем передачи, электропитающих устройств. Для этих целей СТО оборудуется комплексом технических средств, в состав которых входит ЭВМ.

Следует отметить, что автоматизированные системы технического обслуживания систем передачи в ЛАЦ и СУС являются сложными сооружениями, требуют высокой квалификации обслуживающего персонала и дают значительный экономический эффект.

10.6. КВАЛИФИКАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИНЖЕНЕРА ЭЛЕКТРОСВЯЗИ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 2306 «МНОГОКАНАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ»

Квалификационная характеристика устанавливает профессиональное назначение инженеров электросвязи по специальности 2306 «Многоканальная электро-

связь», выпускаемых высшей школой по дневной, вечерней и заочной формам обучения, а также квалификационные требования, предъявляемые к ним.

Специалист подготовлен для производственной, организационно-управленческой, проектной и исследовательской деятельности в области разработки и эксплуатации систем передачи информации и строительства магистралей Единой автоматизированной сети связи в первичных должностях, предусмотренных типовыми номенклатурами должностей для замещения специалистами с высшим образованием.

Советский специалист должен иметь высокий уровень профессиональной подготовки, обладать хорошим знанием основ марксистско-ленинского учения, широкой эрудицией и культурой, активно проводить в жизнь политику КПСС и правительства, обладать высокими гражданскими и нравственными качествами, ответственно относиться к порученному делу, стоять на страже общенародных интересов, быть готовым к защите социалистической Родины.

Специалист должен сочетать широкую фундаментальную научную и практическую подготовку, в совершенстве владеть своей специальностью, непрерывно пополнять свои знания, расширять общественно-политический кругозор, уметь на практике проявлять техническую эрудицию, применять принципы научной организации труда, владеть передовыми методами управления трудовыми коллективами, навыками политико-воспитательной работы среди трудящихся.

Специалист должен знать:

основы общетехнических дисциплин в объеме, необходимом для решения производственных, проектных и исследовательских задач;

общинженерные дисциплины, обеспечивающие базовую подготовку инженеров электросвязи, в том числе: теорию электрических цепей и сигналов, электронные и квантовые приборы, усилительные устройства, вычислительную и микропроцессорную технику в многоканальных системах передачи и др.;

специальные дисциплины, раскрывающие теоретические основы, принципы работы, построения и производства технических устройств, используемых в системах передачи информации; основную метрологическую диагностическую аппаратуру и аппаратуру управления систем ЕАСС; принцип работы направляющих систем; основы коммутационных систем; электропитание устройств связи;

теорию передачи и разделения сигналов, способы их обработки, преобразования и кодирования; современную элементную базу; построение современных и перспективных систем передачи информации, их проектирование и эксплуатацию.

По специальности «Монтаж оборудования и сооружений связи» специалист должен знать:

техническую механику; современные методы монтажа аппаратуры систем передачи информации, коммутационного оборудования и радиорелейных линий; основы проектирования и монтажа сооружений связи и организации строительно-монтажных работ; применяемые спецмашины и механизмы;

экономику отрасли; основы организации, планирования и управления предприятиями связи и качеством работ; вопросы охраны труда и окружающей среды; основы советского права, патентоведения и научной организации труда.

Специалист должен уметь:

разрабатывать и проектировать аппаратуру систем передачи информации на современной элементной базе; осуществлять ее эксплуатацию; производить настройку

и регулировку выпускаемой аппаратуры; контролировать работу систем связи; проектировать системы передачи первичной сети ЕАСС;

измерять основные характеристики приборов и устройств связи, а также трактов и каналов передачи информации; обрабатывать результаты измерений;

рассчитывать технико-экономическую эффективность внедряемых проектных решений и опытно-конструкторских работ; анализировать производственно-хозяйственную деятельность предприятий электросвязи;

выполнять научные исследования по профилю специальности; разрабатывать узлы, устройства и системы передачи, а также осуществлять их эксплуатацию;

использовать автоматизированные системы проектирования, современную вычислительную технику; самостоятельно принимать решения;

разрабатывать и вести техническую документацию; организовывать социалистическое соревнование и повышение квалификации персонала; способствовать развитию рационализаторского движения;

осуществлять мероприятия по предотвращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний;

владеть рациональными приемами поиска и использования научно-технической информации.

По специализации «Монтаж оборудования и сооружений связи» специалист должен уметь: выполнять проектирование соответствующих устройств, сооружений и комплексов; разрабатывать комплексные проекты проведения строительно-монтажных работ, графики строительства и ввода в эксплуатацию пусковых сооружений; составлять планы строительно-монтажных работ и руководить их осуществлением.

Глава 11. РАДИОСВЯЗЬ, РАДИОВЕЩАНИЕ И ТЕЛЕВИДЕНИЕ

11.1 ОСОБЕННОСТИ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ

Принципы организации радиосвязи и радиовещания

Из курса физики известно, что любое изменение магнитного (электрического) поля вызывает появление в окружающем пространстве вихревого электрического (магнитного) поля. Однажды начавшийся процесс взаимного порождения электрического и магнитного полей продолжается непрерывно и захватывает все новые и новые области в окружающем пространстве. Процесс распространения переменных магнитного и электрического полей и есть электромагнитная волна. Гипотезу о возможности существования в природе электромагнитных волн, способных распространяться в различных средах, в том числе и в вакууме, высказал в 1864 г. английский физик Д. К. Ма-

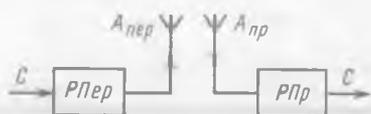


Рис. 11.1. Радиолиния

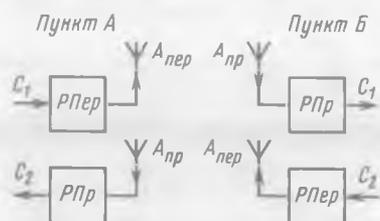


Рис. 11.3. Линия двухсторонней радиосвязи

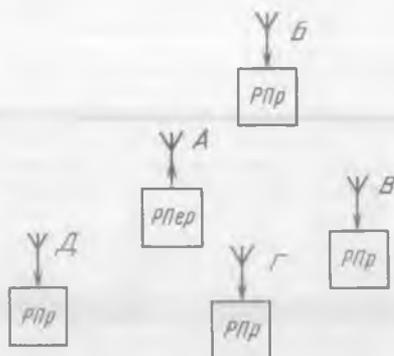


Рис. 11.2. Радиосеть

квелл. Электромагнитные волны экспериментально были впервые обнаружены немецким ученым Г. Герцем в 1886—1889 гг. Им же определена скорость распространения электромагнитной волны в воздухе — она оказалась примерно равной 300 000 км/с, как и предсказывал Д. К. Максвелл. Возможность практического применения электромагнитных волн для связи без проводов впервые продемонстрировал 7 мая 1895 г. русский физик А. С. Попов. Этот день считается днем рождения радио.

Радиосвязь — это электросвязь, осуществляемая посредством радиоволн. Радиоволнами принято называть электромагнитные волны с частотами до $3 \cdot 10^{12}$ Гц, распространяющиеся в среде без направляющих линий. Использование радиоволн для передачи сигналов электросвязи — главная особенность линий радиосвязи по сравнению с проводными линиями связи (воздушными, кабельными, волоконно-оптическими).

Для осуществления односторонней радиосвязи в пункте, из которого ведется передача сигналов электросвязи C , размещают радиопередающее устройство, содержащее радиопередатчик РПер и передающую антенну $A_{пер}$, а в пункте, в котором ведется прием сигналов — радиоприемное устройство, содержащее приемную антенну $A_{пр}$ и радиоприемник РПр. Указанные технические средства образуют радиолинию (рис. 11.1).

Если сигналы передаются из одного пункта А в несколько пунктов: Б, В, Г, Д (рис. 11.2), то совокупность радиолиний А — Б, А — В, А — Г, А — Д образует радиосеть. Сети звукового и телевизионного вещания построены именно по такому принципу.

Для двухстороннего обмена сигналами нужно иметь два одинаковых комплекта оборудования (рис. 11.3). Один комплект обеспечивает передачу сигналов C_1 в направлении от пункта А к пункту Б, другой — сигналов C_2 от пункта Б к пункту А. Двухсторонняя радиосвязь может быть симплексной или дуплексной. При сим-

плексной радиосвязи передача и прием в каждом пункте ведутся поочередно. Радиопередатчики в конечных пунктах радиолинии в этом случае могут работать на одинаковой частоте, на эту же частоту настроены и радиоприемники. Каждый корреспондент включает свой радиопередатчик только на время передачи информации и выключает на время приема информации от другого корреспондента.

При дуплексной радиосвязи передача осуществляется одновременно с приемом. Для связи корреспондентов должны быть выделены две разные частоты: одна для передачи сигнала C_1 в направлении от А к Б, другая — для передачи сигнала C_2 в обратном направлении. Радиопередатчики и радиоприемники обоих корреспондентов включены в течение всего времени работы радиолинии.

Радиопередающие и радиоприемные устройства размещаются соответственно на передающих и приемных радиостанциях. В состав передающих радиостанций кроме радиопередатчиков и антенн входят электросиловое оборудование, системы водяного и воздушного охлаждений. Основным оборудованием приемных радиостанций являются радиоприемники, антенны и источники электропитания. Кроме названных основных технических средств на передающих и приемных радиостанциях имеется ряд вспомогательных служб, обеспечивающих их нормальную деятельность. К ним относятся: служба внутренней телефонной связи, пожарной и охранной сигнализации, ремонтные мастерские, производственная лаборатория, автохозяйство, система водоснабжения.

Передающие радиостанции располагаются, как правило, за чертой города на расстоянии, зависящем от суммарной мощности радиопередатчиков. Приемные радиостанции удаляются на десятки километров от города и места размещения передающей радиостанции. Это одна из мер ослабления действия помех на радиоприемные устройства.

В пунктах, удаленных от областных или районных центров страны, для организации радиолиний применяются радиостанции малой мощности. Это позволяет разместить радиопередатчик и радиоприемник в одном помещении. Такие радиостанции называют приемопередающими.

Поскольку мощные передающие и приемные радиостанции территориально отдалены друг от друга и от потребителей, возникает необходимость координации их работы. Для этой цели создается специальное производственное подразделение, называемое радиобюро РБ. Радиобюро является оперативно техническим пунктом, координирующим работу радиолиний, управление работой технических средств передающих и приемных радиостанций, контроль качества сигналов. Для выполнения этих функций в радиобюро устанавливается соответствующее техническое оборудование.

Радиобюро связано соединительными линиями с источниками

Рис. 11.4. Организация радиосвязи с помощью радиобюро



сигналов электросвязи, например: междугородной телефонной станцией МТС, телеграфной аппаратной ТА, вещательной аппаратной ВА. Структурная схема, поясняющая взаимодействие радиобюро с источниками сигналов — передающими РС_{пер} и приемными РС_{пр} радиостанциями, показана на рис. 11.4. Сигналы программ звукового вещания поступают из ВА, телефонные сигналы — из МТС, а телеграфные — из ТА.

Классификация и способы распространения радиоволн

Международным Регламентом радиосвязи установлено деление радиоволн на диапазоны (табл. 11.1). В отечественной технической литературе часто применяются иные термины для определения диапазонов радиоволн. Например, мириаметровые радиоволны называют сверхдлинными, километровые — длинными, гектометровые — средними, декаметровые — короткими, метровые, дециметровые и сантиметровые — ультракороткими. Государственным стандартом допускаются к применению эти термины для тех служб радиосвязи, которым отведены полосы частот, имеющие границы,

Таблица 11.1

Вид радиоволн	Диапазон радиоволн	Номер диапазона	Диапазон частот	Вид радиочастот
Мириаметровые	10 ... 100 км	4	3 ... 30 кГц	Очень низкие (ОНЧ)
Километровые	1 ... 10 км	5	30 ... 300 кГц	Низкие (НЧ)
Гектометровые	100 ... 1000 м	6	300 ... 3000 кГц	Средние (СЧ)
Декаметровые	10 ... 100 м	7	3 ... 30 МГц	Высокие (ВЧ)
Метровые	1 ... 10 м	8	30 ... 300 МГц	Очень высокие (ОВЧ)
Дециметровые	10 ... 100 см	9	300 ... 3000 МГц	Ультравысокие (УВЧ)
Сантиметровые	1 ... 10 см	10	3 ... 30 ГГц	Сверхвысокие (СВЧ)
Миллиметровые	1 ... 10 мм	11	30 ... 300 ГГц	Крайне высокие (КВЧ)
Децимиллиметровые	0,1 ... 1 мм	12	300 ... 3000 ГГц	Гипервысокие (ГВЧ)

не совпадающие со стандартными границами диапазонов радиочастот.

Радиоволны, излучаемые передающей антенной, прежде чем попасть в приемную антенну, проходят в общем случае сложный путь. На величину напряженности поля в точке приема оказывает влияние множество факторов. Основные из них: отражение электромагнитных волн от поверхности Земли, преломление (отражение) в ионизированных слоях атмосферы (ионосфере), рассеяние на диэлектрических неоднородностях нижних слоев атмосферы (тропосфере) и явление дифракции на сферической выпуклости Земли. Напряженность поля в точке приема зависит также от длины волны (частоты), освещенности земной атмосферы Солнцем и от ряда других факторов, которые подробно изучаются в дисциплине «Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства». Основные способы распространения радиоволн различных видов и ориентировочная дальность связи указаны в табл. 11.2.

Таблица 11.2

Вид радиоволн	Основные способы распространения радиоволн	Дальность связи	
Мириаметровые и километровые		Дифракция	До тысячи километров
		Отражение от Земли и ионосферы	Тысячи километров
Гектометровые		Дифракция	Сотни километров
		Преломление в ионосфере	Тысячи километров
Декаметровые		Преломление в ионосфере и отражение от Земли	Тысячи километров
Метровые и более короткие		Свободное распространение и отражение от Земли	Десятки километров
		Рассеяние в тропосфере	Сотни километров

Искажения радиосигнала, помехи, замирания и шумы

Любой радиосигнал, несущий информацию, занимает в частотном спектре полосу частот определенной ширины. Поскольку передача различных частотных составляющих практически через любую среду происходит по-разному, то принятый сигнал будет являться искаженным вариантом переданного. Искажения, претерпеваемые радиосигналом, в значительной степени определяются трассой его распространения: радиосигнал, прошедший в ионосфере, как правило, будет искажен сильнее радиосигнала, прошедшего по трассе прямой видимости. В общем случае для любой среды распространения искажения радиосигнала будут тем значительнее, чем шире занимаемая им полоса частот.

Прием радиосигналов на реальных радиополосах всегда происходит в условиях воздействия радиопомех — электромагнитных помех в диапазоне радиочастот. Радиопомехи препятствуют правильному приему передаваемого сигнала. Виды радиопомех весьма разнообразны: помехи от посторонних радиостанций, промышленные, естественные и пассивные помехи. Радиопомехи от посторонних радиостанций обусловлены нарушением Регламента распределения рабочих частот. Поскольку радиоволны могут распространяться на большие расстояния, далеко за пределы одной страны, регулирование распределения частот проводится не только в каждой стране в отдельности, но и в мировом масштабе. Этим занимается Международный Союз Электросвязи, в котором сотрудничает большинство стран мира. Посторонняя радиостанция может создавать радиопомехи и из-за конструкции ее радиопередатчика, который может стать источником электромагнитных колебаний с частотами, далеко выходящими за пределы выделенной полосы частот.

Промышленные радиопомехи возникают из-за резких изменений тока в электрических цепях всевозможных электроустройств. Сюда относятся помехи от электротранспорта, электрических двигателей, медицинских электроприборов, систем зажигания двигателей и т. д.

Естественные радиопомехи создаются процессами, происходящими в природе. Из естественных радиопомех следует отметить атмосферные радиопомехи, обусловленные электрической деятельностью атмосферы. В среднем в мире происходит около 100 грозовых разрядов в секунду. Каждый разряд создает радиоизлучение на всех радиочастотах. Накладываясь друг на друга, эти разряды воспринимаются на слух при радиоприеме как непрерывные шорохи. К естественным относятся и космические радиопомехи, создаваемые внеземными источниками, в том числе Солнцем и планетами. Космическое излучение состоит из общего шумового фона галактики и из направленного более мощного излучения дискретных источников, находящихся в определенных участках небесной сферы.

К пассивным радиопомехам относятся замирания радиоволн, связанные с их многолучевым распространением. Дело заключается в том, что при радиопередаче радиосигнал, посланный из пункта передачи, может достигать пункта приема по нескольким различным траекториям (например, на дециметровых волнах можно в одном и том же месте принимать радиосигналы, однократно и многократно отраженные от ионизированных слоев). Длины путей, проходимых радиосигналом при их распространении по разным траекториям, неодинаковы, поэтому радиосигналы, одновременно достигающие приемника, имеют различные фазы. При сложении радиосигналов с несовпадающими фазами возникает интерференция и амплитуда результирующего радиосигнала может значительно уменьшиться. Это и есть замирание.

Траекторий распространения может быть немного, они могут быть сравнительно стабильными в пространстве, как это имеет место в случае двухлучевого распространения радиоволн в метровом диапазоне. В некоторых случаях траекторий может быть очень много и они могут меняться случайным образом, как это наблюдается при рассеянии радиоволн на неоднородностях тропосферы. Условия распространения не остаются постоянными, соотношения между амплитудами и фазами сигналов, пришедших по различным возможным траекториям, все время изменяются случайным образом, соответственно изменяется и интенсивность результирующего сигнала.

Помехи проникают в систему радиосвязи не только извне; они также могут зарождаться внутри самой системы и различных ее звеньев. Такого рода помехи неизбежно сопутствуют основным явлениям, происходящим в аппаратуре. К таким помехам относятся, например, собственные шумы радиоприемника.

Электромагнитная совместимость

Природа электромагнитного поля такова, что в одной и той же области пространства одновременно может существовать множество электромагнитных полей, создаваемых различными радиостанциями, естественными и промышленными источниками радиопомех.

Возрастающая потребность в средствах радиосвязи, радиовещания и многочисленных радиоэлектронных системах удовлетворяется двумя путями: освоением новых участков радиочастотных диапазонов и рациональным совместным одновременным использованием одних и тех же частотных полос несколькими службами. Освоение новых участков радиочастотных диапазонов сопряжено с необходимостью разрабатывать заново аппаратуру, приспособливать ее под особенности распространения радиоволн этих диапазонов. Другой путь не имеет указанных недостатков, но приводит к ситуации, когда одни радиотехнические комплексы и системы не-

преднамеренно оказывают мешающее влияние на работу других. Рост уровня взаимных помех из-за большой загрузки радиоспектра привел к необходимости специального изучения проблемы электромагнитной совместимости. Эта проблема включает в себя совокупность вопросов, относящихся к обеспечению возможности одновременной работы различных радиоэлектронных систем с такими взаимными помехами, которые позволили бы обеспечить требуемые качественные показатели этих систем.

