

М. В. Марченко

СИСТЕМЫ ДОКУМЕНТАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Ульяновск
2007

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Ульяновский государственный технический университет

М. В. МАРЧЕНКО

СИСТЕМЫ ДОКУМЕНТАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Учебное пособие по дисциплине
«Системы документальной электросвязи»
для студентов дневной формы обучения специальности 200900
«Телекоммуникации»

Ульяновск 2007

УДК 621.395 (075)

ББК 34.9я7

М37

Рецензенты: начальник лаборатории УГК ОКБ УМЗ, кандидат технических наук В. А. Гулынин;
кафедра «Многоканальная электропроводная и волоконно-оптическая связь» УВВИУС

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

Марченко, М. В. Системы документальной электросвязи : учебное
М37 пособие по дисциплине «Системы документальной электросвязи» для
студентов дневной формы обучения специальности 200900
«Телекоммуникации». — Ульяновск : УлГТУ, 2007. — 90 с.
ISBN 978-5-9795-0085-0

Пособие составлено в соответствии с программой курса «Системы документальной электросвязи».

В книге рассмотрены основные вопросы дисциплины «Документальная электросвязь». Пособие включает в себя следующие вопросы: краткие исторические сведения, общая терминология и классификация документальной электросвязи, основы модемной, факсимильной и телеграфной связи. Также в пособии рассмотрены сети документальной электросвязи, включен список рекомендуемой литературы.

Учебное пособие предназначено для студентов дневной формы обучения специальности 200900 «Телекоммуникации».

Работа подготовлена на кафедре «Радиотехника».

УДК 621.395 (075)

ББК 34.9я7

ISBN 978-5-9795-0085-0

© Марченко М. В., 2007
© Оформление. УлГТУ, 2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.	4
Исторический обзор.	5
Классификация систем документальной электросвязи	7
Службы ДЭС.	7
Системы передачи дискретной информации.	10
Двоичное кодирование.	12
Дискретные сигналы.	14
Стыки.	24
Обмен информацией между АКД. Стык С1.	27
Импульсные двоичные сигналы.	28
Передача двоичных сигналов через каналы тональной частоты	31
Виды модуляции.	32
Разделение каналов передачи при дуплексной связи	38
Протоколы модуляции.	39
Кодирование информации.	45
Взаимодействие ООД и АКД.	46
Передающее телеграфное устройство.	48
Приёмное телеграфное устройство.	50
Передача дискретной информации.	53
Способы регистрации посылок.	55
Устройства фазирования.	58
Повышение верности передачи дискретной информации	66
Микропроцессоры в системах документальной связи	70
Системы факсимильной связи.	72
Сети документальной связи.	77
Коммутация пакетов.	80
Эталонная модель взаимодействия открытых систем	81
Канальный уровень.	83
Протокол X.25.	85
Стек протоколов ТСП/IP.	87
Контрольные вопросы.	89
Заключение.	90
Библиографический список.	90

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящем учебном пособии собран материал, предназначенный, прежде всего, для студентов специальности «Телекоммуникации», изучающих курс «Системы документальной электросвязи». Весь материал разбит на разделы, которые можно объединить в следующие группы: общие сведения и классификация систем документальной связи, двоичное кодирование и двоичные сигналы, методы передачи информации через каналы тональной частоты, системы телеграфной связи, обеспечение синхронизации и фазирования при передаче информации, системы факсимильной связи и сети передачи данных.

Общие сведения о документальной связи раскрывают рассматриваемый в пособии предмет. Излагаются краткие исторические сведения, современное место и функции документальной связи.

В разделах о двоичном кодировании и двоичных сигналах рассматриваются методы представления информации, её характеристики и сигналы, с помощью которых информация может передаваться между различными объектами.

В разделах, объединённых в группу «Методы передачи информации через каналы тональной частоты», содержится материал о способах использования телефонных каналов для организации каналов передачи данных. Рассматриваются протоколы серии V, способы модуляции. Также рассмотрены вопросы использования телефонного провода между абонентом и АТС для создания высокоскоростных каналов передачи данных по технологиям ISDN и DSL.

Так как основой документальной связи послужила телеграфная связь, то в учебном пособии уделяется внимание этой тематике. Системам телеграфной связи посвящены разделы, объясняющие принципы построения телеграфной передающей и приёмной аппаратуры. Рассмотрены варианты схемотехнической реализации некоторых узлов телеграфной аппаратуры. После изучения системы телеграфной связи излагаются способы синхронизации и фазирования при передаче данных.