Решение проблемы электромагнитной совместимости сводится к разработке методов управления электромагнитной обстановкой и приспособления к ней. Управление электромагнитной обстановкой осуществляется путем частотного, пространственного и временного разделения радиочастотных диапазонов работающих радиостанций, уменьшения уровней промышленных помех и соответствующего выбора технических характеристик используемой аппаратуры.

О важности проблемы электромагнитной совместимости свидетельствует тот факт, что существуют специальные международные организации, которые регулируют межгосударственные отношения по вопросу использования частот различных диапазонов, например Международный консультативный комитет по радио (МККР), Всемирная административная конференция по радио (ВАКР).

11.2. РАДИОПЕРЕДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Структурная схема радиопередающего устройства

При характеристике структуры радиолинии радиопередающее устройство было определено как устройство, содержащее радиопередатчик и передающую антенну. В функциональном смысле под радиопередающим устройством понимается комплекс оборудования, предназначенный для формирования и излучения радиочастотного сигнала (радиосигнала). Такое определение радиопередающего устройства предусматривает выполнение двух необходимых требований для осуществления радиопередачи: формирование радиочастотного сигнала и излучение этого сигнала в открытое пространство. Первое требование решается с помощью радиопередатчика, а второе — с помощью передающей антенны. Понятно, что в общем случае нужна электрическая цепь, по которой бы энергия радиочастотного сигнала подводилась от передатчика к антенне. У такой цепи есть специальное название — фидер Φ . В соответствии с изложенным общая структурная схема радиопередающего устройства имеет вид, представленный на рис. 11.5.

Рис. 11.5. Обобщенная структурная схема радиопередающего устройства



Поясним, для чего и как формируется радиочастотный сигнал. Известно, что передаче любых сообщений по системам электросвязи непременно предшествует преобразование сообщений в электрический сигнал. В спектре электрических сигналов, используемых в любом виде электросвязи,* значительную долю занимают низкочастотные составляющие, которые не могут эффективно излучаться передающей антенной. По этой причине сигналы электросвязи иногда называют низкочастотными сигналами.

Эффективность излучения растет с увеличением частоты, поэтому и прибегают к переносу спектра исходного сигнала в область более высоких частот, т. е. к формированию радиочастотного сигнала. Оно осуществляется с помощью модуляции — изменения определенного параметра высокочастотного колебания в полном соответствии с изменением передаваемого низкочастотного сигнала электросвязи. Изменяемым параметром может быть амплитуда, частота, фаза. Электромагнитное высокочастотное колебание, из которого образуется радиочастотный сигнал, называется несущей. Исходный низкочастотный сигнал, вызывающий изменение определенного параметра несущей при модуляции, называется модулирующим сигналом, а радиочастотный сигнал, получающийся в результате модуляции несущей, — модулированным радиосигналом.

С учетом изложенного можно сделать вывод, что в состав радиопередатчика в качестве функциональных узлов должны входить генератор несущей и устройство для изменения параметра несущей — модулятор. В свою очередь, генератор, как правило, строится по многокаскадной схеме. Он содержит следующие основные элементы (рис. 11.6): автогенератор АГ — первоисточник несущей; буферный (разделительный) каскад БК, включаемый для ослабления влияния последующих каскадов на качественную работу АГ; ряд промежуточных каскадов ПК, основная задача которых состоит в усилении радиочастотного сигнала; оконечный (выходной) каскад ОК, обеспечивающий заданную мощность в антенне. Часто АГ, БК и ПК конструктивно объединяют в отдельном устройстве — возбuditеле. Многокаскадный генератор называют радиочастотным трактом, но иногда в это понятие не включают возбuditель.

Модулятор М также, как правило, строится по многокаскадной схеме. В зависимости от назначения радиопередающего устройства модуляция может осуществляться либо в одном из каскадов возбuditеля, либо в оконечных каскадах. При передаче телеграфных сигналов используется не модулятор, а манипулятор, подключаемый к одному из каскадов возбuditеля.

Обязательным для работы любых каскадов и элементов радиопередающего устройства является источник питания ИП, получающий энергию от сети переменного тока.

В состав реальных радиопередающих устройств (особенно мощ-

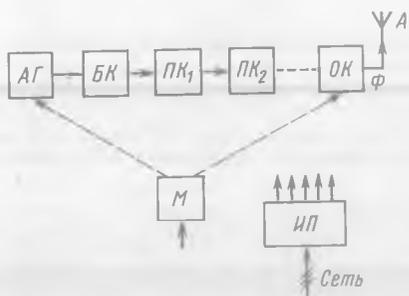


Рис. 11.6. Развернутая структурная схема радиопередающего устройства

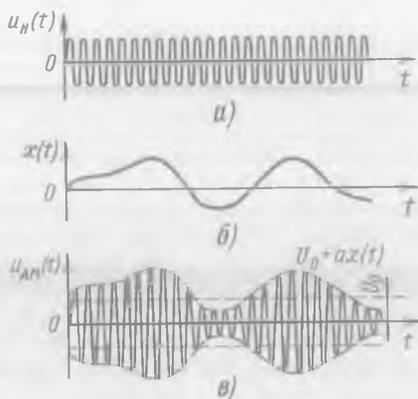


Рис. 11.7. Формирование АМ-сигнала

ных) входит много другого оборудования: средства охлаждения, автоматического и дистанционного управления, сигнализации, защиты и блокировки и т. д.

Управление антеннами, изменение длин волн, мощности и других характеристик радиопередатчиков в зависимости от вида передаваемых сигналов, направления радиопередачи и т. д. производятся устройствами телеуправления. Названные операции осуществляются диспетчером из центрального пункта управления (например, радиобюро, см. рис. 11.4) либо автоматически по заранее заданной программе. Телеметрические устройства и средства сигнализации позволяют контролировать с пункта управления исправность разнообразного оборудования.

Понятия о модуляции и спектрах

Рассмотрим несущее гармоническое колебание (рис. 11.7, а)

$$u_n = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0). \quad (11.1)$$

Постоянные величины U_0 , ω_0 и φ_0 , как известно из курса физики, называются амплитудой, частотой и начальной фазой несущего колебания. Изменяемым параметром несущей, как уже говорилось, может быть любая из этих величин. Обозначим модулирующий сигнал через $x(t)$ (рис. 11.7, б).

Наиболее просто описывается математически (и реализуется практически) изменение амплитуды, или амплитудная модуляция. Действительно, предположим, что

$$U(t) = U_0 + x(t). \quad (11.2)$$

Тогда из (11.1) с учетом (11.2) получим выражение для АМ-сигнала (рис. 11.7, в):

$$u_{AM}(t) = [U_0 + x(t)] \cos(\omega_0 t + \varphi_0). \quad (11.3)$$

Из приведенных на рис. 11.7 графиков видно, что в момент времени $t=0$ модулирующий сигнал $x(t)$ начинает изменяться и в точном соответствии с ним начинает изменяться амплитуда сигнала $u_{AM}(t)$.

В соответствии с модулирующим сигналом $x(t)$ можно изменять также начальную фазу или частоту несущей. В первом случае получим фазомодулированный сигнал ФМ, во втором — частотно-модулированный ЧМ. Подробно теория модуляции изучается в дисциплине «Теория нелинейных электрических цепей».

Формула (11.3) позволяет выяснить спектральный состав АМ-колебаний. Для этого предположим, что $x(t) = U_1 \cos \Omega t$, т. е. имеет вид гармонического колебания. Не теряя общности, можно принять, что в (11.3) $\varphi_0 = 0$:

$$u_{AM}(t) = [U_0 + U_1 \cos \Omega t] \cos \omega_0 t = U_0 [1 + a \cos \Omega t] \cos \omega_0 t,$$

где $a = U_1/U_0$ — коэффициент глубины модуляции. После простых алгебраических преобразований с учетом известного выражения $\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)]$ получим

$$u_{AM}(t) = U_0 \cos \omega_0 t + \frac{1}{2} a U_0 \cos(\omega_0 + \Omega)t + \frac{1}{2} a U_0 \cos(\omega_0 - \Omega)t.$$

Последнее выражение показывает, что даже при модуляции одним гармоническим колебанием с частотой Ω модулированный сигнал состоит из трех составляющих: несущей частоты ω_0 с амплитудой U_0 и частот $\omega_0 + \Omega$ и $\omega_0 - \Omega$ с амплитудами $\frac{1}{2} a U_0$. Если каждую из трех составляющих представить в системе координат U, ω в виде отдельного вертикального отрезка (рис. 11.8, а), то совокупность этих отрезков будет спектром АМ-колебания при модуляции несущей гармоническим колебанием. Составляющие, расположенные симметрично по отношению к несущей, называют боковыми частотами. Спектр модулирующего гармонического колебания представляется одним вертикальным отрезком длиной U_1 (рис. 11.8, б).

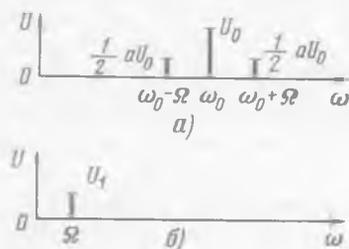


Рис. 11.8. Спектр АМ-колебания при модуляции гармоническим сигналом

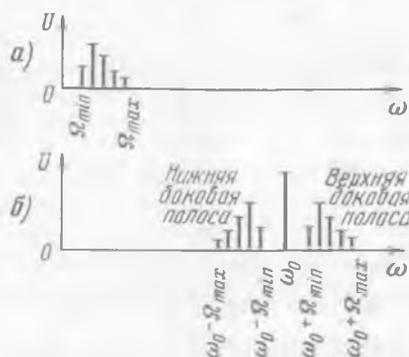
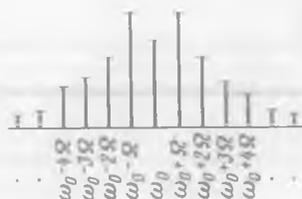


Рис. 11.9. Спектр АМ-колебаний при модуляции сложным сигналом

Рис. 11.10. Спектр ЧМ-колебаний при модуляции гармоническим сигналом



При модулирующем сигнале со сложным спектром (рис. 11.9, а), т. е. при $x(t) = \sum_{k=1}^n U_k \cos(\Omega_k t + \varphi_k)$ уравнение АМ-колебаний имеет

более сложный вид. Анализ показывает, что спектральная диаграмма АМ-сигнала имеет вид, изображенный на рис. 11.9, б. Справа и слева от несущей частоты получаются полосы боковых колебаний, соответствующие спектру модулирующего сигнала $x(t)$. Это так называемые боковые полосы АМ-сигнала. Ширина спектра, занимаемая АМ-сигналом $(\omega_0 + \Omega_{max}) - (\omega_0 - \Omega_{max}) = 2\Omega_{max}$, т. е. равна удвоенной максимальной частоте модулирующего сигнала. Полная информация о передаваемом сигнале заключена в каждой из боковых полос спектра. Мощность радиопередатчика расходуется на излучение как боковых полос, так и несущей.

Стремление к более эффективному использованию мощности радиопередатчика и сокращению полосы частот радиочастотного сигнала привело к разработке так называемой однополосной модуляции. При этом передается одна боковая полоса спектра АМ-сигнала. Математический анализ колебаний с частотной или фазовой модуляцией показывает, что их спектр в отличие от амплитудной модуляции теоретически бесконечно широк. Например, при модуляции гармоническим сигналом спектр ЧМ-сигнала состоит из несущей частоты ω_0 , первой пары боковых частот $\omega_0 + \Omega$, $\omega_0 - \Omega$, второй пары боковых частот $\omega_0 + 2\Omega$, $\omega_0 - 2\Omega$, третьей пары боковых частот $\omega_0 + 3\Omega$, $\omega_0 - 3\Omega$ и т. д. Спектральная диаграмма такого сигнала показана на рис. 11.10. Составляющие спектра, отстоящие от средней частоты, быстро убывают по амплитуде, поэтому ширину спектра ЧМ-сигнала всегда можно ограничить без ущерба для качества сигнала, выделенного в месте приема.

Основные характеристики радиопередающих устройств

Основные показатели радиопередающих устройств условно могут быть разделены на три группы: энергетические, показатели электромагнитной совместимости и качественные.

Важнейшими энергетическими показателями радиопередающего устройства, определяющими экономические показатели конкретной радиолинии или радиосети, являются номинальная мощность и промышленный коэффициент полезного действия. Под н о м и н а л ь

ной мощностью радиопередающего устройства P понимают среднее за период радиочастотного колебания значение энергии, подводимой к антенне. Промышленный коэффициент полезного действия КПД характеризует экономичность работы радиопередающего устройства и представляет собой отношение номинальной мощности P к общей $P_{\text{общ}}$, потребляемой от сети переменного тока радиопередающим устройством. Это отношение, как правило, выражается в процентах: $\eta = P/P_{\text{общ}} \cdot 100\%$. Чем больше мощность P , тем выше нормативное минимальное значение промышленного КПД.

Основными показателями электромагнитной совместимости являются диапазон рабочих частот, нестабильность частоты колебаний и внеполосные излучения. Диапазоном рабочих частот называют полосу частот, в которой радиопередающее устройство обеспечивает работу в соответствии с требованиями стандарта. Под нестабильностью частоты радиопередатчика понимают отклонение частоты колебаний на его выходе за определенный промежуток времени относительно установленной частоты. Малая нестабильность (высокая стабильность) частоты позволяет ослабить помехи радиоприему. Внеполосными называют такие излучения, которые расположены вне полосы, отведенной для передачи полезных сообщений. Внеполосные излучения являются источником дополнительных помех радиоприему. В случае подавления внеполосных излучений качество передачи сигнала не ухудшается.

В процессе работы радиопередающее устройство должно обеспечивать определенные параметры качества передаваемого сообщения: воспроизводимый диапазон передаваемого (информационного) сигнала, неравномерность амплитудно-частотной характеристики, среднеквадратический коэффициент гармоник, отношения сигнал-шум и сигнал-фон и др. Характеристика этих параметров выходит за пределы излагаемой дисциплины.

Основными тенденциями в развитии техники радиопередающих устройств являются: создание новых более мощных радиопередатчиков и уموшнение действующих; повышение промышленного КПД мощных радиопередатчиков; улучшение параметров качества передаваемых сообщений; внедрение устройств автоматического контроля различных параметров радиопередатчиков (в первую очередь телевизионных); оптимизация схемных и конструктивных решений, направленных на повышение стабильности частоты и надежности работы радиопередатчиков; автоматизация настройки и управление радиопередатчиком по заданной программе.

Классификация радиопередающих устройств

В основу классификации радиопередающих устройств могут быть положены различные признаки, например, назначение, диапа-

зон рабочих частот, значение номинальной мощности, вид передаваемых сообщений, способ модуляции, особенности эксплуатации и т. д.

По назначению радиопередающие устройства, используемые в электросвязи, делятся на связные, радиовещательные и телевизионные. Иногда к такому названию добавляется определение, уточняющее область использования радиопередающего устройства, например магистральная радиосвязь, спутниковая радиосвязь, внутриобластное радиовещание и т. д.

По диапазону рабочих частот радиопередающие устройства подразделяются в соответствии с классификацией видов радиоволн на радиопередающие устройства мириаметровых, километровых, гектометровых, декаметровых, метровых и т. д. волн.

В зависимости от номинальной мощности радиопередающие устройства делятся на маломощные (до 100 Вт), средней мощности (от 100 до 10 000 Вт), мощные (от 10 до 500 кВт) и сверхмощные (свыше 500 кВт).

Специфика эксплуатации позволяет выделить стационарные и подвижные радиопередающие устройства (автомобильные, самолетные, носимые и т. д.).

По виду передаваемых сообщений радиопередающие устройства подразделяются на телефонные, телеграфные, телефонно-телеграфные.

По способу модуляции радиопередающие устройства могут быть с амплитудной, фазовой, частотной и т. д. модуляцией.

11.3. РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА

Структурные схемы радиоприемных устройств

Радиоприем — это выделение сигналов из радиоизлучения. В том месте, где ведется радиоприем, одновременно существуют радиоизлучения от множества естественных и искусственных источников. Мощность полезного радиосигнала составляет очень малую долю мощности общего радиоизлучения в месте радиоприема. Задача радиоприемного устройства РПрУ сводится к выделению полезного радиосигнала из множества других сигналов и всевозможных помех, а также к воспроизведению (восстановлению) передаваемого сообщения. Напомним, что в процессе радиопередачи само сообщение (звук, изображение и т. д.) не передается.



Рис. 11.11. Обобщенная структурная схема радиоприемного устройства

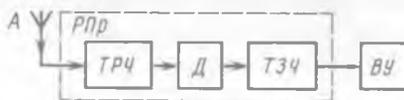


Рис. 11.12. Развернутая структурная схема радиоприемного устройства

Передаются модулированные информационные радиосигналы, позволяющие в конечном итоге создать копию сообщения.

Структурная схема РПрУ (рис. 11.11) в самом общем виде состоит из следующих частей: приемной антенны А, фидера Ф, радиоприемника РПр и воспроизводящего устройства ВУ. Рассмотрим функциональное назначение каждой из этих частей.

Приемная антенна находится под влиянием множества радиоволн. Каждая радиоволна индуцирует (наводит) в ней некоторый ток. Антенна является в известной мере избирательным по частоте элементом. Это значит, что радиоволны, соответствующие диапазону принимаемых радиосигналов, создают в ней токи с большей амплитудой, чем радиоволны, относящиеся к другим диапазонам. Электрические токи, индуцированные в антенне, подаются на вход радиоприемника непосредственно или по специальному фидеру.

Радиоприемник выполняет следующие функции: отделяет полезный радиосигнал от мешающих; усиливает этот радиосигнал; осуществляет детектирование (преобразование модулированного радиосигнала в ток или напряжение, изменяющиеся в соответствии с изменением модулирующего сигнала); усиливает продетектированный сигнал. Эти функции выполняются, если радиоприемник содержит узлы, указанные в схеме рис. 11.12, где ТРЧ — тракт радиочастоты, Д — детектор, ТЗЧ — тракт звуковой частоты.

Преобразование сигналов на приеме

В тракте радиочастоты происходит отделение полезного радиосигнала от мешающего и его усиление. Отделение основано на различии частот полезного и мешающих радиосигналов. На рис. 11.13 показано взаимное расположение спектров полезного радиосигнала с несущей ω_0 и двух мешающих сигналов с центральными частотами ω_{M1} и ω_{M2} . На этом же рисунке показан график зависимости коэффициента усиления ТРЧ от частоты входного радиосигнала (АЧХ). Амплитудно-частотная характеристика имеет такую

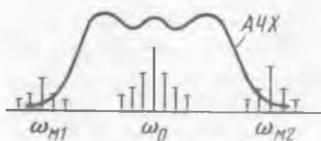


Рис. 11.13. Взаимное расположение спектров полезного и мешающих сигналов

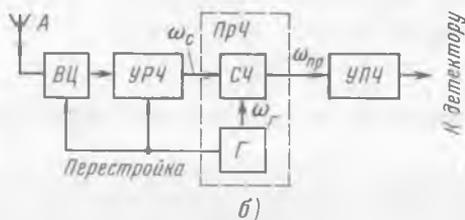
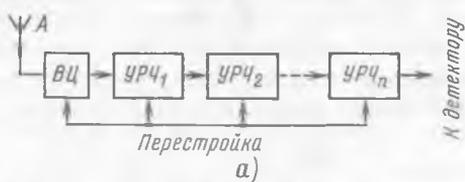


Рис. 11.14. Структурная схема ТРЧ радиоприемников
а — прямого усиления; б — супергетеродинного

форму, что в область усиления попадут, в основном, спектральные составляющие полезного радиосигнала. Ввиду этого на выход ТРЧ пройдет полезный радиосигнал, а мешающие будут существенно ослаблены.

Работа детектора заключается в получении напряжения или тока, которые повторяют характер изменения модулирующего сигнала. Тип детектора, используемого в радиоприемнике, определяется видом модуляции. Напряжение с выхода детектора усиливается в ТЗЧ до величины, обеспечивающей нормальную работу воспроизводящего устройства, которое иногда называется оконечным. Тип оконечного устройства зависит от вида сообщения, которое оно должно воспроизвести. Например, звуковые сообщения воспроизводятся в громкоговорителе, телевизионные изображения — в приемной телевизионной трубке (кинескопе), телеграфные — в буквопечатающем аппарате.

В зависимости от структуры построения ТРЧ радиоприемники делятся на два типа: прямого усиления (рис. 11.14, а) и супергетеродинные (рис. 11.14, б). Независимо от типа ТРЧ входная цепь ВЦ содержит один или несколько колебательных контуров, т. е. обладает резонансными свойствами, что позволяет осуществлять предварительный выбор радиосигнала и ослабление мешающих сигналов.

Усилитель радиочастоты УРЧ усиливает напряжение принятого радиосигнала и дополнительно ослабляет мешающие радиосигналы. Этот усилитель также содержит резонансные цепи в виде колебательных контуров, и поэтому называется резонансным. Однако решить задачу ослабления помехи и усиления сигнала одинаково эффективно на любой частоте в условиях изменения настройки радиоприемника прямого усиления невозможно. В этом главный недостаток радиоприемника прямого усиления.

В схему ТРЧ супергетеродинного радиоприемника введены дополнительные устройства: преобразователь частоты ПрЧ и усилитель промежуточной частоты УПЧ. В состав ПрЧ входят гетеродин Г и смеситель частот СЧ. Гетеродин — это генератор гармонических колебаний, а смеситель частот — электрическая цепь, создающая спектр комбинационных частот при подаче на нее двух или более сигналов разной частоты. В схеме рис. 11.14, б на СЧ подаются два сигнала: один с частотой ω_c с выхода УРЧ, а другой — с частотой ω_r от гетеродина. Комбинационная частота называется промежуточной и определяется из выражений $\omega_{пр} = \omega_c - \omega_r$ или $\omega_{пр} = \omega_r - \omega_c$.

Напряжение промежуточной частоты на выходе ПрЧ пропорционально напряжению принимаемого сигнала, поэтому при приеме АМ-радиосигнала амплитуда напряжения промежуточной частоты оказывается модулированной по тому же закону (рис. 11.15). Личейная связь между промежуточной частотой и частотой радиосигнала свидетельствует о том, что при приеме ЧМ-радиосигнала

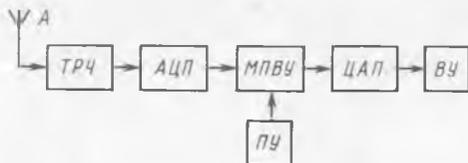
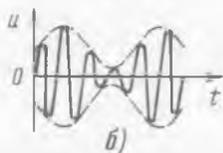
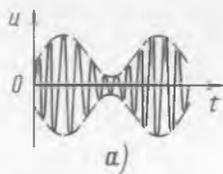


Рис. 11.16. Структурная схема радиоприемного устройства с цифровой обработкой сигнала

← Рис. 11.15. Временные диаграммы напряжения на входе (а) и выходе (б) преобразователя частоты

промежуточная частота изменяется по тому же закону, что и частота радиосигнала.

В процессе перестройки радиоприемника УРЧ и Г перестраиваются так, что $\omega_{пр}$ остается неизменной. Постоянство промежуточной частоты позволяет настроить УПЧ на одну частоту и не перестраивать его в процессе перестройки радиоприемника. На фиксированной частоте удастся обеспечить эффективное усиление полезного сигнала и ослабление мешающих. Благодаря этому достоинству супергетеродинные радиоприемники в настоящее время являются основными типами радиоприемников.

Цифровая обработка сигналов

В современных радиоприемных устройствах все шире применяется так называемая цифровая обработка сигналов. Она стала возможной благодаря успехам в разработке микропроцессоров. Микропроцессоры — это обрабатывающие и управляющие устройства, реализованные на основе технологии больших интегральных схем и обладающие способностью выполнять программным способом обработку информации.

При цифровой реализации РПрУ состоит из тракта радиочастоты ТРЧ, аналого-цифрового преобразователя АЦП, специализированного микропроцессорного вычислительного устройства МПВУ, цифро-аналогового преобразователя ЦАП и пульта управления ПУ. Структурная схема такого РПрУ показана на рис. 11.16. В РПрУ с цифровой обработкой сигнала ТРЧ остается без принципиальных изменений. В АЦП осуществляются временная дискретизация аналогового сигнала и квантование дискретного сигнала по уровню.

Установлено, что непрерывный (аналоговый) сигнал (рис. 11.17, а) может быть описан последовательностью чисел. В самом простом случае этой последовательностью могут быть мгновенные выборочные значения (рис. 11.17, б). Эта замена и есть дискретизация по времени. Выборочное значение $u(t)$ может быть любым в некоторых пределах. Если заменить каждое выборочное значение ближайшим целым числом выбранных квантов Δ (рис. 11.17, в),

то будет выполнено квантование дискретного сигнала по уровню. Квантованные по уровню дискретные числа можно выразить в двоичной системе счисления и представить последовательностью импульсов и пауз или положительных и отрицательных импульсов, как показано на рис. 11.17, *г*. Так, квантованное значение $u(0)$ равно 6 (рис. 11.17, *в*), поэтому его можно представить в двоичной системе как 00110, чему соответствует определенная последовательность импульсов и пауз. Аналогично, например, $u(5) = 20$, а в двоичной системе — 10100. Полученная таким образом последовательность импульсов есть цифровое представление аналогового сигнала. Все перечисленные операции реализуются на базе электронных устройств.

Числа заданной последовательности поступают на МПВУ, где над ними выполняются определенные программой арифметические и логические операции. Программа работы МПВУ определяется алгоритмом цифровой обработки сигнала. Алгоритм предусматривает цифровую фильтрацию, цифровое детектирование и другие вспомогательные операции цифровой обработки, например цифровую автоподстройку частоты.

Для каждого вида принимаемых сигналов разрабатывается своя программа обработки. Все программы записываются в программируемые постоянные запоминающие устройства ППЗУ. Каждой программе соответствует свой начальный адрес ППЗУ, установка которого производится по команде с ПУ. После завершения программы результат обработки в виде выходной комбинации цифр, представляющей собой результат вычислений, поступает на ЦАП. На выходе цифро-аналогового преобразователя образуется аналоговый сигнал, который подается на обычное выходное устройство.

Применение в радиоприемной технике цифровой обработки сигнала на базе микропроцессоров позволяет повысить точность обработки и обеспечить удобство сопряжения приемника с ЭВМ, если в этом есть необходимость.

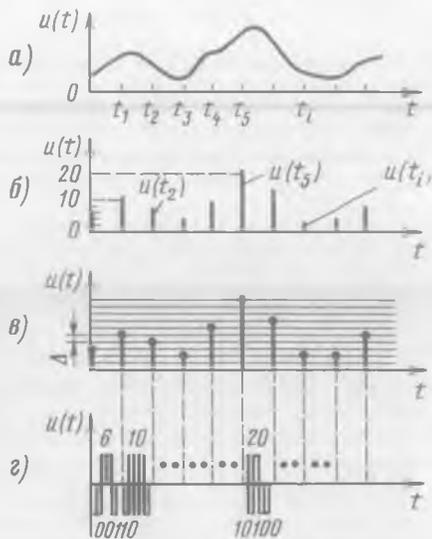


Рис. 11.17. Представление непрерывного сигнала в цифровой форме:

а — непрерывный сигнал; *б* — дискретизация сигнала по времени; *в* — дискретизация сигнала по уровню; *г* — представление сигнала в цифровой форме

Основные характеристики радиоприемных устройств

Радиоприемные устройства являются достаточно сложной электронной аппаратурой, и поэтому для всесторонней оценки их свойств используется целый ряд показателей. Основными (в смысле универсальности) можно считать такие показатели как диапазон рабочих частот, чувствительность, избирательность, помехоустойчивость и надежность.

Диапазон рабочих частот РПрУ определяется диапазоном возможных частот его настройки. Другими словами, это область частот настройки от f_{min} до f_{max} , в пределах которой РПрУ может плавно или скачкообразно перестраиваться с одной частоты на другую.

Чувствительность РПрУ является мерой его способности обеспечивать прием слабых радиосигналов. Количественно она оценивается тем минимальным значением электродвижущей силы (ЭДС) сигнала на входе РПрУ, при котором еще обеспечивается нормальная работа выходного устройства и имеет место требуемое отношение сигнал-шум на выходе ТРЧ при отсутствии внешних помех. Следовательно, чем меньше ЭДС требуется на входе РПрУ для обеспечения нормальной выходной мощности, тем чувствительнее РПрУ.

Свойство РПрУ, позволяющее отличать полезный радиосигнал от радиопомехи по определенным признакам, свойственным радиосигналу, называется избирательностью. Иначе, это способность РПрУ выделять нужный радиосигнал из спектра электромагнитных колебаний в месте приема, снижая мешающие радиосигналы.

Различают пространственную и частотную избирательности. Пространственная избирательность достигается за счет использования антенны, обеспечивающей прием нужных радиосигналов с одного направления и ослабление радиосигналов с других направлений от посторонних источников. Частотная избирательность количественно характеризует способность РПрУ выделять из всех радиочастотных сигналов и радиопомех, действующих на его входе, радиочастотный сигнал, соответствующий частоте настройки радиоприемника.

На РПрУ кроме полезного сигнала, как известно, действуют помехи. Помехоустойчивостью РПрУ называется способность его противодействовать мешающему действию помех. Количественно помехоустойчивость оценивается тем максимальным значением уровня помехи в антенне, при котором еще обеспечивается прием радиосигналов. Различают помехоустойчивость потенциальную, которую можно достичь при идеальном построении РПрУ, и реальную, т. е. ту, которую имеет реальный приемник. Фундаментальная теория потенциальной помехоустойчивости была разработана в 1946 г. В. А. Котельниковым.

Под надежность РПрУ понимают его способность выполнять заданные функции в определенных условиях и в определенном интервале времени. Количественно надежность оценивается по величине среднего времени его безотказной работы (среднему значению наработки на отказ).

Классификация радиоприемных устройств

Радиоприемные устройства можно классифицировать по различным признакам. Например, по схемным решениям РПрУ могут быть прямого усиления и супергетеродинными.

По назначению можно выделить РПрУ: радиовещательные, телевизионные (телевизоры), профессиональные (работающие на линиях служебной радиосвязи), специального назначения. В свою очередь, радиовещательные РПрУ делятся на монофонические и стереофонические, т. е. обеспечивающие прием монофонических и стереофонических программ звукового вещания. К профессиональным относятся РПрУ: магистральные декаметрового диапазона волн, радиорелейных линий связи, а также спутниковой радиосвязи. Среди РПрУ специального назначения следует назвать, например, радиолокационные, радионавигационные, самолетные и т. д.

Особенности радиоприемных устройств различного назначения

Радиоприемные устройства монофонического радиовещания позволяют слушателям вести прием программ звукового вещания в диапазонах метровых, декаметровых, гектометровых и километровых волн. Более сложными являются РПрУ, обеспечивающие прием стереофонических программ звукового вещания. Они могут вести прием программ и как обычные монофонические устройства. Стереофоническое вещание ведется в метровом диапазоне волн.

Магистральные РПрУ декаметрового диапазона волн позволяют вести прием телеграфных, факсимильных и телефонных сигналов. В декаметровом диапазоне, как известно, имеют место замирания сигналов, что существенно осложняет их прием. В техническом отношении магистральные РПрУ намного сложнее радиовещательных.

Радиорелейные РПрУ предназначены для приема десятков или сотен телефонных сигналов или одной телевизионной программы со звуковым сопровождением. Большинство радиорелейных РПрУ работает в сантиметровом диапазоне волн (5... 10 см).

Прием широкополосных сигналов осуществляют в РПрУ спутниковой радиосвязи. Радиоприемные устройства земных станций должны иметь очень малый уровень собственных шумов и обладать очень высокой чувствительностью. Для уменьшения уровня собст-

венных шумов используются специальные малошумящие усилители радиочастоты.

Характерной особенностью телевизионных РПрУ является то, что они воспроизводят одновременно два сообщения: телевизионное изображение и звуковое сопровождение. Изображение воспроизводится кинескопом, а выходным устройством приемника звукового сопровождения служит обычный электродинамический громкоговоритель.

Различные РПрУ имеют как общие для всех признаки, так и отличительные особенности. Развернутые структурные схемы разных РПрУ отличаются друг от друга, хотя обобщенная структурная схема этих РПрУ будет практически одной и той же. Еще большие отличия в принципиальных схемах и конструктивном оформлении РПрУ. Особенности схемных решений различных РПрУ рассматриваются при изучении дисциплины «Радиоприемные устройства».

Развитие радиоприемной техники будет идти по пути улучшения параметров и усовершенствования схемотехнических решений на основе современной элементной базы, в частности интегральных схем (главным образом больших и сверхбольших), в том числе микропроцессорных. По-прежнему сохранится тенденция освоения новых диапазонов.

11.4. АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА

Классификация антенн

Радиопередача принципиально невозможна без использования электромагнитных волн и, следовательно, таких устройств, которые обеспечивали бы их излучение и прием. Эти функции выполняют антенны, входящие в состав радиопередающих и радиоприемных устройств любого назначения. Таким образом, передающую антенну можно определить как устройство, предназначенное для излучения электромагнитных волн, а приемную — как устройство, служащее для приема электромагнитных волн с целью использования переносимой ими информации.

Все многообразие существующих антенн можно классифицировать по различным признакам, но любая классификация имеет определенные недостатки. Например, по характеру использования антенны можно разделить на приемные и передающие. Однако на многих радиостанциях одна и та же антенна одновременно служит как для передачи, так и для приема, поэтому такая классификация отнюдь не универсальна. Можно классифицировать антенны по диапазонам волн. Но и такая классификация имеет недостаток — одни и те же антенны часто используются для работы радиосистем в разных диапазонах.

Возможна классификация антенн по характеру излучающих (принимающих) элементов. Антенны, состоящие из проводов не-

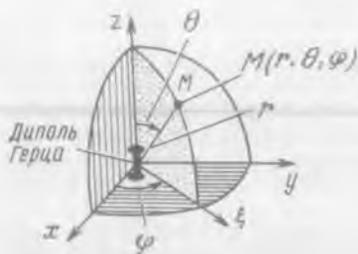
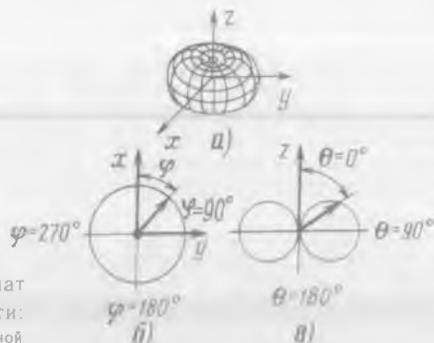


Рис. 11.18. Сферическая система координат

Рис. 11.19. Диаграммы направленности: а — объемная; б, в — в азимутальной и меридиональной плоскостях



большого поперечного сечения по сравнению с длиной волны и продольными размерами, в технической литературе называют проволочными. Антенны, излучающие через свой раскрыв — апертуру, называются апертурными. Иногда их называют дифракционными, рефлекторными, зеркальными. Электрические токи таких антенн протекают по проводящим поверхностям, имеющим размеры, соизмеримые или много больше по сравнению с длиной волны.

Основные параметры антенн

Сравнивать и оценивать свойства антенн любых типов можно по их параметрам. Самым главным определяющим параметром передающей антенны как нагрузки для генератора или фидера является ее входное сопротивление. Параметром антенны как излучателя электромагнитных волн является коэффициент полезного действия, а также амплитудная характеристика направленности.

Входное сопротивление антенны определяется отношением напряжения высокой частоты на ее зажимах к току питания: $Z = U/I$. Не вся мощность, подводимая к антенне, излучается в окружающее пространство. Часть ее расходуется не на излучение, а теряется на нагревание как самой антенны, так и находящихся поблизости предметов. Отношение мощности, излученной антенной, к мощности, подводимой к ней, называют коэффициентом полезного действия антенны и выражают в процентах: $\eta = P_{\text{изл}}/P_{\text{под}} \cdot 100\%$.

Электромагнитные волны излучаются антенной в различных направлениях неравномерно. Антенн, излучающих электромагнитные волны равномерно во все стороны, не существует. Распределение в пространстве напряженности электрического поля, созданного антенной, характеризуется амплитудной характеристикой направленности. Она определяется зависимостью амплитуды напряженности создаваемого антенной поля (или пропорциональной ей величины) от направления на точку наблюдения M в пространстве. Направление на точку наблюдения определяется ази-

мутальным φ и меридиональным θ углами сферической системы координат, как показано на рис. 11.18. При этом амплитуда напряженности электрического поля измеряется на одном и том же (достаточно большим) расстоянии r от антенны. Графическое изображение характеристики направленности называют диаграммой направленности. Пространственная диаграмма направленности изображается в виде поверхности $f(\varphi, \theta)$. Построение такой диаграммы неудобно, поэтому на практике обычно строят диаграмму направленности в какой-нибудь одной плоскости, в которой она изображается плоской кривой $f(\varphi)$ или $f(\theta)$ в полярной или декартовой системе координат.

На рис. 11.18 в начале координат показана простейшая проволочная антенна — диполь Герца, пространственная диаграмма направленности которой приведена на рис. 11.19, а. Диаграммы направленности в азимутальной и меридиональной плоскостях, построенные в полярной системе координат, представлены на рис. 11.19, б и в.