В разделе о системах факсимильной связи рассмотрен материал о способах передачи документов, представленных в виде неподвижных изображений. Приводятся сведения об основных характеристиках систем передачи неподвижных изображений и способах синхронизации. Также рассматриваются методы анализа и синтеза изображений.

Разделы о сетях передачи данных содержат сведения о топологии сетей, методах передачи информации по сетям. Рассматривается многоуровневое представление взаимодействия узлов сети. Приводятся краткие сведения о сетевых протоколах X.25, TCP/IP.

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР

История практической документальной связи начинается с 1792 года. Во время Великой французской революции (1789-1794) возникла острая необходимость в быстрой передаче сообщений на большие расстояния. И в 1794 году под руководством французского изобретателя-механика Клода Шаппа была построена первая семафорная линия передачи длиной 225 км между Парижем и Лиллем, которая состояла из 22 станций. Каждая станция представляла собой башню, на которую устанавливались подвижные рейки, что позволяло воспроизводить 196 различных знаков. Ночью на сигнальных планках зажигались огни. Всю линию сигнал проходил за 2 минуты.

Первоначально прибор для передачи сообщений назывался «тахиграф» (скорописатель), в дальнейшем он стал называться «телеграф» (дальнописатель). Первое практическое применение получил оптический телеграф. Идея оптического телеграфа была предложена англичанином Робертом Гуком в 1684 году. Самая длинная в мире линия оптического телеграфа проходила от Петербурга к Варшаве, была построена в 1839 году и просуществовала до 1854 года. Линия состояла из 149 станций. Расстояние в 1200 км сигнал проходил за 15 минут.

Оптический телеграф просуществовал 60 лет, что объясняется его простотой и надёжной работой. Однако скорость передачи оптического телеграфа была очень низкой. Телеграмма из 100 сигналов из Петербурга в Варшаву передавалась 35 минут. При атмосферных явлениях, снижающих прямую видимость, наблюдалось увеличение ошибок в передаче. Кроме того, отсутствовала скрытность передачи. В связи с этим разрабатывались способы кодирования передаваемой информации. С середины 19 века к телеграфу стали предъявляться такие требования, как скорость, надёжность, достоверность и скрытность. Удовлетворить такие требования для передачи телеграфных сообщений можно было только с использованием электромагнитных явлений.

Изобретению электрического телеграфа способствовала большая исследовательская работа в области электричества. Основные задачи, которые были решены, - это создание проволочных прототипов современных многожильных кабельных соединений, разработка изоляционных материалов, изобретение источника постоянного тока в 1800 году Вольтом, опыты Эрстеда по воздействию электрического тока на магнитную стрелку и многие другие.

Лучшее практическое предложение электрического телеграфа принадлежит нашему соотечественнику барону Павлу Львовичу Шиллингу. Первое испытание его телеграфа прошло вечером 21 октября 1832 года на Царицином лугу в Петербурге. В настоящее время первый телеграф Шиллинга хранится в Центральном музее связи им. А. С. Попова в С.-Петербурге. Шиллингом была разработана двузначная телеграфная азбука и система шифрования сообщений. Протяжённость линии составляла 9 км.

В 1837 г. американским художником и изобретателем Сэмюэлем Морзе были предложены телеграфный аппарат, способный записывать принимаемое сообщение на бумажную ленту, и телеграфная азбука, состоящая из точек и тире. Пропускная способность телеграфной системы Морзе составляла 509 слов в час. Однако практическое применение нашёл пишущий аппарат русского учёного Бориса Семёновича Якоби, изобретённый им в 1839 г. В 1850 г. Якоби был изобретён буквопечатающий телеграфный аппарат.

С середины 19 века началось строительство телеграфных сетей. К 1860 году общая протяжённость телеграфных линий России достигла 27 тысяч км. Самая протяжённая телеграфная линия в мире связывала Москву с Владивостоком и была открыта в 1871 году.

В 1876 году был изобретён телефон, а в 1895 году А. С. Поповым - впервые в мире проведена первая радиосвязь. С этими изобретениями связан этап развития тональной и беспроводной телеграфии. Большое развитие получили методы частотного и временного уплотнения каналов связи. Долгое время телефония и телеграфия развивались параллельно. Со временем телеграф позаимствовал у телефона метод коммутации каналов, в результате чего появилась возможность связываться между абонентами напрямую. Позже в телеграфии была создана система с коммутацией сообщений. В 20 веке телеграфная сеть была автоматизирована и в настоящее время представляет собой комбинацию сетей с коммутацией каналов и коммутацией сообщений. Полное исчезновение телеграфа не произошло по той причине, что передаваемое по телеграфной сети сообщение имеет юридическую силу и является документом.