Помимо рассмотренных основных электрических параметров антенн существует целый ряд дополнительных специфических параметров как электрических, так и экономических, конструктивных, эксплуатационных. Подробно параметры антенн рассматриваются при изучении дисциплины «Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства».

Что касается приемных антенн, то оказывается, что количественно электрические параметры передающих и приемных антенн одни и те же, хотя физическое объяснение дается с точки зрения приема. Приемная антенна имеет такие же значения входного сопротивления, коэффициента полезного действия и такую же диаграмму направленности, какие она имела бы при работе в качестве передающей. Существенным различием в работе передающей и приемной антенн является то, что в передающей антенне используются большие токи и напряжения, а в приемной — очень незначительные.

Особенности передающих антенн различных диапазонов

Километровые и гектометровые радиоволны широко используются для организации сети звукового радиовещания. Передающие антенны, как правило, устанавливаются в центре зон обслуживания, и поэтому должны создавать ненаправленное излучение вдоль поверхности Земли, т. е. иметь диаграмму направленности в горизонтальной плоскости в виде окружности. Таким условиям отвечают антенны-мачты и антенны-башни. Их высота обычно 150...250 м, а некоторые антенны имеют высоту до 350 и даже 500 м.

Для радиосвязи и радиовещания на значительные расстояния (тысячи километров) используются декаметровые радиоволны. Особенности их распространения таковы, что антенны должны сфор-

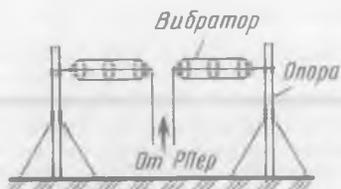


Рис. 11.20. Проволочная антенна — вибратор горизонтальный диапазонный



Рис. 11.21. Диаграмма направленности «игольчатой формы»

Параболическое
зеркало



Рис. 11.22. Принцип построения однозеркальной параболической антенны

мировывать направленное излучение с максимумом излучения под некоторым углом к поверхности Земли (см. табл. 11.2). Самыми распространенными типами передающих антенн, отвечающими этим требованиям, являются проволочные антенны: вибраторные, ромбические и синфазные в виде решетки из вибраторов, возбужденных определенным образом. Простейшая из этих антенн — горизонтальный симметричный вибратор — показана на рис. 11.20.

На местных радиолиниях протяженностью 50...100 км также используются в основном декаметровые радиоволны и простые антенны в виде вертикально подвешенного провода (Т- и Г-образные).

Диапазон метровых радиоволн используется главным образом для организации телевизионного и звукового вещания, а также для связи с подвижными объектами в пределах определенной зоны обслуживания. Передающие антенны, как правило, должны создавать ненаправленное излучение в горизонтальной плоскости.

Диапазоны дециметровых, сантиметровых и более коротких радиоволн применяются для организации радиорелейной связи. Антенны, устанавливаемые на радиорелейных линиях, должны обладать высокой направленностью, их диаграммы направленности должны иметь «игольчатую форму» (рис. 11.21). Наиболее распространены апертурные (зеркальные) антенны. Схема простейшей из них — параболической антенны — приведена на рис. 11.22. Особенность распространения метровых, дециметровых, сантиметровых и более коротких радиоволн такова, что антенны необходимо размещать на специальных опорах высотой десятки и даже сотни метров.

Особенности приемных антенн различных диапазонов

Антенна — устройство обратимое. Если антенна хорошо излучает радиоволны, то она хорошо их и принимает. Форма диаграммы направленности антенны не зависит от того, работает она на передачу или на прием. Содержание понятия «диаграмма направленности» для приемной антенны несколько отличается от приведенного выше для передающей антенны. Это график зависимости напряжения на входе радиоприемника от направления прихода принимаемой электромагнитной волны.

В качестве приемных антенн в километровом и гектометровом диапазонах используется рамочная антенна. В декаметровом диапазоне наиболее распространена антенна «бегущая волна». Антенна «волновой канал» (рис. 11.23) является типичной для диапазона метровых волн, в частности для приема телевизионных сигналов. В диапазоне дециметровых и сантиметровых волн антенны являются обычно приемопередающими. Характерная схема одной из таких антенн показана на рис. 11.22.

Фидеры

Электрическая цепь и вспомогательные устройства, с помощью которых энергия радиочастотного сигнала подводится от радиопередатчика к антенне или от антенны к радиоприемнику, называется фидером. Передающие антенны, используемые в километровом и гектометровом диапазонах радиоволн, соединяются с радиопередатчиком с помощью многопроводных коаксиальных фидеров. В декаметровом диапазоне фидеры обычно выполняются в виде проводочных двух- или четырехпроводных линий.

К антеннам метровых радиоволн энергия обычно подводится с помощью коаксиального кабеля (рис. 11.24, а). На более коротких волнах, в частности в сантиметровом диапазоне, фидер выполняется в виде полой металлической трубы — волновода прямоугольного, эллиптического или круглого (рис. 11.24, б) сечения.

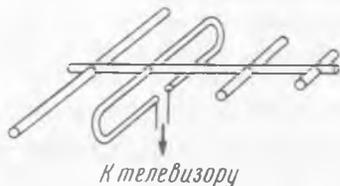


Рис. 11.23. Антенна типа «волновой канал»

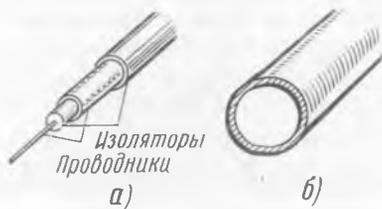


Рис. 11.24. Фидеры:

а — коаксиальный; б — волноводный

Тенденции совершенствования антенно-фидерных устройств

В связи с наблюдающейся тенденцией уможнения передающих радиостанций, работающих в диапазонах километровых, гектометровых и декаметровых радиоволн, очень важным представляются вопросы конструирования антенн и фидеров с повышенной электрической прочностью, т. е. разработка конструкций, способных работать со сверхмощными радиопередатчиками.

Значительный интерес представляет разработка устройств, обеспечивающих возможность подключения к одной антенне нескольких мощных радиопередатчиков, работающих на разных частотах.

Для радиоприема на декаметровых волнах перспективным представляется создание устройств, позволяющих управлять диаграммой направленности приемных антенн в соответствии с изменением направления угла прихода радиоволны. Следует ожидать, что в дальнейшем антенны с электрически управляемыми характеристиками займут доминирующее положение во многих областях антенной техники. Управлять работой таких антенн будут ЭВМ. Антенны радиорелейных линий совершенствуются в части увеличения концентрации энергии в главном направлении и снижения излучения в направлениях, несовпадающих с главным.

11.5. РАДИОСИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ЕАСС

Принципы радиорелейной связи

Система передачи ЕАСС, в которой сигналы электросвязи передаются в открытом пространстве с помощью радиоволн, называется радиосистемой ЕАСС. Радиосистема передачи РСП, как и любая система передачи, состоит из станций и среды распространения сигналов электросвязи.

Радиосистема передачи, в которой сигналы электросвязи передаются с помощью наземных ретрансляционных станций, называется радиорелейной системой передачи РРСП. Принцип размещения станций РРСП на поверхности Земли показан на рис. 11.25. Цепочка радиорелейных станций образует радиорелейную линию связи РРЛС. Сигналы от первой станции принимаются

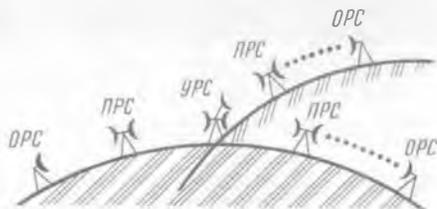


Рис. 11.25. Принцип радиорелейной связи

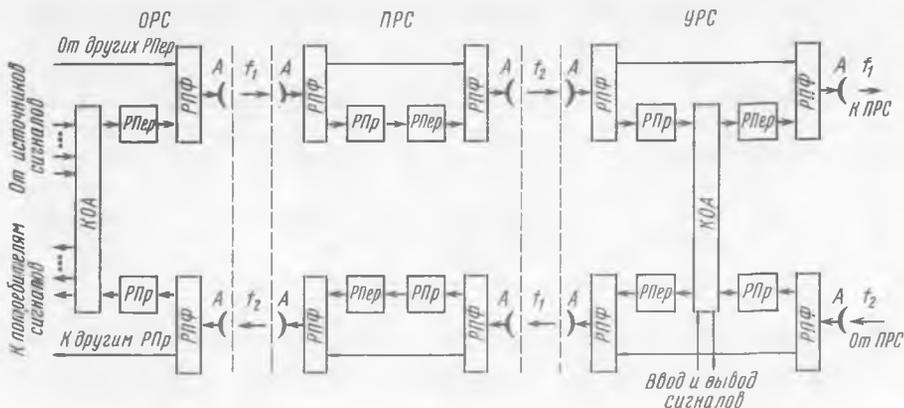


Рис. 11.26. Структурная схема построения РРСП прямой видимости

второй, усиливаются и передаются далее к третьей станции, там вновь усиливаются и передаются к четвертой станции и т. д.

Станции, устанавливаемые на конечных пунктах РРЛС и предназначенные для введения и выделения передаваемых сигналов электросвязи, называются окончательными радиорелейными станциями ОРС, станции ретрансляции называются промежуточными ПРС. На отдельных станциях осуществляется отвлечение части сигналов для передачи в другом направлении или частичное выделение сигналов для передачи потребителям. Такие станции называются узловыми радиорелейными станциями и УРС. На рис. 11.25 показана схема с одним ответвлением.

Аппаратура РРСП состоит из каналообразующей аппаратуры КОА, радиопередатчиков РПер, радиоприемников РПр и антенно-фидерных трактов. Один приемопередающий комплекс обычно может пропустить несколько сотен, а в ряде случаев и тысяч телефонных сигналов, или один телевизионный. В тех случаях, когда РРСП предназначена для передачи большого числа сигналов, она образуется несколькими приемопередающими комплексами, работающими в одном направлении на различных частотах. Каждый из таких комплексов сверхвысокочастотных приемопередатчиков принято называть стволом (рис. 11.26). Рассмотрим процесс передачи сигналов по одному из таких стволов.

На ОРС с помощью КОА формируется групповой сигнал из нескольких исходных сигналов. Он является модулирующим для несущей частоты f_1 . Модулированный радиосигнал с выхода РПер через разделительно-полосовой фильтр РПФ подводится к антенне А и излучается в сторону ближайшей ПРС. Без РПФ обойтись нельзя, так как на одну антенну, как правило, работают одновременно несколько РПер разных стволов.

Радиосигнал, принятый антенной ПРС, вновь поступает на РПФ, который теперь выполняет функцию распределения сигналов каждого РПер на вход «своего» РПр. Радиосигнал, пройдя РПФ, усиливается в РПр и РПер. При этом осуществляется преобразование частоты радиосигнала f_1 в частоту f_2 . После преобразования радиосигнал излучается антенной в направлении следующей станции. На УРС между РПр и РПер включается КОА, позволяющая выделить или дополнительно ввести часть сигналов.

Процесс приема радиосигналов на ОРС не отличается от рассмотренного на ПРС или УРС. С выхода РПр групповой сигнал поступает на вход КОА, которая осуществляет разделение сигналов для соответствующих потребителей. Ими обычно являются междугородная телефонная станция, телецентр, междугородная вещательная аппаратная.

По пропускной способности различают следующие РРЛС: многоканальные с числом каналов ТЧ свыше 300, средней емкости — от 60 до 300 каналов ТЧ, малоканальные — меньше 60 каналов ТЧ.

По области применения РРЛС делятся на магистральные протяженностью 10 ... 12 тыс. км, зонавые — республиканского и областного значения, местные. Магистральные РРЛС являются многоканальными, зонавые имеют среднюю емкость, а местные — малоканальные.

По способу разделения каналов РРЛС могут быть с частотным и временным разделением каналов, а по диапазону используемых частот — дециметрового, сантиметрового и миллиметрового диапазонов.

Радиорелейные системы передачи прямой видимости

С помощью РРСП обычно передают очень широкополосные сигналы, например телевизионные или большие группы телефонных сигналов. Качественная передача таких сигналов возможна только в диапазонах дециметровых и более коротких волн. Известно, что радиоволны этих диапазонов могут устойчиво распространяться лишь в пределах прямой видимости между пунктами передачи и приема. Если наземные станции размещаются одна относительно другой на расстоянии прямой видимости между антеннами этих станций, то такая система называется РРСП прямой видимости. Принцип размещения станций РРСП прямой видимости как раз и показан на рис. 11.25. При высоте антенн 40 ... 50 м расстояние между станциями обычно не превышает 40 ... 60 км.

Ограниченность расстояния прямой видимости не следует рассматривать как сугубо отрицательный фактор. Именно за счет невозможности свободного распространения радиоволн на большие расстояния устраняются взаимные помехи между РРСП внутри одной страны или разных стран.

Кроме того, следует подчеркнуть, что в указанных диапазонах практически отсутствуют атмосферные и промышленные помехи. Возможность создания антенн с очень узкой диаграммой направленности позволяет использовать в этих диапазонах радиопередатчики малой емкости.

В табл. 11.3 приведены основные технические характеристики отечественных РРСП для магистральных и внутризональных РРЛС, находящихся в эксплуатации, а также некоторых новых систем.

Тропосферные радиорелейные системы передачи

Тропосфера — это нижняя часть атмосферы Земли. Ее верхняя граница находится на высоте примерно 10 ... 12 км. В тропосфере всегда есть локальные объемные неоднородности, вызванные различными физическими процессами, происходящими в ней. Радиоволны диапазона 0,3 ... 5 ГГц способны рассеиваться этими неоднородностями. Механизм образования тропосферных радиоволн условно показан на рис. 11.27. Учитывая, что неоднородности находятся на значительной высоте, нетрудно представить, что рассеянные ими радиоволны могут распространяться на сотни километров. Это дает возможность расположить станции на расстоя-

Таблица 11.3

Тип аппаратуры	Полоса частот, ГГц	Число рабочих и резервных стволов	Вид передаваемых сигналов	Число каналов ГЧ в ТФ стволе	
Р-600М	} 3,4 ... 3,9	2+1	} ТФ и ТВ	360	
Р-6002М		2+1		600	
«Рассвет-2»		3+1		600	
«Восход»		4+4		1320	
КУРС-4		3+1		720	
		или			
		7+1			
«Радуга-4»	3,4 ... 3,9	3+1			1920
	или	или			
	3,7 ... 4,2	7+1			
КУРС-6	} 5,67 ... 6,17	3+1		1320	
		или			
		7+1			
«Электроника-Связь-6-1»	} 1,7 ... 2,1	3+1	} ТФ ТВ	1920	
КУРС-2М		2+1		300	
КУРС-8-О	} 7,9 ... 8,4	1+0		300	
КУРС-8-ОТ		1+0		—	
КУРС-8-ОУ		1+1		300	
		или			
		2+1			
		или			
		3+1			
КУРС-8-02		1+0	ТФ	300	

Примечание. ТФ — телефонные сигналы, ТВ — телевизионные сигналы.

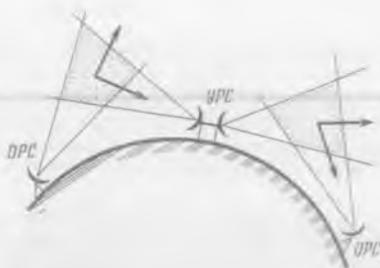


Рис. 11.27. Принцип тропосферной радиосвязи

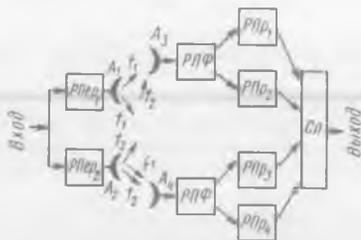


Рис. 11.28. Схема четверенного приёма при тропосферной радиосвязи

нии 200 ... 400 км друг от друга, что значительно больше расстояния прямой видимости.

Тропосферной радиорелейной системой передачи ТРРСП называется такая РРСП, в которой используется рассеяние и отражение радиоволн в нижней области тропосферы при взаимном расположении станций за пределами прямой видимости. Линии связи, оборудованные ТРРСП, подобно РРЛС прямой видимости состоит из ряда станций ОРС, ПРС, УРС. Такие линии строятся, как правило, в труднодоступных и удаленных районах страны, где сложно и дорого строить РРЛС прямой видимости.

Значительные расстояния между ПРС, безусловно, выгодны при организации протяженных линий, поскольку требуется меньшее число станций. Однако специфика образования электромагнитного излучения в точке приема такова, что приходится сталкиваться с рядом трудностей в процессе приема радиосигналов. Во-первых, в процессе распространения радиоволн возникает глубокие замирания радиосигнала, что объясняется неустойчивостью пространственно-временной структуры тропосферы и многолучевостью радиосигнала (в одну точку приема приходят лучи от многих неоднородностей). Во-вторых, радиосигнал в точке приема очень ослабленный — ведь антенна улавливает только ничтожную долю энергии, рассеянной на неоднородностях. Ослабление сигнала компенсируется использованием мощных радиопередатчиков и радиоприемников с высокой чувствительностью. С глубокими замираниями бороться сложнее.

Рассмотрим суть наиболее часто применяемого способа так называемого разнесенного приема. Различают пространственное и частотное разнесения. При пространственном разнесении прием ведется на две антенны, установленные на некотором расстоянии друг от друга. Антенны разносятся в направлении, перпендикулярном трассе линии. Частотное разнесение осуществляется за счет одновременной передачи сигналов электросвязи на двух частотах.

Одновременная реализация пространственного и частотного разнесения получила название счетверенного приема. Структурная схема организации счетверенного приема показана на рис. 11.28. Чтобы не усложнять схему, на ней показано оборудование для передачи сигналов в одном направлении. На каждой станции имеется две антенны, удаленные друг от друга на 100 длин волн. К антеннам A_1 и A_2 подключены радиопередатчики РПер₁ и РПер₂, на входы которых подается один и тот же сигнал. Каждый радиопередатчик формирует радиосигнал на своей частоте: один на частоте f_1 , другой на частоте f_2 . В пунктах приема к антеннам A_3 и A_4 через разделительно-полосовые фильтры РПФ подключено по два радиоприемника РПр. Каждая антенна принимает радиосигнал как на частоте f_1 , так и на частоте f_2 . Характер замираний радиосигналов на разных частотах неодинаков. Другими словами, если на одной частоте наблюдаются замирания, то на другой их может и не быть.

Аналогичное явление отмечается и при приеме на пространственно-разнесенные антенны. При наличии замираний, например, при приеме на антенну A_3 в этот же момент времени при приеме на антенну A_4 замирания могут отсутствовать. С выходов всех четырех приемников сигналы поступают в устройство сложения СЛ, где они складываются; на выходе этого устройства всегда имеется относительно устойчивый сигнал.