Наряду с передачей текстовых сообщений телеграф приспособлялся для передачи неподвижных изображений. Первые устройства фототелеграфирования были предложены в 40 - 50-х годах 19 века. Первые практические аппараты для передачи неподвижного изображения появились в начале 20 века. К этому времени удалось решить важные проблемы синхронизации двух удалённых фототелеграфов.

В середине 20 века появились электронные вычислительные машины. Возможность долговременного хранения данных, а также упрощение способа ввода-вывода информации позволило использовать ЭВМ в качестве терминального оборудования узлов связи. ЭВМ позволяют передавать данные с существенно более высокой скоростью, чем телеграф, а также способны обеспечить высокую степень защиты передаваемых сообщений. Вычислительные машины объединялись в сети, данные в которых передавались по специальным протоколам. Появилась пакетная коммутация. Возможность представления текста, графики, звука, подвижного изображения в цифровом виде сделала к настоящему времени службы передачи данных универсальной средой передачи документации, представленной в любом виде. Службы передачи данных постепенно поглощают в себя телеграфные, телефонные и телевизионные службы.

КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ДОКУМЕНТАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Основой электросвязи Российской Федерации является Взаимоувязанная сеть связи (ВСС), обеспечивающая предоставление пользователям услуг электросвязи на всей территории страны.

Взаимоувязанная сеть связи - это комплекс технологически сопряжённых сетей электросвязи общего пользования и ведомственных сетей с общим централизованным управлением, независимо от ведомственной принадлежности и форм собственности.

В структуры ВСС РФ традиционно входят следующие системы общего пользования:

- телефонная связь;
- телеграфная связь;
- факсимильная связь;
- передача газетных полос;
- передача данных;
- распространение программ звукового вещания;
- распространение программ телевизионного вещания.

В процессе развития возможны интеграция и образование новых различных служб, в результате чего перечень систем ВСС РФ может существенно измениться.

В настоящее время важное место в ВСС занимают системы документальной электросвязи (СДЭС), которые включают в себя системы телеграфной связи, службы передачи данных и телематические службы.

Документальной электросвязью называют вид электрической связи, предназначенной для доставки сообщений, представленных в виде документов.

На рис. 1 схематично изображена классификации систем документальной электросвязи в рамках ВСС РФ.

Системы документальной электросвязи способны передавать сообщения без искажений, что используется для передачи текстовых документов, и с искажениями, что, в свою очередь, используется для передачи звуковой и графической информации.

СЛУЖБЫ ДЭС

Рассмотрим подробнее службы, включенные в СДЭС.

- 1) *телеграфная служба* - служба доставки сообщений в буквенно-цифровом виде, а также комплекс услуг, предоставляемых населению и предприятиям при использовании системы телеграфной связи;
- 2) *служба передачи данных* - служба, выполняющая доставку разнородных массивов данных (сообщений) для ЭВМ;