Несмотря на применение столь сложной схемы приема, полностью избавиться от замираний и искажений передаваемых сигналов не удается. Особенно затруднена качественная передача широкополосных сигналов, например, телевизионных. Число телефонных каналов, образуемых по ТРРСЦ, не превышает 120.

Использование мощных радиопередатчиков, чувствительных радиоприемников в сочетании со сложной схемой разнесенного приема, в целом, повышает стоимость оборудования отдельных станций. Однако общая стоимость тропосферных РРЛС зачастую даже ниже по сравнению с РРЛС прямой видимости благодаря сокращению в 5—10 раз числа промежуточных станций.

Наряду со счетверенным приемом для борьбы с замираниями в последнее время используют специальные комплексы по обработке сигналов.

В табл. 11.4 приведены некоторые данные отечественных ТРРСЦ.

Таблица 11.4

Тип аппаратуры	Диапазон частот. ГГц	Среднее расстояние между станциями, км	Число каналов ТЧ
«Горизонт-М»	0,8 ... 1	300	60
ТР-120	0,8 ... 1	300	120
ДТР-12	0,8 ... 1	600	12

Принцип организации спутниковой радиосвязи

Спутниковой называется радиосвязь между земными радиостанциями, осуществляемая с помощью ретрансляции радиосигналов через один или несколько ИСЗ.

Принципы организации спутниковой радиосвязи заключается в следующем. С помощью ракеты-носителя на заданную орбиту вокруг Земли запускают спутник с приемопередающим ретранслятором на борту. На Земле строят оконечные станции, предназначенные для связи через ИСЗ. Эти станции принято называть земными, в отличие от станций других систем передачи, например радиорелейных, называемых наземными станциями. Работа спутниковых радиолиний основана на общих принципах, присущих радиосвязи: формирование и излучение радиочастотного сигнала на передающей стороне, прием и обработка этого сигнала на приемной стороне. Использование промежуточной космической станции КС — ретранслятора, расположенного на борту ИСЗ, свидетельствует о радиорелейном характере спутниковой радиосвязи. Упрощенная структурная схема спутниковой связи приведена на рис. 11.29.

Возможность практической реализации спутниковой связи стала активно обсуждаться после 4 октября 1957 г., когда первый ИСЗ массой 83,6 кг был выведен на орбиту. Для контроля за полетом ИСЗ на нем был помещен радиопередатчик-маяк. По мере отработки системы уверенного вывода на космические орбиты груза достаточно большой массы стало реальностью создание спутниковых систем передачи.

Сегодня электросвязь занимает ведущее место в использовании ИСЗ, она стала той областью народного хозяйства, где спутники нашли первое эффективное практическое применение. Интенсивное внедрение и постоянное совершенствование спутниковой радиосвязи объясняется тем, что решить задачу повсеместного обеспечения приема центральных программ телевизионного и звукового вещания можно только при комплексном использовании традиционных наземных (кабельных и радиорелейных) и спутниковых систем передачи. Это и понятно, потому что территория нашей

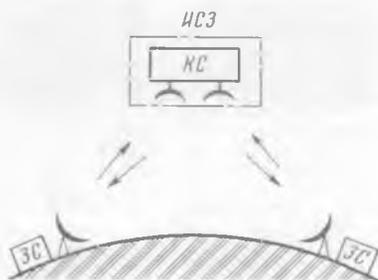


Рис. 11.29. Принцип организации связи через ИСЗ

страны огромна, имеет 11 временных поясов и многонациональный состав населения.

Использование спутниковых систем передачи для организации связи с труднодоступными районами, как правило, является более выгодным, нежели строительство радиорелейных или кабельных линий связи. Подсчитано, что разветвленная распределительная сеть телевизионного вещания на огромной территории от Урала до восточных границ СССР с помощью спутниковых систем была создана на 15 ... 20 лет быстрее, чем если бы использовались наземные средства связи. Кроме того, получена значительная экономия капитальных вложений.

Большие возможности у спутниковых систем при организации связи с подвижными объектами, в частности кораблями и самолетами. Очень важной функцией спутниковых систем является их использование в качестве надежного средства резервирования отдельных участков ЕАСС.

В настоящее время спутниковые системы используются для передачи различных сообщений: программ телевизионного и звукового вещания, изображений газетных полос, телефонных и телеграфных сообщений, данных от ЭВМ и других источников.

В зависимости от видов передаваемых сообщений различают универсальные многофункциональные системы спутниковой передачи и специализированные. В первом случае земные станции обмениваются различными видами сообщений, во втором — осуществляется передача одного-двух видов сообщений, например программ телевизионного и звукового вещания.

Характеристика оборудования земных и космических станций

Земные станции осуществляют передачу и прием радиосигналов на участке «Земля — ИСЗ», т. е. являются приемопередающими. Существуют только передающие и только приемные земные станции. Кроме этого, в системах спутниковой связи используются контрольные земные станции, осуществляющие контроль за режимом работы ретранслятора на ИСЗ и соблюдением земными станциями важных технических параметров — излучаемой мощности, частоты радиопередачи и др. Наиболее сложны приемопередающие земные станции многофункционального назначения.

Главным фактором, определяющим требования к аппаратуре земных станций, является расстояние между этими станциями и космической станцией. Как правило, оно составляет от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч километров.

Радиопередатчики земных станций имеют номинальную мощность от нескольких до десяти киловатт. Радиоприемное устрой-

ство земных станций отличается исключительно высокой чувствительностью. Антенны имеют диаграмму направленности «игольчатой формы» с очень узким главным лепестком (доли градуса) и очень низким уровнем боковых лепестков (см. рис. 11.21). Наиболее подходящими для формирования таких диаграмм являются зеркальные антенны диаметром 12 ... 32 м (см. рис. 11.22), которые и применяются на земных станциях.

Земные станции располагаются на специально выбранных площадках, вынесенных из черты города во избежание взаимных радиопомех с наземными системами связи.

Чисто приемные земные станции современных спутниковых систем передачи обычно гораздо меньше по размерам, проще по конструкции, и поэтому существенно дешевле.

Основные компоненты космической станции — антенны и бортовой ретранслятор. В отличие от земных станций, имеющих одну антенну, на борту современных связных ИСЗ обычно устанавливается несколько приемных и передающих антенн. Это объясняется необходимостью формирования различных зон обслуживания, приведения в соответствие излучения антенн и пространственного размещения земных приемных станций, чтобы не рассеивать энергию бесполезно на те районы, где нет приемных станций. Высокая направленность приемных и передающих антенн космических станций способствует также уменьшению взаимных помех с другими системами связи — спутниковыми и наземными. Электропитание аппаратуры космической станции обеспечивается, как правило, солнечными батареями.

Приемопередающее оборудование космической станции полностью автоматизировано и не требует обслуживания в течение всего срока эксплуатации. Поэтому оно должно быть исключительно надежным. Время надежной работы аппаратуры космической станции должно максимально приближаться ко времени существования на орбите ИСЗ. Срок службы спутников составляет 3 ... 7 и более лет. При отказе аппаратуры космической станции ее существование становится бесполезным и связь может быть восстановлена только выведением на орбиту нового спутника-станции.

Аппаратура космических станций работает в условиях больших перепадов температуры, радиации и др. Для защиты аппаратуры от вредных воздействий космической среды предусмотрены специальные меры: экранирование, теплозащита, выбор орбиты.

Диапазоны частот для спутниковой связи

Особенность спутниковой связи состоит в том, что радиоволны с земной станции на спутник и со спутника на Землю должны свободно проходить через атмосферу. Полоса частот, в которой передаваемые радиосигналы проходят через атмосферу без чрез-



Рис. 11.30. Эллиптическая и геостационарная (круговая) орбиты для искусственного спутника Земли

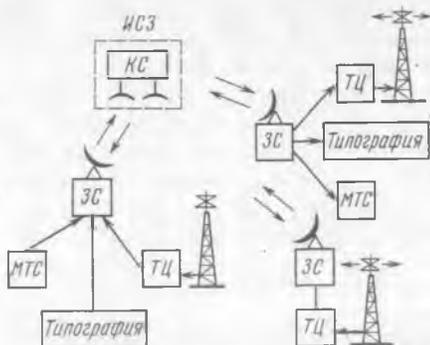


Рис. 11.31. Схема организации связи по системе «Орбита»:

КС — космическая станция; ЗС — земная станция; ТЦ — телевизионный центр; МТС — междугородная телефонная станция

мерного поглощения и преломления, называется атмосферным «радиоокном». Для организации спутниковой связи наилучшим считается диапазон 1 ... 10 ГГц, в котором в соответствии с международной договоренностью для служб связи и использования ИСЗ выделены определенные полосы частот. Необходимость жесткой регламентации в распределении частот вызвана тем, что к моменту появления спутниковых систем широкое развитие получили наземные системы связи. Так, наиболее подходящие частоты для радиорелейной связи находятся в диапазоне 2 ... 8 ГГц. Отсюда возникла проблема совместного использования общих частотных полос спутниковыми и наземными системами передачи. Кроме определенных полос частот для спутниковой связи, существуют также специальные, принятые на международном уровне, правила использования этих полос.

Спутниковые радиосистемы «Орбита», «Экран» и «Москва»

Система спутниковой связи «Орбита» была введена в эксплуатацию к 50-летию Советской власти в октябре 1967 г. Это была первая в мировой практике система спутникового телевизионного вещания. Система «Орбита» начала создаваться с 1965 г., когда впервые был осуществлен обмен телевизионными программами между Москвой и Владивостоком с использованием ИСЗ «Молния», запущенного на высокую эллиптическую орбиту (рис. 11.30) с апогеем 40 000 км над северным полушарием и периодом обращения вокруг Земли 12 ч. На такой орбите положение ретранслятора относительно Земли каждые сутки дважды повторяется. На каждом витке в зону видимости попадает почти вся территория СССР, а круглосуточная работа обеспечивается несколькими

спутниками, запущенными с соответствующим сдвигом по времени. Эллиптическая орбита, выбранная для спутников «Молния», обеспечивает возможность связи между любыми точками на территории СССР. Мощность радиопередатчика бортового ретранслятора 40 Вт, в качестве источника электропитания используются солнечные батареи. Упрощенная схема организации связи по системе «Орбита» приведена на рис. 11.31.

Для приема сигналов от спутника земные приемные станции «Орбита» оснащены параболическими антеннами с диаметром зеркала 12 м. Антенна установлена на опорно-поворотном устройстве. Наведение антенны на спутник с высокой точностью производится автоматически по заданной программе. Предусмотрены также полуавтоматический и ручной режимы наведения.

В процессе совершенствования земные станции системы «Орбита» получили возможность работать со спутниками, «подвешенными» на круговой экваториальной, или геостационарной, орбите (см. рис. 11.30). При высоте орбиты 35 786 км период обращения спутника составляет 24 ч. В СССР первый геостационарный спутник «Радуга» для передачи телевизионных сигналов, запущенный в 1975 г., обеспечивал работу с земными станциями типа «Орбита». В последующем на геостационарной орбите появились новые ИСЗ типа «Горизонт» (в международных каталогах зарегистрированы как «Стационар»). Спутник с периодом обращения 24 ч на круговой экваториальной орбите при совпадении направления его движения с направлением вращения Земли вокруг оси неподвижен на небосводе по отношению к поверхности Земли. Это единственный случай, когда продолжительность сеанса через спутник может быть неограниченно большой.

К концу 70-х годов дальнейшее наращивание сети станций «Орбита» стало экономически неоправданным, так как строительство земных станций такого типа для обслуживания населенных пунктов с населением в несколько тысяч человек приводит к непомерно большим затратам на один телевизионный приемник.

В 1976 г. в СССР была создана новая спутниковая система связи «Экран», отличающаяся большей экономической эффективностью по сравнению с «Орбитой». Спутник «Экран» этой системы выведен на геостационарную орбиту. Система «Экран» позволяет обеспечить телевизионным вещанием как населенные пункты, так и метеостанции, вахтовые поселки, геологические экспедиции, находящиеся в Сибири, в районах Крайнего Севера, частично Дальнего Востока. В настоящее время приемные станции системы «Экран» работают более чем в 4000 населенных пунктах страны.

Земная передающая станция системы «Экран» оборудована радиопередатчиком мощностью 5 кВт и зеркальной параболической антенной диаметром 12 м. Земные приемные станции системы «Экран» рассчитаны на прием радиосигнала в диапазоне частот вблизи 700 МГц. Увеличение мощности радиопередатчика косми-

ческой станции до 200 Вт позволило упростить радиоприемное устройство земных станций, что в конечном итоге и предопределило экономическую эффективность системы. Однако повышение мощности радиопередатчика космической станции «Экран» до 200 Вт увеличило вероятность создания помех системам связи соседних государств. По этой причине нельзя зону обслуживания системы «Экран» распространить на весь Дальний Восток СССР, Камчатку, Чукотку и Европейскую часть СССР. Ограниченность зоны обслуживания — существенный недостаток системы «Экран».

Серийно выпускается несколько вариантов приемных устройств различного качества приема. Наиболее высокочастотные и надежные устройства предназначены для подачи программ цветного телевидения к телевизионным передатчикам большой и средней мощности. Эти приемные устройства комплектуются антенной типа «волновой канал» с 32 полотнами. Упрощенные приемные устройства позволяют сформировать стандартный телевизионный сигнал для его передачи через телевизионные ретрансляторы малой мощности либо через кабельную распределительную сеть. Они снабжены антенной «волновой канал» с четырьмя полотнами.

В 1980 г. начала действовать спутниковая система «Москва». Земные приемные станции этой системы работают через космические станции на геостационарных ИСЗ «Горизонт». Передающая земная станция системы «Москва» во многом аналогична передающим станциям систем «Орбита» и «Экран». Радиопередатчик ретранслятора космической станции имеет мощность 40 Вт, но обеспечивает в отличие от «Орбиты» возможность приема радиосигналов на относительно простые приемные устройства с параболической антенной диаметром 2,5 м. Достичь этого удалось благодаря внедрению новейших способов обработки сигналов, а также разработке надежных высококачественных охлаждаемых усилителей в приемном устройстве.

Приемные земные станции системы «Москва» просты, оборудование их имеет настолько небольшой объем, что может размещаться в здании узла связи, маломощного ретранслятора, типографии и т. д. Время установки, монтажа и настройки — несколько дней. Станция не требует постоянного квалифицированного обслуживания.

Радиосигнал, принятый земной станцией, подается на маломощный телевизионный ретранслятор, с помощью которого телепрограмма доводится до абонентов. В приемном устройстве предусмотрена также возможность подачи сигнала в кабельную распределительную сеть или на радиовещательный передатчик (при передаче программ звукового вещания).

Система «Москва» позволяет организовать передачу изображения газетных полос. Благодаря применению специального метода обработки сигнала удалось снизить уровень помех, создаваемых другими системами.

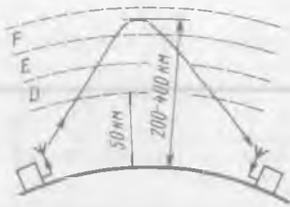


Рис. 11.32. Принцип радиосвязи на декаметровых волнах

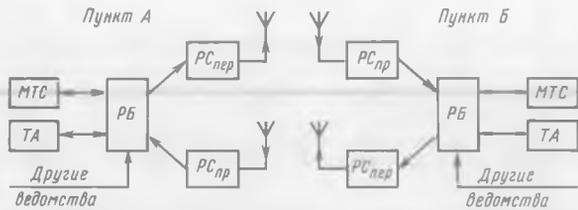


Рис. 11.33. Схема организации магистральной радиосвязи на декаметровых волнах

Система «Москва» обеспечивает прием программ Центрального телевидения не только в пределах всей территории страны, но и в советских учреждениях практически во всех западно-европейских, североамериканских и приграничных азиатских странах.

Во многих случаях, когда бывает необходимо организовать прием программ Центрального телевидения в тех местах, где строительство стационарных станций по каким-либо причинам нецелесообразно или затруднено, используется мобильная станция «МАРС». Оборудование ее вместе с антенной размещается в трех контейнерах в кузове автомашины.

Радиосистемы передачи на декаметровых волнах

Радиосистема передачи ЕАСС, в которой используется отражение декаметровых волн от ионосферы, называется ионосферной системой передачи на декаметровых волнах. Ионосферой принято называть ионизированную часть атмосферы Земли, расположенную на расстоянии более 50 км от поверхности Земли. В декаметровом диапазоне длина радиоволн 10...100 м. Отражение происходит от одного из ионизированных слоев, имеющих условное название Д, Е, F. Как правило, отражение происходит от слоя F на высотах порядка 200...400 км (рис. 11.32).

В ионосфере происходит, строго говоря, не отражение радиоволны, а поворот ее траектории за счет неоднородности диэлектрических свойств вертикального профиля ионосферы. Траектория распространения радиоволн от одной точки на поверхности Земли к другой с одним отражением от ионосферы называется ионосферным скачком. Расстояние между пунктами передачи и приема, измеренное вдоль поверхности Земли, составляет примерно 2000 км. Траектория распространения радиоволн может быть образована несколькими ионосферными скачками. При этом расстояние между пунктами передачи и приема существенно возрастает и достигает десятков тысяч километров. Свойство декаметровых волн распространяться путем ионосферных скачков успешно используется для организации протяженных линий радиосвязи. Условия распространения радиоволн, а следовательно, и качество радиосвязи

зависят от состояния ионосферы, определяемого временем года, суток и циклом солнечной активности.

В сравнении с радиорелейными и спутниковыми системами ионосферные системы передачи на декаметровых волнах узкополосны, т. е. не позволяют организовать большое число каналов электросвязи. Опыт организации и эксплуатации магистральных линий радиосвязи показывает, что для образования одного-двух телефонных или нескольких телеграфных каналов, самой простой и экономичной является линия радиосвязи в декаметровом диапазоне. Малоканальные магистральные линии радиосвязи наиболее эффективны для организации радиосвязи на большие расстояния с пунктами в малонаселенных районах страны, межконтинентальной радиосвязи, резервных каналов на магистральных и зонавых линиях ЕАСС, каналов внутриведомственной связи, радиосвязи с подвижными объектами.

О масштабах развития магистральной радиосвязи свидетельствуют следующие данные. Только из Москвы организовано 70 радиосвязей с 30 государствами Европы, Азии, Африки и Америки, из них 35 используются для передачи телефонных сообщений, 20 — для телеграфных, 15 — для факсимильных.

На рис. 11.33 показана простейшая схема магистральной двухсторонней дуплексной радиосвязи. В данном случае источниками сигналов электросвязи являются междугородные телефонные станции МТС и телеграфные аппаратные ТА. К предприятиям «других ведомств» могут относиться, например, вещательные аппаратные Гостелерадио СССР, вычислительные центры и т. д. Сигналы электросвязи от источников поступают в радиобюро РБ, где осуществляется коммутация сигналов и ведется оперативно-техническое руководство работой передающих РС_{пер} и приемных РС_{пр}. В качестве передающих обычно используют ромбические и синфазные горизонтальные диапазонные антенны, а в качестве приемных — антенны бегущих волн.

Технические средства радиосвязи на декаметровых волнах постоянно обновляются. На действующих радиолиниях работают радиопередатчики «Пурга», «Молния», «Циклон» и радиоприемники «Брусника» и «Призма».

Радиосистемы, использующие ионосферное рассеяние радиоволн и отражение от следов метеоров

Радиосистема передачи ЕАСС, в которой используется рассеяние метровых волн на неоднородностях ионосферы, называется ионосферной системой передачи на метровых волнах. Образование ионосферных волн в метровом диапазоне (1 ... 10 м) во многом сходно с образованием тропосферных волн

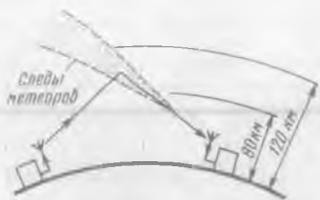
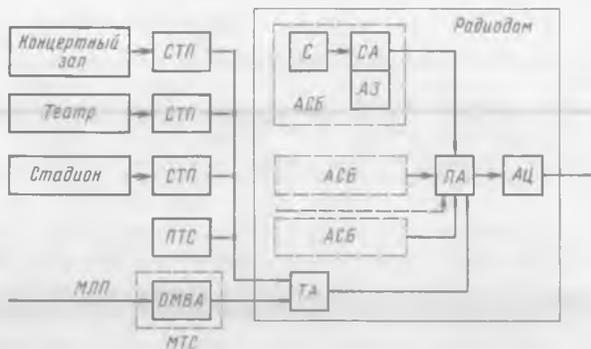


Рис. 11.34. Принцип метеорной радиосвязи

Рис. 11.35. Структурная схема центра формирования программ звукового вещания (радиодома)



(см. табл. 11.2). Разница заключается в том, что рассеяние происходит не в тропосфере, а в ионосфере на высоте 75 ... 95 км. Предельная дальность связи в этом случае 2000 ... 3000 км, наиболее подходящие частоты 40 ... 70 МГц. При ионосферном рассеянии в пункт приема приходит только ничтожная часть излучаемой энергии, что вынуждает использовать мощные радиопередатчики и большие по размеру антенны. Такие радиосистемы позволяют организовать с удовлетворительным качеством до трех телефонных каналов.

В атмосферу Земли непрерывно проникают потоки мелких космических частиц — метеоров. Большинство из них сгорает на высоте 80 ... 120 км, образуя ионизированные следы. Протяженность следа 10 ... 25 км, а время существования от 5 мс до 20 с. Радиосистемы, использующие отражение от следов метеоров, работают в диапазоне 30 ... 70 МГц.

Принцип радиосвязи с использованием отражения от метеорных следов показан на рис. 11.34. Особенность связи состоит в том, что сигнал можно передавать только в те промежутки времени, когда в соответствующей области пространства на пути распространения радиоволн появляются метеоры. Сигналы электро-связи, подлежащие передаче, сначала записываются на магнитную ленту. В момент появления пригодного для связи метеорного следа радиосигнал от радиопередающего устройства подается на вход радиоприемного устройства. Время прохождения радиосигналов при метеорной связи составляет только 2 ... 4 ч в сутки.

Обычно с помощью этих радиосистем организуется передача телеграфных сигналов, причем таких, для которых задержка в передаче не играет существенной роли.

В настоящее время метеорные радиосистемы передачи применяются для дублирования ионосферных систем передачи на декаметровых волнах в полярных широтах, для связи в метеорологической службе и некоторых других целей.

11.6. СЕТИ ВЕЩАНИЯ — ВТОРИЧНЫЕ СЕТИ ЕАСС

Формирование программ звукового вещания

Звуковая программа представляет собой последовательность отдельных передач. Каждая передача является отдельной, законченной в тематическом отношении информацией. Формирование программ является сложным технологическим процессом, включающим в себя их подготовку и выпуск. На стадии подготовки определяется содержание передачи, подбираются исполнители. Эти вопросы решаются в редакциях, специализированных по типу передач и объединенных в главные редакции, например: пропаганды, музыкального вещания, литературно-драматического вещания, информации и т. д.

Выпуск программ сводится к преобразованию звуковой информации в соответствующие электрические сигналы, которые далее передаются с помощью технических средств к индивидуальным приемным устройствам слушателей.

Рассмотрим подробнее структурную схему центра формирования программ — радиодома, показанную на рис. 11.35. Звуковая информация преобразуется в электрические сигналы в студиях С или трансляционных пунктах. Последние необходимы в тех случаях, когда в программу включаются внестудийные передачи из театра, концертного зала, стадиона и т. д. Трансляционные пункты могут быть стационарными СТП и передвижными, называемыми передвижными трансляционными станциями ПТС.

Отдельные передачи или их фрагменты могут быть подготовлены в других городах. Тогда они поступают в центр формирования программ по междугородным линиям передачи МЛП через оконечную междугородную вещательную аппаратную ОМВА, расположенную на междугородной телефонной станции МТС. Электрические сигналы, образованные в студиях и трансляционных пунктах или полученные по МЛП, поступают в аппаратные — студийные СА или трансляционные ТА. В аппаратных осуществляются контроль качества сигналов и их усиление. Студия вместе со студийной аппаратной и аппаратной записи АЗ образуют аппаратно-студийный блок АСБ. Из студийных и трансляционных аппаратных электрические сигналы приходят в программную аппаратную ПА, где программа окончательно формируется из отдельных частей. Программная аппаратная соединена с центральной аппаратной АЦ, в которой осуществляется коммутация линий, соединяющих центр формирования программ с предприятиями Министерства связи СССР, реализующими доведение электрических сигналов вещательных программ до слушателей.

Комплекс технических средств, показанный на рис. 11.35, является головным звеном всей системы звукового вещания и обра-

зует так называемый тракт формирования программ. Он начинается на выходе микрофона и заканчивается на выходе АЦ.

Комплекс различных студий и аппаратных, а также вспомогательных технических, редакционных и репетиционных помещений, не показанных на рис. 11.35, принято называть радиодомом. Наиболее крупные радиодома находятся в Москве, Ленинграде, столицах союзных республик и некоторых крупных промышленных центрах.

Звукозапись

В настоящее время 90% передач включают в программу с использованием предварительной звукозаписи. Звукозапись применяется для решения трех задач: репетиционной работы, временной и длительной консервации программ. При подготовке программы ведут ее запись, которую тут же воспроизводят, давая, таким образом, исполнителю возможность проверить свое исполнение и устранить недочеты.

Временная запись позволяет организовать передачу в удобное для слушания время суток. Например, днем происходит некоторое событие; если вести о нем репортаж сразу, то большинство населения его не услышит, поскольку многие на работе. Целесообразнее репортаж записать, а затем воспроизвести в удобное для слушателей время. Таким образом программу консервируют путем звукозаписи на несколько часов или суток.

Длительная консервация программ предусматривает ее запись с целью многократного воспроизведения в течение длительного периода времени. Таким образом удается сохранить на многие годы высокохудожественные литературно-драматические и музыкальные произведения, выступления видных политических деятелей.

В звуковом вещании в основном применяется магнитный способ записи звука. Это объясняется несомненными достоинствами записи звука на магнитную ленту: высокое качество, отсутствие промежуточных процессов обработки (фонограмма сразу готова к воспроизведению), простота механического монтажа и возможность многократного использования носителя записи. Магнитная звукозапись осуществляется с помощью магнитофонов, которые делятся на профессиональные, бытовые и специальные (диктофоны). В свою очередь, профессиональные магнитофоны могут быть студийными и переносными репортерскими. Принципы звукозаписи рассматриваются при изучении дисциплины «Электроакустика и радиовещание».

Тракты распределения программ звукового вещания

Сформированные программы доводят до слушателей в два этапа.

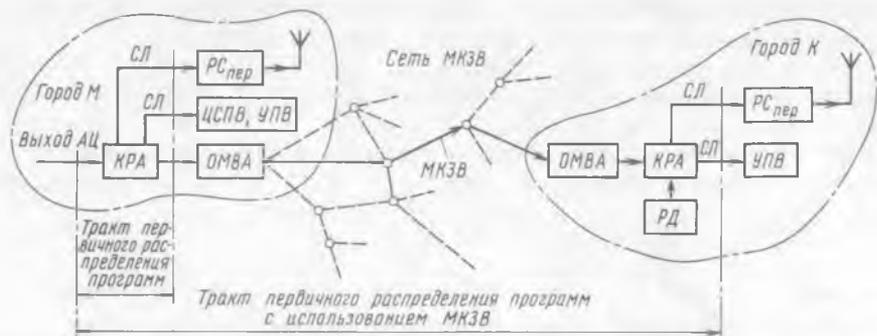


Рис. 11.36. Тракт первичного распределения программ

На первом этапе электрические сигналы подаются на вход передающих радиостанций $РС_{пер}$ или к центральным станциям ЦСПВ и узлам УПВ проводного вещания. Распределение программ между потребителями ($РС_{пер}$, ЦСПВ и УПВ) осуществляется в коммутационно-распределительной аппаратуре КРА (рис. 11.36). Программы к потребителям из КРА могут поступать непосредственно по соединительным линиям СЛ или по междугородному каналу звукового вещания МКЗВ. Технические средства, реализующие задачу распределения программ на первом этапе, образуют так называемый тракт первичного распределения программ. Междугородные каналы звукового вещания организуются с использованием каналов первичной сети ЕАСС (кабельных, радиорелейных и спутниковых).

На втором этапе электрические сигналы передаются непосредственно к абонентским устройствам. Технические средства, реализующие задачу второго этапа, составляют тракт вторичного распределения программ. Тракты формирования первичного и вторичного распределения программ образуют электрический канал звукового вещания.

Радиовещание

В звуковом вещании принято различать радиовещание и проводное вещание. Когда речь идет о радиовещании, то имеется в виду, что абоненты принимают программы с помощью индивидуальных радиоприемников. В проводном вещании программа от УПВ доводится до абонентских громкоговорителей по проводным линиям. Таким образом, электрические каналы звукового вещания в случаях радиовещания и проводного вещания отличаются лишь трактами вторичного распределения программ. В целом по стране звуковое вещание организовано по децентрализованной схеме. Централизация вещания невозможна технически и нецелесообразна. Дело в том, что у радиослушателей различных временных

поясов возникнет большое неудобство — передачи, удобные по времени для прослушивания жителями одних районов, будут неудобны жителям других районов. Нельзя забывать и о том, что в национальных многоязыковых республиках программы передаются не только на русском, но и на языке коренного населения. Все это и предопределило децентрализацию звукового вещания, в частности радиовещания.

Сеть радиовещания имеет группы мощных передающих радиостанций, отдельные группы автономных передающих радиостанций, расположенных вне зоны уверенного приема центральных станций, и местные станции в крупных административных центрах. Для уменьшения взаимных помех между станциями радиовещание организуется в различных частотных диапазонах и на разных частотах в пределах одного диапазона. В СССР радиовещание ведется в диапазонах километровых, гектометровых, декаметровых и метровых волн. Размеры зон обслуживания отдельных станций определяются, в основном, спецификой распространения радиоволн различных диапазонов и мощностью радиопередающих устройств.

В диапазоне километровых волн можно образовать зону обслуживания с радиусом 1500 ... 2000 км. В этом диапазоне работают станции центрального и республиканского вещания. В диапазоне гектометровых волн удастся создать зону обслуживания одной станции с радиусом 300 ... 500 км для передачи программ центрального, республиканского и областного вещания. На декаметровых волнах организуется вещание на другие страны (иновещание), а также центральное, республиканское и областное вещание в удаленные районы страны. Это объясняется спецификой распространения декаметровых волн (см. § 11.1). В метровом диапазоне волн зона обслуживания радиостанции обычно не превышает 50 ... 60 км. На этих волнах ведутся передачи программ центрального, республиканского и областного вещания.

Для работы каждой радиостанции требуется определенная полоса частот. В отведенных для радиовещания участках диапазона частот можно выделить весьма ограниченное число таких полос (каналов). Многие станции работают в одной полосе частот, в так называемых совмещенных частотных каналах. С целью уменьшения взаимных помех предусматривается соответствующий пространственный разнос станций, работающих в совмещенных частотных каналах. Проблема острой нехватки частотных каналов в диапазонах километровых и гектометровых волн разрешается за счет работы в общем частотном канале станций, передающих одну программу. При этом передача со всех станций ведется со строгой синхронизацией несущих частот; сеть таких радиостанций называется синхронной. В СССР организовано около 40 синхронных сетей звукового вещания.

Проводное вещание

На сегодняшний день все города и практически все сельские населенные пункты охвачены проводным вещанием. Получение вещательной программы по проводам стало обычной коммунальной услугой любой квартиры. Столь широкое распространение проводного вещания объясняется такими его технико-экономическими показателями как простота конструкции, высокая надежность и низкая стоимость абонентского устройства — громкоговорителя, высокое качество подачи программ ввиду практически полного отсутствия помех, а также возможность организации местного вещания. Проводное вещание и радиовещание развиваются в СССР в экономически оправданных разумных пропорциях, дополняя друг друга.

На рис. 11.37 приведена схема организации проводного вещания в городах с числом жителей более 250 тыс. Вся территория города делится на районы, в каждом из которых сооружается опорная усилительная станция ОУС, получающая вещательную программу от центральной станции проводного вещания ЦСПВ. Каждая ОУС подает программу в магистральный фидер МФ — линию с высоким напряжением (480 ... 960 В). Магистральный фидер питает через трансформаторную подстанцию ТП несколько распределительных фидеров РФ. Напряжение в РФ от 60 до 240 В. От распределительного фидера через абонентские трансформаторы АТ осуществляется питание абонентских линий АЛ, к которым подключены абонентские устройства АУ — громкоговорители. Таким образом, приведенная схема является трехзвенной: первое звено — АЛ, второе — РФ, третье — МФ.

В городах с населением до 100 тыс. человек и числом абонентов 20 ... 25 тыс. практикуется строительство двухзвенных сетей (без МФ и ТП). На маломощных УПВ с небольшой нагрузкой, распределенной в непосредственной близости от станции (до 1 км), схема проводного вещания обычно однозвенная (без МФ и РФ).

В сельской местности представляется перспективным создание сети управляемых автоматизированных радиотрансляционных

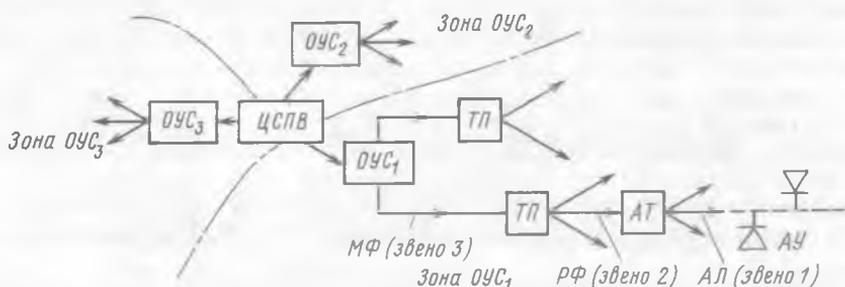


Рис. 11.37. Схема организации проводного вещания

узлов АРТУ, получающих программу по радиолиниям в метровом диапазоне волн. В одном районе создается несколько АРТУ и один обслуживаемый УПВ. Распределительная сеть, как правило, двухзвенная. Начиная с 1962 г. проводное вещание постепенно переводится на одновременную передачу трех программ. Возможность выбора программы содействует не только росту популярности вещания у населения страны, но и является решением важной социально-политической задачи.

Телевизионное вещание

Общие сведения. Телевизионное (ТВ) вещание является видом электросвязи, обеспечивающим производство информационных, художественных, познавательных и других программ и передачу их с помощью вещательного телевидения. Вещательным телевидением называется передача и получение на расстоянии изображений движущихся или неподвижных объектов электрическими средствами со звуковым сопровождением для массовой аудитории зрителей.

В основе телевизионной передачи и приема изображения лежат три физических процесса:

преобразование световой (лучистой) энергии, отраженной от объекта передачи, в электрический сигнал;

передача и прием электрических сигналов по каналу связи;

преобразование электрических сигналов в световые импульсы, воссоздающие оптическое изображение объекта. Идея этого метода оказалась столь прогрессивной, что она и до наших дней составляет один из основных принципов современного телевидения.

Для получения телевизионного сигнала, передаваемого в канал связи, применяется электронный преобразователь световой энергии в сигнал, например, передающая телевизионная трубка. В приемнике (телевизоре) применяется преобразователь сигнала в световые импульсы, на экране которого образуется телевизионное изображение передаваемого объекта. Такой преобразователь в телевизоре представляет собой электроннолучевую трубку, называемую кинескопом. Принцип преобразования светового потока в электрический сигнал и обратно рассматривался в гл. 5.

Сеть ТВ вещания образуется совокупностью всех телевизионных центров ТЦ, радиотелевизионных передающих станций РТПС, телевизионных ретрансляторов ТР, линий передачи телевизионных программ к РТПС, ТР и всех телевизионных приемников.

Программы Центрального ТВ вещания, предназначенные для передачи по всей территории СССР, формируются в Москве. Республиканские, краевые и областные программы формируются в соответствующих административных центрах.

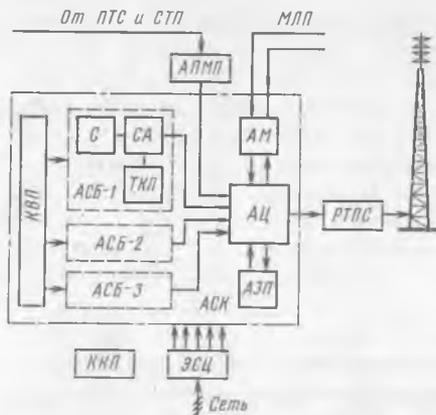


Рис. 11.38. Структурная схема телецентра

Территория страны разделена на пять вещательных поясов с временной разницей между восточной и западной границами в 2 ч. Специально разработанная технология подачи программ позволяет населению, живущему на территории разных временных поясов, получать ТВ программы в удобное для себя время.

Структура телевизионного центра. Телевизионным центром ТЦ принято называть программную телевизионную станцию. Структурная схема трехпрограммного ТЦ приведена на рис. 11.38. В его состав входят:

аппаратно-студийный комплекс АСК; аппаратная приема местных программ АМП от передвижных телевизионных станций ПТС и стационарных трансляционных пунктов СТП; комплекс кинопроизводства КВП и электросилового цех ЭСЦ.