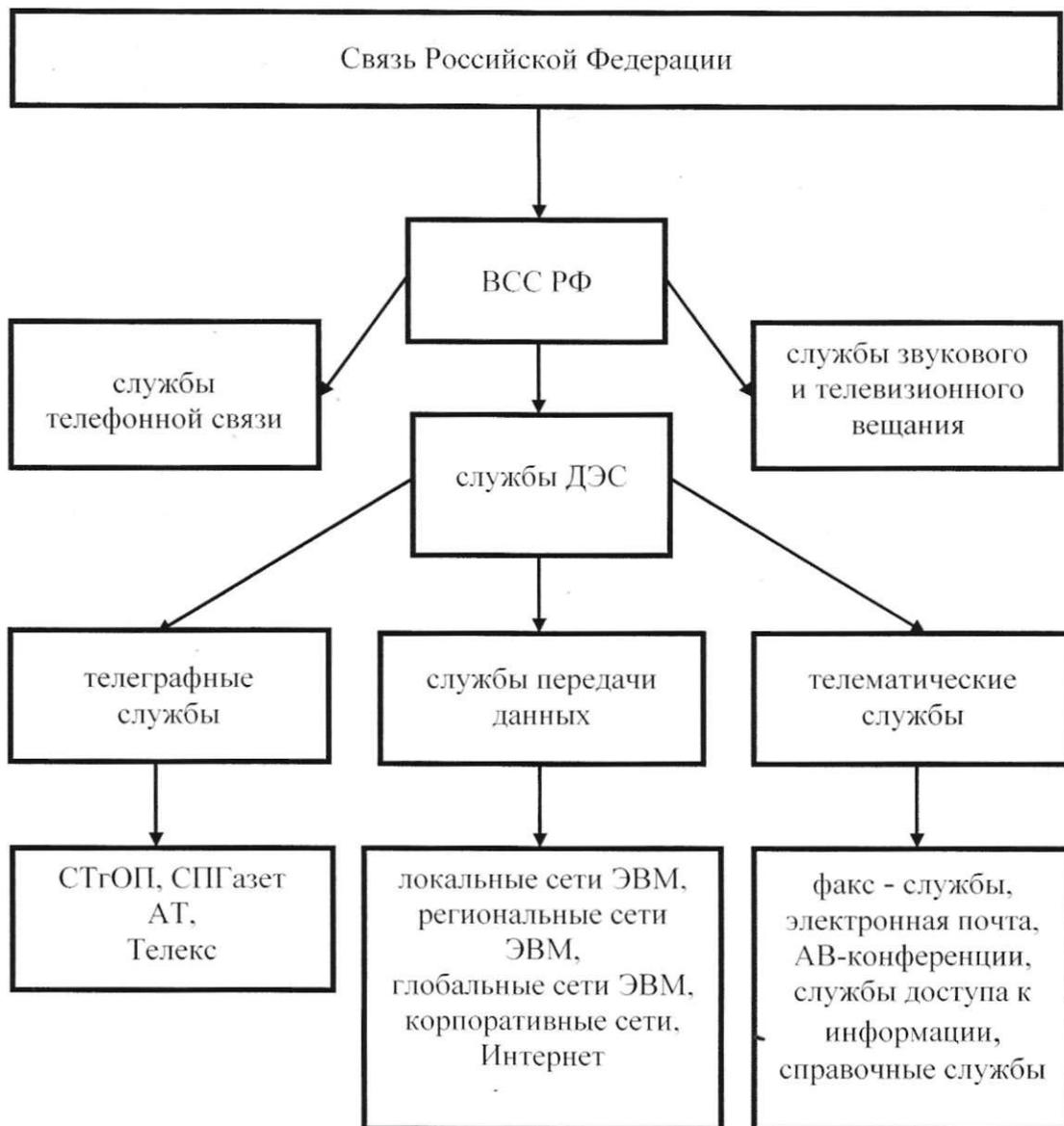


Рис. 1. Классификация систем ДЭС в рамках ВСС

3) *телематические службы* (ТМ) - службы электросвязи, за исключением телефонной, телеграфной служб и службы передачи данных, предназначенные для передачи информации через сети электросвязи. Примерами ТМ служб являются: факсимильные службы, службы электронных сообщений, службы голосовых сообщений, службы аудио/видеоконференций, а также службы доступа к информации, хранящейся в электронном виде.

Телеграфная сеть общего пользования предоставляет населению и предприятиям комплекс услуг по приёму, передаче и доставке адресатам сообщений, поступающих в отделение связи. При поступлении заявки на передачу телеграммы оператор отделения связи по каналам телеграфной

связи передает сообщение другому отделению связи, наиболее близко расположенному к адресату. После приёма телеграфного сообщения другим отделением связи телеграмма передаётся адресату службой доставки почты.

Абонентское телеграфирование предоставляет возможность передавать телеграфные сообщения и проводить телеграфные переговоры абонентам этой службы. Абонентам данной службы выделяется номер и устанавливается телеграфный аппарат, подключенный к сети абонентского телеграфирования. Абонентами службы являются юридические лица.

Возможность передачи телеграфных сообщений за рубеж обеспечивает служба ТЕЛЕКС,- в этом её основное отличие от службы абонентского телеграфирования.

Служба передачи газет предназначена для распространения копий газетных полос между типографиями, расположенными в разных точках РФ, с целью одновременного выхода газет в свет.

Вычислительные сети, охватывающие ограниченную территорию обычно в пределах удалённости станций не более чем на несколько десятков или сотен метров друг от друга, реже на 1..2 км, называют *локальными вычислительными сетями* (ЛВС).

Совокупность связанных между собой ЛВС, охватывающих территорию, на которой размещено одно предприятие или учреждение в одном или нескольких близко расположенных зданиях, называется *корпоративной сетью*.

Сети, охватывающие значительное географическое пространство, называются *глобальными*. Глобальная сеть, объединяющая разнородные глобальные, региональные, локальные и корпоративные сети, предоставляя им определённый набор услуг по единой технологии, получила название *Интернет*.

Телематические (от «телекоммуникации» и «информатика») службы предназначены для обмена информацией между различными объектами, машинами и людьми.

Факсимильная связь - это ТМ служба передачи и воспроизведения любого неподвижного графического изображения.

Электронная почта - ТМ служба, предназначенная для обмена электронными сообщениями с промежуточным накоплением между абонентскими терминалами.

Службы телеконференций предназначены для проведения сеансов связи между территориально разобщёнными пользователями либо группами пользователей в режиме реального времени с возможностью передачи текстовых, звуковых и видео сообщений. Если между пользователями происходит обмен звуковой информацией, то конференция называется *аудиокоференцией*, если одновременно со звуком передаётся изображение, то конференция называется *видеокоференцией*. Одновременно со звуком также может передаваться текстовая информация (*аудиографическая конференция*).

Службы передачи голоса предназначены для обеспечения территориально разобщенным пользователям возможности обмена речевой информацией в режиме реального времени с использованием ресурсов сетей пакетной передачи данных.

Служба доступа к информационным ресурсам - вид ТМ службы, предназначенной для получения информационного ресурса пользователем по его инициативе, выраженной в форме запроса, а также предоставления услуг размещения и хранения информационного ресурса, полученного от поставщика (например, службы WWW).

СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДИСКРЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Общая структурная схема системы передачи дискретных сообщений (ПДС) представлена на рис. 2.

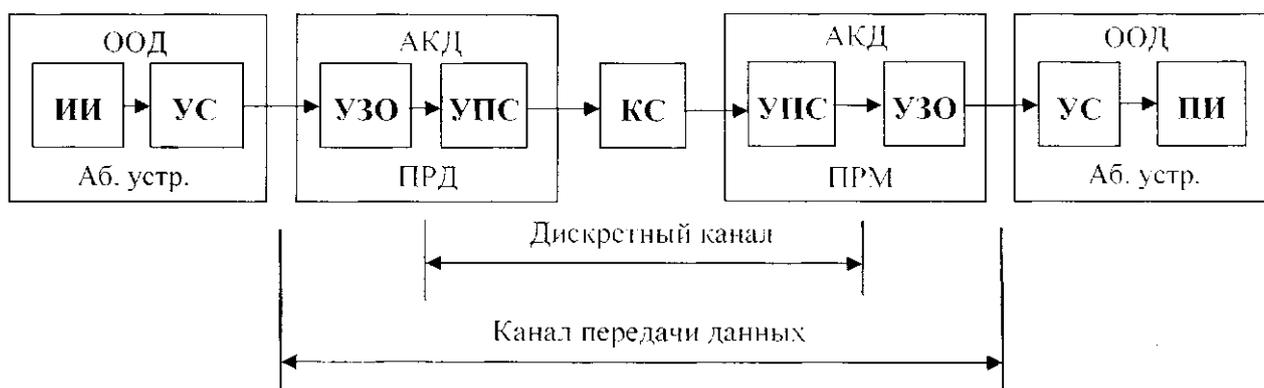


Рис. 2. Структурная схема системы ПДС

В состав системы ПДС входят следующие функциональные блоки.

Источник (получатель) информации ИИ (ПИ) - некоторое оконечное устройство, которое обеспечивает преобразование сведений, поступающих от пользователя, к виду, удобному для передачи с использованием системы ПДС. В получателе информации выполняется обратная операция - сообщение, доставленное системой ПДС, преобразуется к виду, понятному пользователю или устройству.

Источниками (получателями) могут быть ЭВМ, запоминающие устройства, датчики, люди. Получателями могут также быть печатающие устройства, графопостроители, различные устройства отображения.

Устройство согласования (УС) обеспечивает необходимые преобразования дискретных сообщений для их эффективной передачи по каналу передачи данных. К таким преобразованиям может относиться, например, сжатие информации, преобразование способа цикловой синхронизации (стартстопная или синхронная), согласование кодов и форматов, а также другие согласующие действия. Объединение ИИ (ПИ) и УС называют абонентским устройством («Аб. устр.» на рис. 1).