Важнейшим звеном ТЦ является АСК, состоящий из нескольких (в данном случае трех) аппаратно-студийных блоков АСБ с постановочными и дикторскими студиями С, телекинопроекционной ТКП и студийной аппаратной СА; междугородной аппаратной АМ; аппаратной записи программ АЗП; центральной аппаратной АЦ; комплекса вспомогательных помещений КВП. Каждый АСБ может создавать полную ТВ программу.

Рассмотрим в общих чертах процесс формирования программы. Электрические сигналы с выхода студийных передающих ТВ камер или из ТКП поступают в СА, откуда после специальной обработки подаются в АЦ. Туда же поступают сигналы из АМ от ТЦ других городов, из АМП от ПТС и СТП, расположенных в местах актуальных передач (вокзалы, стадионы, театры и т. д.), а также из АЗП. Из АЦ электрические сигналы, соответствующие ТВ программе, подаются на вход РТПС. Задача РТПС заключается в преобразовании этих сигналов в радиочастотные и излучении последних через передающую антенну, расположенную на телевизионной башне. Из АЦ электрические сигналы поступают также в АМ для передачи по междугородным линиям передачи МЛП к РТПС других городов и в АЗП для записи программы на магнитную ленту.

В состав КВП входят: репетиционные, костюмерные, декорационные, осветительные, помещения для хранения передающих ТВ камер и музыкальных инструментов.

Съемка, проявление, монтаж и тиражирование ТВ кинофильмов

осуществляется в ККП. Обеспечение всех служб ТЦ электроэнергией ведется через ЭСЦ.

Видеозапись. В телевизионном вещании широко применяется запись телевизионного сигнала на магнитную ленту. Студийные видеомагнитофоны были созданы в 60-х годах. Возможность вести монтаж, повторную запись неудачных эпизодов, т. е. использовать приемы, давно уже отработанные в кино, открыли телережиссерам неограниченный простор. На телецентрах стали создавать видеотеки («библиотеки») наиболее интересных программ, а зрители различных районов страны получили возможность смотреть телепередачи в удобное для них время.

В начале 70-х годов появились портативные бытовые видеомагнитофоны, что позволило их владельцам составлять домашнюю видеотеку. Уже сейчас бытовой видеомагнитофон может считаться весьма совершенным аппаратом, характеристики которого близки к предельным. Videомагнитофон становится все более удобным в обращении, а его функциональные возможности постоянно расширяются при сокращении габаритных размеров.

Параллельно с совершенствованием видеомагнитофонов с 60-х годов велась разработка систем записи изображений на диски. На один такой диск можно записать количество информации, равное содержанию нескольких томов книг по различным отраслям науки и техники.

Сеть телевизионного вещания. Сеть телевизионного вещания СССР — самая разветвленная и одна из крупнейших в мире. Сегодня считается совершенно естественным, что в любом городе страны можно смотреть не только местные, но и московские передачи, а также телевизионные репортажи с других континентов. За этим

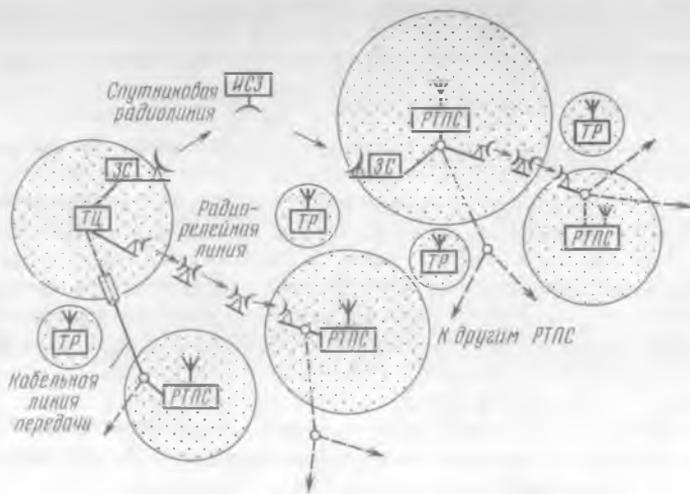


Рис. 11.39. Организация телевизионного вещания

привычным явлением стоят впечатляющие цифры: около 7000 передающих телевизионных станций, соединенных сотнями тысяч километров каналов кабельных, радиорелейных и спутниковых систем передачи, 95 миллионов телевизоров, в том числе до 20 миллионов цветных.

Принцип распределения программы ТВ вещания по территории страны представлен на рис. 11.39. Сформированные ТВ программы по магистральным линиям ЕАСС доводятся до каждого республиканского, краевого и областного центра. Внутрizonовые линии связывают все города и крупные населенные пункты с центром зоны и между собой. Площади обслуживания показаны на рис. 11.39 в виде кругов. Радиус действия РТПС в силу специфики распространения радиоволн метрового и дециметрового диапазонов незначительно превышает расстояние прямой видимости между передающей и приемной антеннами. Это расстояние зависит в основном от высоты подъема антенн над поверхностью земли. В случае использования типовых опор высотой 250 и 350 м и телевизионных радиопередатчиков мощностью 5, 25 и 50 кВт радиус зоны уверенного приема составляет 60...100 км. Именно поэтому для повсеместного приема программ телевидения необходимо сооружать большое число радиопередающих станций, отстоящих друг от друга на расстоянии 100...150 км. Для обслуживания небольших зон с радиусом 2...15 км широко применяются маломощные РТПС — телевизионные ретрансляторы ТР. Благодаря применению высокоподнятых антенн и специальных приемных устройств ТР могут устанавливаться за зоной уверенного приема ретранслируемой станции, где непосредственный прием на обычные телевизионные приемники невозможен. Успешно применяются ТР для создания нормальных условий приема в так называемых «теневых зонах» действия мощных РТПС. Нашли широкое распространение ТР, принимающие сигналы, передаваемые через ИСЗ.

Кабельное телевидение. Во всех городах произошел переход от схемы «антенна — соединительный кабель — телевизор» к схеме «коллективная антенна — распределительная сеть на подъезд или дом — телевизор». Получают развитие кабельные сети с одной антенной, устанавливаемой в точке, где обеспечивается прием ТВ сигнала без искажений. Такие сети объединяют несколько домов, группы домов и целые районы. Необходимость их создания вызвана разнэтажным характером застройки городов. Дело в том, что отдельные дома, а иногда и целые микрорайоны оказываются в «теневой зоне» мощной РТПС, т. е. экранируются высотными постройками. Большие распределительные сети получили название систем кабельного телевидения. В некоторых случаях сигналы в такую сеть могут подаваться не из антенны, а непосредственно от источника программ по специальным линиям связи. Особенно перспективными в этом плане представляются волоконно-оптические линии связи.

Только в Москве работает более 800 систем кабельного телевидения, некоторые из которых обслуживают по несколько тысяч абонентов.

11.7. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАДИОСВЯЗИ, ЗВУКОВОГО И ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ

Место радиосредств в ЕАСС

Создаваемая Единая автоматизированная сеть связи страны охватывает всю территорию СССР, включает в себя все проводные и радиолинии, объединяет все сети связи страны. Надежно и устойчиво функционирующая сеть связи позволит обеспечить быстрое (автоматическое) соединение абонентов в любых пунктах страны.

Линии радиосвязи по их месту в первичной сети делятся на магистральные, зональные и местные. На основе проводных и радиоканалов первичной сети образованы вторичные сети ЕАСС, в том числе сети звукового и телевизионного вещания.

Основными отличительными особенностями радиосвязи, определяющими ее роль и место в ЕАСС, являются: возможность организации связи со сколь угодно большим количеством корреспондентов; связь с движущимися объектами; большая гибкость в организации связи, чем у проводных средств; более простое преодоление естественных препятствий (рек, морей, гор и т. п.); возможность организации ненаправленной связи (для передачи программ вещания и так называемых циркулярных передач). Радиосредства широко применяются для резервирования проводных линий ЕАСС.

Совершенствование радиорелейных и спутниковых систем передачи

Развитие радиорелейной техники характеризуется широким применением микроэлектроники во всех звеньях аппаратуры и рядом новых схемных решений. Это позволило значительно снизить потребляемую мощность, повысить надежность аппаратуры, улучшить качественные показатели и стабильность характеристик.

В последнее время много внимания уделяется созданию цифровых радиорелейных систем передачи для всех участков ЕАСС. Из отечественных систем необходимо упомянуть такие, как «Пихта-2» для местной связи, «Электроника — Связь 11Ц» для внутризоновой и «Ракита-8» для магистральной и внутризоновой связи. Представляет интерес организация передачи сигналов в цифро-

вой форме по аналоговым системам передачи. Для такого вида передачи разработано специальное согласующее устройство.

Дальнейшее развитие техники радиорелейных систем передачи связано с созданием новых магистральных систем большой емкости, в частности цифровых в диапазоне 11 ГГц. Для внутризоновых линий ЕАСС будет разработано новое семейство цифровой и аналоговой аппаратуры в диапазоне 8 ГГц. Будут созданы новые цифровые системы для местной связи, как в традиционных частотных диапазонах, так и в диапазонах 13 и 15 ГГц.

В последние годы во всех развитых странах мира пересматривается роль тропосферных средств связи. Если ранее тропосферные радиолинии использовались в основном как магистральные средства связи, то в настоящее время при наличии развитых спутниковых систем с большой пропускной способностью они выступают в качестве резервных линий, а также средств внутризоновой и местной связи. Большой интерес проявляется к различным модификациям мобильных тропосферных радиорелейных систем передачи, используемых для ведомственной связи.

Развитие спутниковых систем прогнозируется в направлении увеличения пропускной способности бортовых ретрансляторов ИСЗ до 25...30 тыс. телефонных каналов, что позволит полнее реализовать идею работы большого числа земных станций через один ИСЗ. Применение на ИСЗ высоконаправленных антенн в сочетании со специальными методами обработки сигналов даст возможность повысить концентрацию энергии излучения ретранслятора в направлении земных станций. Это позволит применять антенны размером менее 1 м на земных станциях, а в дальнейшем размещать земные станции в автомашинах и даже портфелях.

Полная автоматизация обслуживания и управления земными станциями приведет к тому, что они будут модифицированы в необслуживаемые автоматические терминалы, устанавливаемые на предприятиях связи, в частности на междугородных телефонных станциях, непосредственно на крышах зданий государственных учреждений.

Перспективы развития звукового и телевизионного вещания

Первоочередными задачами в области вещания на ближайшие годы остаются охват вещанием всего населения страны, увеличение числа и повышение качества программ звукового и телевизионного вещания в каждом населенном пункте на территории страны. Решение этих задач связано с реализацией определенной технической политики в области всех звеньев вещания, начиная от подготовки и выпуска программ и заканчивая сетью приемных устройств.

Одной из тенденций технической политики формирования программ является автоматизация этого процесса. Она должна коснуться в первую очередь тех операций, которые носят однообразный, повторяющийся характер, утомительный для обслуживающего персонала. Автоматизация связана с широким применением микропроцессорной техники.

Не вызывает сомнения перспективность дальнейшего развития радиовещания на метровых волнах. Это следует из необходимости расширения зоны высококачественного приема моно- и стереофонического вещания. Качество вещания в значительной мере определяется способом передачи. Стереофонический способ вещания предполагает передачу звука из одного помещения (первичного) в другое (вторичное) с сохранением стереоэффекта, искусственно создаваемого у слушателя, находящегося во вторичном помещении, впечатления присутствия в звуковом поле первичного помещения. Стереофонические передачи дают новое качество звучания и имеют неоспоримые преимущества перед монофоническими.

Для обслуживания огромного парка переносных и автомобильных радиоприемников будут развиваться синхронные сети для радиопередачи на гектометровых волнах. Учитывая огромные размеры территории нашей страны, не снята с повестки дня программа строительства мощных передающих радиовещательных станций в диапазоне километровых волн.

Все большая загрузка радиовещательных диапазонов делает объективно необходимым дальнейшее развитие проводного вещания, в первую очередь многопрограммного. Оно будет развиваться высокими темпами, охватывая не только города, но и райцентры. Представляется перспективным, особенно если учитывать значительное развитие телефонной сети, развитие комбинированных сетей проводного вещания с использованием абонентских телефонных линий. В дальнейшем при хорошо развитых больших телевизионных кабельных системах последние можно будет использовать для проводного вещания.

Важнейшим направлением развития телевизионного вещания будет совершенствование передающих телевизионных станций и развитие сети каналов подачи программ к станциям. Совершенствование станций идет в первую очередь по пути увеличения числа одновременно транслируемых программ и повышения их качества. Развитие сети каналов подачи программ будет осуществляться за счет применения действующих систем типа «Москва», «Экран» и создания новых систем, в том числе работающих в диапазоне 12 ГГц.

Основное направление развития телевизионной техники — переход к цифровому телевидению, хотя уже сегодня цифровая техника используется в телевизионном тракте. Цифровой сигнал имеет ряд решающих достоинств, в частности позволяет резко улучшить

качество и стабильность изображения. В дальнейшем основные узлы телевизоров будут решены на сверхбольших интегральных схемах. Всеми цифровыми устройствами будет управлять микро-ЭВМ, на которую также будет возложена функция авторегулировки телевизора.

Еще одно новшество — резкое увеличение размера экрана при повышении четкости изображения. Наиболее естественное изображение может быть достигнуто с помощью телевизионных систем, использующих принцип голографии, но пока не найдены приемлемые пути решения ряда задач.

Более близким техническим новшеством станет переход к стереофоническому звуковому сопровождению. Со временем телевизор будет все шире использоваться для телеигр, воспроизведения видеозаписей, текстовой справочной информации, получаемой из банка данных по телефонной линии (видеотекст), в качестве дисплея персонального компьютера и т. д. Таким образом, телевизор станет многофункциональным домашним информационным устройством.

11.8. КВАЛИФИКАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИНЖЕНЕРА РАДИОСВЯЗИ, РАДИОВЕЩАНИЯ И ТЕЛЕВИДЕНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 2307 «РАДИОСВЯЗЬ, РАДИОВЕЩАНИЕ И ТЕЛЕВИДЕНИЕ»

Квалификационная характеристика устанавливает профессиональное назначение инженеров по специальности 2307 «Радиосвязь, радиовещание и телевидение», выпускаемых высшей школой по дневной, вечерней и заочной формам обучения, а также квалификационные требования, предъявляемые к ним.

Специалист подготовлен для производственной, организационно-управленческой, проектной и исследовательской деятельности в области разработки и эксплуатации устройств и систем наземной и космической радиосвязи и радиовещания, вещательного и прикладного телевидения в различных диапазонах волн, включая оптический. Он предназначен для работы на предприятиях связи и других отраслей народного хозяйства и культуры, в научных, конструкторских и проектных организациях в первичных должностях, предусмотренных типовыми номенклатурами должностей для замещения специалистами с высшим образованием.

Советский специалист должен иметь высокий уровень профессиональной подготовки, обладать хорошим знанием основ марксистско-ленинского учения, широкой эрудицией и культурой, активно проводить в жизнь политику КПСС и правительства, обладать высокими гражданскими и нравственными качествами, ответственно относиться к порученному делу, стоять на страже общественных интересов, быть готовым к защите социалистической Родины.

Специалист должен сочетать широкую фундаментальную научную и практическую подготовку, в совершенстве владеть своей специальностью, непрерывно пополнять свои знания, расширять общественно-политический кругозор, уметь применять научную организацию труда, владеть передовыми методами управления трудовыми коллективами в условиях усиления роли хозрасчетных принципов хозяйствования, навыками политико-воспитательной работы среди трудящихся.

Специалист должен знать:

основы общетеоретических дисциплин в объеме, необходимом для решения производственных, проектных и исследовательских задач;

инженерные дисциплины, обеспечивающие базовую подготовку инженеров радиосвязи, радиовещания и телевидения, в том числе: инженерную графику; радиотехнические материалы и компоненты; электронные и квантовые приборы; техническую электродинамику; принципы распространения звуковых волн и электроакустику; теорию электрических цепей; теорию передачи сигналов; цифровые методы передачи и обработки сигналов; основы микроэлектроники; основы применения вычислительной и микропроцессорной техники для решения инженерных, исследовательских и экономических задач;

теоретические основы специальных дисциплин; принципы работы, проектирования (включая автоматизированное) и создания устройств, используемых в системах наземной и космической радиосвязи, радиовещания, вещательного и прикладного телевидения, оптической передачи и обработки информации с учетом электромагнитной совместимости (ЭМС); приемно-усилительные и радиопередающие устройства; антенно-фидерные устройства и системы; вопросы электропитания устройств связи; принципы построения ЕАСС;

основные эксплуатационно-технические характеристики, методы и правила технической эксплуатации радиопередающих, приемно-усилительных и антенно-фидерных устройств, систем радиосвязи и станций наземных и космических линий связи с учетом ЭМС; пути оптимизации аппаратуры и системы наземной и космической радиосвязи, радио- и телевизионного вещания; аналоговые и цифровые системы первичного и вторичного распределения программ вещания и телевидения по наземным и космическим линиям, особенности их технической эксплуатации; способы объективной и субъективной оценки качества работы систем радиосвязи, радио- и телевизионного вещания; автоматизированные системы управления названными средствами и устройствами на основе ЭВМ и микропроцессорных устройств;

технику измерений качественных показателей и параметров средств наземной и космической радиосвязи, радиовещания, вещательного и прикладного телевидения; основные направления и перспективы развития отрасли; методы проведения научных исследований по профилю специальности;

экономику отрасли; основы организации, планирования и управления предприятиями и качеством продукции в условиях усиления роли хозрасчетных принципов хозяйствования; вопросы охраны труда и окружающей среды; основы советского права, патентоведения и научной организации труда.

Специалист должен уметь:

проектировать и внедрять в эксплуатацию устройства и системы наземной и космической радиосвязи, звукового и телевизионного вещания, а также аппаратуру звукоусиления и радиообслуживания; осуществлять их наладку и регули-

ровку, эксплуатировать названные устройства и системы, контролируя их работу и устраняя возникающие неисправности; обеспечивать высокую надежность применяемых технических средств; организовывать ремонтное обслуживание аппаратуры и систем;

составлять технические задания на разработку и модернизацию средств радиосвязи и вещания; измерять основные эксплуатационно-технические характеристики устройств и систем, обрабатывать полученные результаты;

выполнять научные исследования по профилю специальности; использовать автоматизированные системы научных исследований и системы автоматизированного проектирования аппаратуры на базе современной вычислительной и микропроцессорной техники;

рассчитывать технико-экономическую эффективность внедряемых проектных и конструкторских решений; применять автоматизированные системы управления предприятиями связи; анализировать производственно-хозяйственную деятельность предприятий радиосвязи, радиовещания и телевидения в условиях усиления роли хозрасчетных принципов хозяйствования;

самостоятельно принимать решения; разрабатывать и вести техническую документацию; устанавливать благоприятный социально-психологический климат в трудовом коллективе, организовывать социалистическое соревнование и повышение квалификации рабочих и инженерно-технических работников; способствовать развитию рационализаторского движения;

осуществлять мероприятия по предотвращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний, по охране окружающей среды;

владеть рациональными приемами поиска и использования научно-технической информации.