Устройство защиты от ошибок (УЗО) выполняет различные алгоритмы повышения верности передачи дискретных сообщений. Подобные алгоритмы

позволяют обеспечить практически любую степень повышения верности, что доказывается теоремой Шеннона. Защита от ошибок достигается введением избыточности на передающей стороне с последующим обнаружением и исправлением ошибок при приёме.

Устройство преобразования сигналов (УПС) обеспечивает создание дискретного канала и решает разные задачи при передаче и приёме. На передающей стороне основной задачей УПС является обеспечение эффективной передачи дискретных сигналов по передающей среде. Вид преобразования полностью определяется характеристиками передающей среды. Например, для передачи дискретных сигналов по каналам тональной частоты (ТЧ) широко используется модуляция. При приёме главной задачей УПС является оптимальное выделение принятых сигналов из смеси полезного сигнала с шумами и помехами. Кроме этих задач УПС обеспечивает решение задачи тактовой (поэлементной) синхронизации передатчика и приёмника.

Канал связи (КС) является некоторой передающей средой, выполняющей физический перенос сигналов от передающей части системы ПДС к ее приёмной части.

Совокупность аппаратуры приёмника и передатчика системы ПДС и канала связи носит название *канала передачи дискретной информации*. Совокупность канала связи и устройств преобразования сигнала называется *дискретным каналом*. Совокупность нескольких каналов ПДИ, связанных специальными групповыми устройствами, называется *трактом передачи данных*.

Совокупность аппаратуры источника или получателя информации с устройством согласования принято называть *оконечным оборудованием канала данных* (ООД), или абонентским устройством (пунктом). Совокупность аппаратуры устройства защиты от ошибок и устройства преобразования сигнала называется *аппаратурой окончания канала данных* (АКД). В связи с существенным прогрессом в области миниатюризации электронной аппаратуры ООД и АКД физически могут размещаться в одном корпусе компактного устройства, которое может называться *терминалом*.

На передающей стороне системы ПДС выполняются три основных процесса: преобразование, кодирование и модуляция. Преобразование - это процесс формирования первичного электрического сигнала из информации. Кодирование определяет соответствие между символами первичного и вторичного алфавитов. Модуляция в соответствии с передаваемой информацией изменяет параметры сигнала.

Для описания взаимодействия элементов системы ПДС используют три основных понятия: интерфейс, стык и протокол. *Интерфейсом* называют совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих взаимодействие элементов системы. *Стык* - это набор цепей и сигналов, передающихся между элементами системы. *Протокол* - это жёстко заданный алгоритм взаимодействия элементов системы.

ДВОИЧНОЕ КОДИРОВАНИЕ

В системах ДЭС кодирование информации осуществляется с помощью двоичного алфавита. Достоинствами двоичного кодирования являются простота реализации, стабильность работы и минимальные затраты при аппаратурной реализации.

В общем случае информация может быть представлена в виде некоторой кодовой комбинации. Кодовая комбинация (КК) - это совокупность цифр, образующих число. Общее число кодовых комбинаций у кода с основанием m и разрядностью n определяется по формуле:

$$N = m^n.$$

Основанием кода называется число различных кодовых комбинаций, *разрядностью кода* называется число элементов кодовой комбинации.

Если все кодовые комбинации алфавита имеют одинаковую разрядность, то такой алфавит называется *равномерным*. Например, международный телеграфный код МТК-2 - это равномерный код. Если разрядность кодовых комбинаций может отличаться друг от друга, то такой код называется *неравномерным*. Примером неравномерного кода может служить код Морзе.

Кодовые комбинации могут быть простыми и помехоустойчивыми. В простых кодах все кодовые комбинации называются разрешёнными (например, код МТК-2). В помехоустойчивых кодах часть кодовых комбинаций является запрещённой. Примером помехоустойчивого кода может служить код Хэмминга, или международный телеграфный код МТК-5, в котором из восьми разрядов семь информационных и один проверочный.

Количество информации, содержащейся в кодовой комбинации, определяется по формуле

$$I = n \cdot \log_2 m.$$

Если используется двоичный код, то $m=2$, а $\log_2 m=1$, поэтому $I = n$. То есть количество информации, содержащейся в двоичном коде, численно равно разрядности кодовой комбинации.