Глава 12. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

12.1. ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Причины и степень поражения человека электрическим током

Электрический ток поражает человека при образовании электрической цепи через его тело. Причин поражения несколько. Наиболее очевидной из них является прикосновение: к токоведущим частям, находящимся под напряжением; отключенным токоведущим частям, на которых остался заряд или появилось напряжение в результате ошибочного включения; к металлическим нетоковедущим частям электроустановок после перехода на них напряжения с токоведущих частей. Причиной поражения может явиться напряжение шага при нахождении человека в зоне растекания тока при его замыкании на землю. Напряжением шага называется напряжение между двумя точками, находящимися одна от другой на расстоянии

шага на поверхности земли в зоне растекания тока. Замыкание на землю может произойти из-за повреждения изоляции, возникновения контакта между токоведущими и заземленными частями электрооборудования, падения на землю оборванного провода, находящегося под напряжением. Кроме того, может быть поражение электрической дугой, которая образуется между частями оборудования, находящегося под напряжением свыше 1000 В, и человеком при приближении его к этим частям на недопустимо малое расстояние.

Степень поражения электрическим током зависит от рода и силы тока, продолжительности его действия, а также от пути прохождения в теле человека. Сила тока в основном зависит от электрического сопротивления тела человека, которое, в свою очередь, зависит от состояния кожи (целостности, чистоты, влажности), площади соприкосновения с электродом и плотности контакта с ним.

Электрический ток промышленной частоты 50 Гц вызывает при прохождении через организм человека ощутимые раздражения, если его сила 0,6...1,5 мА. Постоянный ток ощутим при величине 5...7 мА. Переменный ток 10 мА и постоянный ток 60...80 мА вызывают при прохождении через организм непреодолимые судорожные сокращения мышц; человек при этом не в состоянии самостоятельно освободиться от токонесущего проводника. При больших значениях тока парализуются руки, затрудняется дыхание. При переменном токе 100 мА и более прекращается работа легких и сердца, причем поражение наступает через 2...3 с после начала воздействия тока.

Исход поражения электрическим током существенно зависит от пути, по которому ток проходит через тело человека. Наиболее опасными являются пути прохождения тока «голова — руки» и «голова — ноги», так как при этом ток поражает головной и спинной мозг.

Оказание первой помощи при поражении человека электрическим током

При несчастных случаях, вызванных поражением электрическим током, необходимо, не теряя ни секунды, освободить пострадавшего от действия тока путем отключения электроустановки, которой касается пострадавший. Если нет такой возможности, необходимо освободить пострадавшего от токоведущих частей, которых он касается. От токопроводящих частей электроустановок напряжением до 400 В пострадавшего можно оттянуть, взявшись за его одежду, если она сухая и отстает от тела, или воспользовавшись сухой палкой или доской. В некоторых случаях можно попытаться перекусить провод инструментом с изолированной рукояткой или перерубить его топором с деревянной ручкой. От токопроводящих частей электроустановок напряжением более 400 В пострадавшего следует освобождать с помощью специальной изолирующей штанги, предварительно надев диэлектрические перчатки и боты.

Сразу после освобождения от действия тока пострадавшему необходимо оказать первую (доврачебную) помощь. Приемы оказания помощи очень просты, эффективны и доступны людям, не имеющим медицинского образования.

Прежде всего пострадавшего следует уложить на жесткую поверхность и определить его состояние. Если пострадавший в сознании, но до этого был в состоянии обморока, то ему следует обеспечить приток свежего воздуха и полный покой до

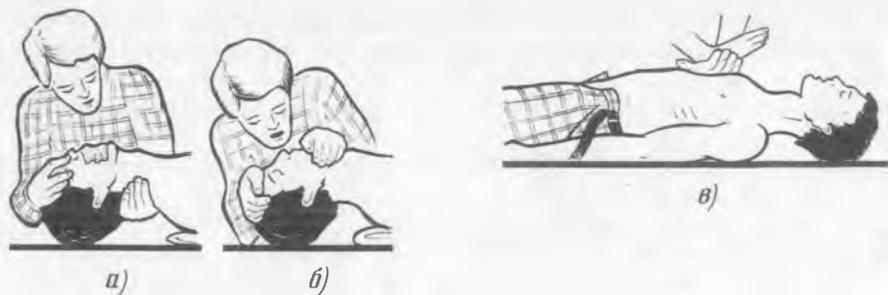


Рис. 12.1. Искусственное дыхание способами «изо рта в рот» (а), «изо рта в нос» (б) и непрямой массаж сердца (в)

прибытия врача, который должен быть вызван немедленно. Если пострадавший без сознания, то нужно попытаться привести его в сознание, давая нюхать нашатырный спирт, а при отсутствии спирта обрызгивая лицо пострадавшего водой. В тех случаях, когда пострадавший дышит редко и судорожно или вовсе не дышит, отсутствует сердцебиение и пульс, болевые раздражения не вызывают реакции и зрачки глаз расширены, необходимо делать искусственное дыхание и непрямой массаж сердца.

Наиболее эффективным способом искусственного дыхания является способ «изо рта в рот» (рис. 12.1, а) или «изо рта в нос» (рис. 12.1, б), заключающийся в том, что оказывающий помощь вдует воздух из своих легких в легкие пострадавшего через рот или нос. Вдувание следует производить через марлю, носовой платок или какую-нибудь неплотную ткань — это уменьшает возможность взаимной передачи инфекции.

Пострадавший должен лежать на спине на жесткой поверхности. Пояс и другие вещи, стесняющие тело, должны быть расстегнуты. Встав на колени, оказывающий помощь запрокидывает голову пострадавшего назад, очищает рот от слизи и возможных посторонних предметов. Сделав глубокий вдох, оказывающий помощь плотно прикладывает через платок рот к рту пострадавшего, зажимает ему нос и 10...12 раз в минуту вдует воздух в рот.

Одновременно с искусственным дыханием для поддержания кровообращения проводят непрямой массаж сердца. Для массажа сердца оказывающий помощь встает рядом с пострадавшим, накладывает одну руку на другую (рис. 12.1, в) и ритмично, толчками (примерно 1 раз в секунду) надавливает на нижнюю треть левой грудины пострадавшего, стараясь прижать ее к позвоночнику. После толчка грудной клетке пострадавшего дается возможность расправиться. Через 4 ... 6 толчков делается пауза на 2 с для того, чтобы сделать пострадавшему искусственный вдох.

Следует помнить, что непрямой массаж сердца — это не поглаживание или растирание кожи груди, а достаточно сильное, ритмичное и регулярное сдавливание грудной клетки, ведь каждый толчок должен заставить сократиться и расслабиться сердце, которое в это время не работает самостоятельно.

Искусственное дыхание и массаж сердца следует делать до полного восстановления дыхания пострадавшего и начала работы сердца или до прибытия врача.

12.2. МЕРЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Защита от прикосновения к токоведущим частям электроустановок обеспечивается: изоляцией, ограждением, блокировкой, электрозащитными средствами, сигнализацией и плакатами.

Регулярный контроль состояния изоляции приборов является одной из основных мер защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током. Контроль осуществляется с помощью специального прибора — мегомметра.

Ограждения, которые могут быть сплошными и сетчатыми, позволяют избежать случайного касания токоведущих частей.

Блокировка позволяет снять напряжение с токоведущих частей электроустановок при приближении к ним без предварительного отключения электроустановки.

К электрозащитным средствам относятся изолирующие средства: штанги, клещи, диэлектрические перчатки, рукавицы, боты, галоши, коврики, дорожки, изолирующие подставки. Электрозащитные средства периодически подвергаются испытаниям на электрическую и механическую прочность.

Сигнализация осуществляется с помощью ламп накаливания или неоновых ламп. С их помощью привлекается внимание работающих и предупреждаются их неправильные действия при обслуживании электроустановок.

Важное значение в обеспечении электробезопасности играют плакаты, которые могут быть запрещающими («Не включать — работают люди»), предупреждающими («Стой — опасно для жизни» или «Стой — высокое напряжение») и разрешающими («Работай здесь»).

Для исключения электрических травм, которые могут быть вызваны при касании человеком металлических конструкций или корпусов электрооборудования, оказавшихся под напряжением вследствие повреждения изоляции, применяется защитное заземление — преднамеренное соединение с землей металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Такое соединение осуществляется заземляющими проводниками и заземлителями.

Большую опасность для человека представляет переход высокого напряжения в сеть низкого напряжения. Переход напряжения может произойти при неправильном соединении обмоток различных напряжений в трансформаторе или при пробое изоляции обмоток.

Эффективным средством защиты от появления опасного напряжения на частях электрооборудования является защитное отключение — быстродействующая защита, обеспечивающая отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения током.

12.3. ОХРАНА ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СВЯЗИ

Предупреждение травматизма и профессиональных заболеваний основано на глубоком знании вопросов охраны труда работающих на предприятии. Такие знания достигаются систематическим изучением и пропагандой безопасных методов работы и производственной санитарии путем инструктирования (устного и письменного);

обучения в рамках повышения квалификации; массово-разъяснительной работы (устной, наглядной, печатной); мероприятий общего порядка (консультаций и др.).

Все работы, связанные с эксплуатацией электрооборудования, могут проводиться обслуживающим персоналом в возрасте не моложе 18 лет. Каждый поступающий на работу, связанную с обслуживанием электроустановок, в обязательном порядке проходит вводный инструктаж, цель которого — ознакомление с безопасными методами труда. Кроме вводного проводится дополнительный инструктаж непосредственно на рабочем месте. Пригодность лиц к обслуживанию электроустановок с точки зрения здоровья определяется медицинскими работниками.

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ на электроустановках, являются: разрешение на работу путем оформления наряда или распоряжения; оформление допуска; надзор во время работы; оформление перерывов в работе и переходов на другое рабочее место; оформление окончания работ. Игнорирование или невыполнение даже отдельных организационных мероприятий может и часто приводит к тяжелым последствиям для работающих на электроустановках.

12.4. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Деятельность человека породила глобальную проблему современности, так называемую экологическую проблему — проблему взаимоотношений природы и человеческого общества. Проблема охраны окружающей среды, являясь частью экологической проблемы, охватывает не только чисто физические стороны, но и социальные аспекты, т. е. учитывает взаимоотношения между естественной средой, ее биологическими компонентами и социальными факторами.

Вмешательство человека в природу в настоящее время достигло такого уровня, что планируемое производство материальных благ порой влечет за собой появление губительных эффектов по отношению к природе в таких масштабах, что возникает вопрос о сохранении всего живого на нашей планете, включая и самого человека.

Предприятия электросвязи в отличие от химических, металлургических, целлюлозно-бумажных и других подобных предприятий сравнительно мало воздействуют на окружающую среду. Однако в ходе их сооружения возможны случаи нарушения экологического баланса на отдельных, хотя и незначительных площадях поверхности земли. Многие предприятия, эксплуатирующие радиосистемы передачи, являются источником электромагнитных полей, охватывающих большие пространства и отрицательно воздействующих на биосферу.

Уже на стадии проектирования предприятий и сооружений связи предусматриваются рациональные средства защиты окружающей среды от загрязнения. В каждом проекте обязательны обоснования и расчеты по утилизации элементов, содержащихся в сточных водах и выбросах в атмосферу, их очистке и обезвреживанию. Обязательными являются меры по восстановлению земельных участков с целью их приведения в состояние, пригодное для дальнейшего использования в сельском хозяйстве.

Предприятия, являющиеся источником мощного электромагнитного излучения, отделяют от жилой застройки санитарно-защитными зонами. Форма и границы этих зон определяются в основном используемыми техническими средствами предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зиновьев А. Л., Филиппов Л. А. Введение в специальность радиоинженера: Учеб. пособие.— М.: Высшая школа, 1983.— 176 с.
2. Лосев А. К. Введение в специальность «Радиотехника»: Учеб. пособие.— М.: Высшая школа, 1980.— 240 с.
3. Давыдов Г. Б. Информация и сети связи.— М.: Наука, 1984.— 128 с.
4. Жаботинский М. Е. Связь будущего.— М.: Знание, 1982.— 64 с.
5. Шарле Д. Л. По всему земному шару: Прошлое, настоящее и будущее кабелей связи.— М.: Радио и связь, 1985.— 320 с.
6. Добровольский Е. Е. Развитие и совершенствование радиосвязи, радиовещания и телевидения.— М.: Связь, 1978.— 104 с.
7. Самарин М. С. Город с городом, страна со страной.— М.: Радио и связь, 1983.— 168 с.
8. Захарова Н. В. Телефон и телеграф. Что Вы знаете о них? — М.: Связь, 1975.— 142 с.
9. Марценицен С. И., Новиков В. В. 150 лет отечественному телеграфу.— М.: Радио и связь, 1982.— 152 с.
10. Дурнев В. Г., Стандрик В. Д. Основы построения систем передачи ЕАСС.— М.: Радио и связь, 1985.— 208 с.
11. Давыдов Г. Б. Электросвязь на пороге нового века.— М.: Знание, 1986.— 64 с.— (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Радиоэлектроника и связь», № 9).
12. Романов В. В., Кубанов В. П. Системы и сети электросвязи.— М.: Радио и связь, 1987.— 292 с.



СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
РАЗДЕЛ 1. ИНСТИТУТ И СТУДЕНТ	4
Глава 1. Институт	4
1.1. Структура института	4
1.2. Учебный план	5
1.3. Организация учебного процесса	6
1.4. Контроль работы и знаний студентов	7
Глава 2. Работа студентов на аудиторных занятиях	9
2.1. Как слушать и конспектировать лекции	9
2.2. Практические и семинарские занятия	10
2.3. Работа в лабораториях	11
Глава 3. Самостоятельная работа студентов	12
3.1. Планирование и организация самостоятельной работы студентов	12
3.2. Учет индивидуальных особенностей	14
3.3. Гигиена умственного труда	17
3.4. Работа с книгой	19
3.5. Подготовка к экзаменам	21
Глава 4. Взаимоотношения государства и студентов	22
4.1. Забота государства о студентах	22
4.2. Права и обязанности студентов	24
4.3. Общественная деятельность студентов	25
РАЗДЕЛ 2. СИСТЕМЫ И СЕТИ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ	27
Глава 5. Общие понятия о передаче информации на расстояние	27
5.1. Человек и информация	27
5.2. Сообщения	28
5.3. Сигналы	30
5.4. Обобщенная структурная схема систем электросвязи	32
5.5. Способы преобразования сообщений в сигнал и обратно	33
5.6. Современные виды электросвязи	34
5.7. Краткая история развития электросвязи	36
Глава 6. Системы электросвязи	37
6.1. Общие сведения	37
6.2. Системы для передачи непрерывных сообщений	38
6.3. Системы для передачи дискретных сообщений	46
6.4. Некоторые специальные системы электросвязи	48
Глава 7. Сети электросвязи	50
7.1. Классификация сетей	50
7.2. Сети передачи индивидуальных сообщений	51
7.3. Алгоритм передачи индивидуальных сообщений. Способы коммутации	54
7.4. Сети передачи массовых сообщений	57
7.5. Единая автоматизированная сеть связи	61

7.6. Элементы сетей электросвязи	67
7.7. Тенденции развития ЕАСС	76
Глава 8. Связь — отрасль народного хозяйства	77
8.1. Экономическое, социальное и оборонное значение связи	77
8.2. Организационная структура и основные предприятия отрасли связи	78
8.3. Особенности работы предприятий электросвязи	82
8.4. Профессиональные кадры отрасли связи	83
РАЗДЕЛ 3 АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ, МНОГОКАНАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ, РАДИОСВЯЗЬ, РАДИОВЕЩАНИЕ И ТЕЛЕВИДЕНИЕ	85
Глава 9. Автоматическая электросвязь	85
9.1. Основы техники телефонной связи	85
9.2. Основы техники телеграфной связи и передачи данных	112
9.3. Перспективы развития автоматической электросвязи	131
9.4. Квалификационная характеристика инженера электросвязи по специальности 2305 «Автоматическая электросвязь»	134
Глава 10. Многоканальная электросвязь	136
10.1. Основы многоканальной электросвязи	136
10.2. Системы передачи с частотным разделением каналов	146
10.3. Системы передачи с временным разделением каналов	161
10.4. Проектирование и строительство линейных сооружений и систем передачи	168
10.5. Перспективы развития многоканальной электросвязи	171
10.6. Квалификационная характеристика инженера электросвязи по специальности 2306 «Многоканальная электросвязь»	176
Глава 11. Радиосвязь, радиовещание и телевидение	178
11.1. Особенности беспроводной передачи сообщений	178
11.2. Радиопередающие устройства	185
11.3. Радиоприемные устройства	191
11.4. Антенно-фидерные устройства	198
11.5. Радиосистемы передачи ЕАСС	203
11.6. Сети вещания — вторичные сети ЕАСС	218
11.7. Перспективы развития радиосвязи, звукового и телевизионного вещания	227
11.8. Квалификационная характеристика инженера радиосвязи, радиовещания и телевидения по специальности 2307 «Радиосвязь, радиовещание и телевидение»	230
Глава 12. Основы электробезопасности и охраны окружающей среды	232
12.1. Действие электрического тока на организм человека	232
12.2. Меры и средства защиты от поражения электрическим током	235
12.3. Охрана труда на предприятиях связи	235
12.4. Охрана окружающей среды	236
Список литературы	237

Учебное издание

ДУРНЕВ ВАСИЛИЙ ГЕОРГИЕВИЧ, ЗЕНЕВИЧ АЛЕКСАНДР ФРАНЦЕВИЧ, КРУК БОРИС ИВАНОВИЧ,
КУБАНОВ ВИКТОР ПАВЛОВИЧ, РОМАНОВ ВЛАДИСЛАВ ВАСИЛЬЕВИЧ
ИВАНОВ ВЯЧЕСЛАВ ИЛЬИЧ

ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ. ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

Учебное пособие

Заведующий редакцией В. Н. Вяльцев
Редактор Е. А. Образцова
Технический редактор Г. З. Кузнецова
Переплет художника И. В. Архангельского
Художественный редактор А. В. Проценко
Корректор Т. В. Покатова

ИБ № 1592

Сдано в набор 02.02.88. Подписано в печать 15.06.88. Т 14621. Формат 60×88/16. Бумага писчая к1.
№ 2. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 14,70. Усл. кр.-отт. 14,70. Уч.-изд. л.
17,47. Тираж 15 000 экз. Изд. № 21951. Зак. № 2501. Цена 90 к.
Издательство «Радио и связь». 101000 Москва. Почтамт, а/я 693

Ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени МПО «Первая Образ-
цовая типография» имени А. А. Жданова Союзполиграфпрома при Государственном комите-
те СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли: 113054, Москва, Валовая, 28.