Количество информации измеряется в *битах*. Количество информации в одноразрядной двоичной кодовой комбинации равно одному биту. Если разрядность кодовой комбинации равна восьми, то количество информации составляет один *байт*. Для обозначения больших количеств информации используют производные бита и байта с приставками кило-, мега-, гига- и тера-, которые соответствуют 10, 20, 30 и 40 степеням двойки.

Единицу измерения «бит» используют при рассмотрении последовательных систем передачи, обработки или хранения данных. В этом случае все разряды кодовой комбинации передаются последовательно в

порядке очереди. Единицу измерения «байт» используют при рассмотрении параллельных систем передачи, обработки или хранения данных. В таких системах разрядность кодовой комбинации, как правило, кратна 8, и все разряды передаются одновременно.

Максимальное количество информации, которое может быть передано через канал связи за единицу времени, определяет его пропускную способность. Согласно теореме Шеннона:

$$C_{\max} = \Delta F \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P_c}{P_{ш}} \right),$$

где P_c - мощность сигнала,

$P_{ш}$ - мощность помехи,

ΔF - полоса пропускания КС.

В случае отсутствия помех:

$$C = 2\Delta F.$$

Для характеристики канала связи также используют удельную пропускную способность, которая вычисляется по формуле

$$C_{уд} = \frac{C}{\Delta F}.$$

Скорость передачи информации определяется количеством информации, переданной за некоторый промежуток времени:

$$V_u = \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Скорость передачи информации измеряется в бит/с для последовательной передачи информации или в байт/с для параллельной передачи информации.

Через канал связи информация передаётся с помощью элементарных посылок. Элементарная посылка представляет собой одно из возможных состояний сигнала. Количество возможных состояний сигнала может быть в общем случае больше двух. Количество элементарных посылок $N_{пос}$, переданных за промежуток времени Δt , называется *скоростью модуляции*:

$$B = \frac{N_{пос}}{\Delta t}.$$

Скорость модуляции измеряется в *водах*. Один бод соответствует передаче одной посылки за одну секунду. Кратность количества возможных состояний

сигнала числу два называется *кратностью модуляции*. Кратность модуляции показывает, сколько разрядов двоичной кодовой комбинации передаётся в одной элементарной посылке. Если кратность модуляции n , то скорость передачи информации составит:

$$V_{ii} = nB,$$

то есть в общем случае скорость модуляции не равняется скорости передачи информации.

Если $n=1$, то скорость передачи информации численно совпадает со скоростью модуляции. В канале связи без помех максимальная скорость модуляции при кратности $n=1$ составляет:

$$B_{\max} = 2\Delta F$$

ДИСКРЕТНЫЕ СИЕНАЛЫ

В связи с тем, что двоичная система счисления предоставляет существенные выгоды при построении аппаратуры хранения и передачи информации, такие как простота реализации схемотехнических решений, стабильность работы и относительная дешевизна оборудования, все элементы системы ДЭС ориентированы на работу в двух состояниях. Реализация бистабильного электрического сигнала представляет собой импульсы тока или напряжения прямоугольной формы. Сигнал прямоугольных импульсов характеризуется длительностью импульсов τ , периодом их следования T и амплитудой U_m (рис. 3). В общем случае амплитуда, длительность импульсов и период их следования не являются постоянной величиной, то есть сигнал, несущий в себе информацию, в общем случае непериодический. Периодические прямоугольные импульсы могут использоваться, например, для синхронизации различных элементов системы ПДС или передачи аналогового сигнала.

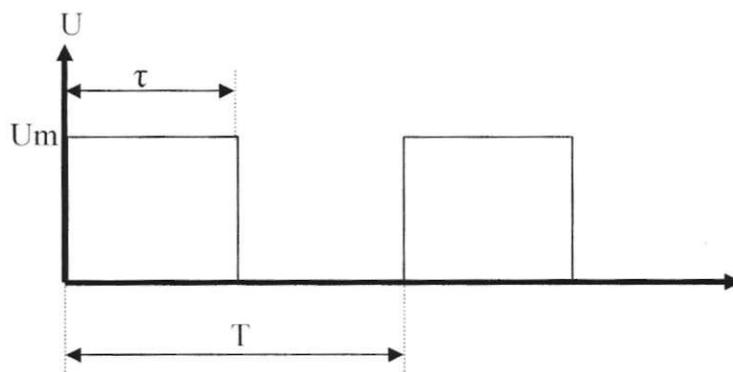


Рис. 3. Прямоугольные импульсы

Для характеристики прямоугольных импульсов вводится понятие *скважности*. Скважность импульсов q показывает, во сколько раз период следования импульсов больше их длительности:

$$q = \frac{T}{\tau}.$$

При скважности $q = 2$ последовательность прямоугольных импульсов называется *меандром*. Сигналы с большой скважностью (1000 и более) используются в радиолокации.

Амплитудно-частотный спектр сигнала прямоугольных импульсов описывается законом $\frac{\sin(x)}{x}$, где $x = \frac{\omega\tau}{2} = \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{\tau}{2} = \pi \frac{\tau}{T} = \frac{\pi}{q}$. Спектр меандра изображён на рис. 4. Спектр имеет линейчатую структуру. Количество спектральных составляющих в каждом лепестке численно равно скважности, то есть в данном случае двум. Амплитуда постоянной составляющей в q раз меньше амплитуды импульсов, то есть для меандра $U_0 = \frac{U_m}{q} = \frac{U_m}{2}$. Нули амплитудной огибающей спектральных составляющих расположены в точках $l \cdot \frac{2\pi}{\tau}$ а спектральные составляющие имеют значения частот $k \cdot \frac{2\pi}{T}$ где l и k - натуральные числа 1,2,3,4,5,...

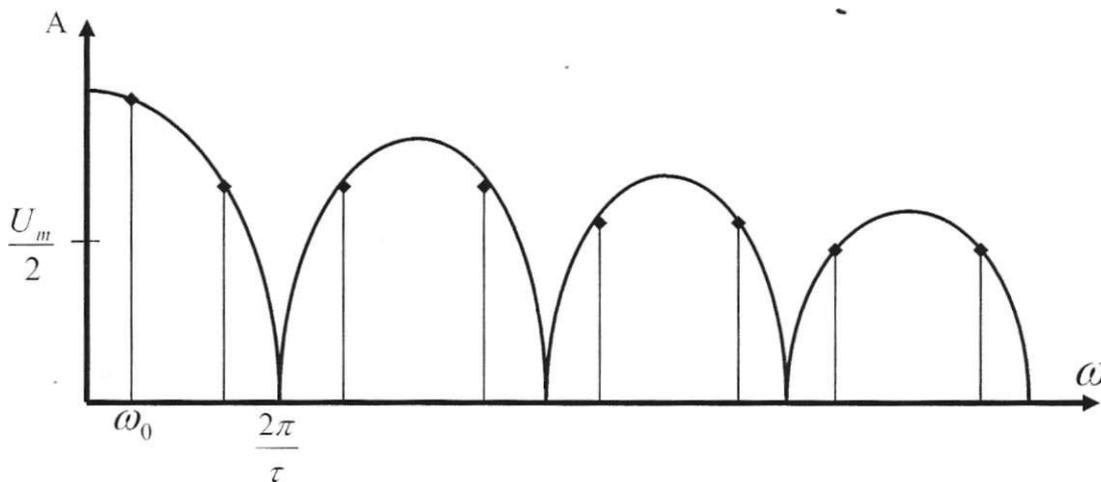


Рис. 4. Спектр меандра

При передаче сигнала через канал связи системы ПДС прямоугольные импульсы могут существенно искажаться. Искажения могут возникать вследствие ограниченной полосы пропускания канала связи и наличия помех в канале связи. Допустим, что через канал связи с полосой пропускания ΔF передаётся последовательность импульсов длительностью τ (рис. 5). Поскольку канал связи ограничивает спектр прямоугольных импульсов, то на

выходе канала связи форма импульса будет искажённой. Искажения формы импульса будут такими же, как если бы сигнал проходил через фильтр нижних частот с граничной частотой F_n (рис. 6).



Рис. 5. Передача импульса через канал связи

Время нарастания фронта импульса $t_{нар}$, прошедшего через канал связи (или ФНЧ), определяется полосой пропускания последнего:

$$t_{нар} \approx \frac{1}{2\Delta F}.$$

В случае сильного ограничения спектра сигнала происходит наложение импульсов друг на друга, в результате чего на приёмной стороне теряется возможность восстановления переданной информации.

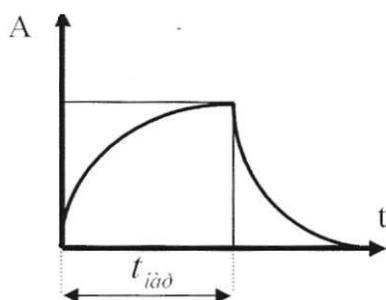


Рис. 6. Импульс на выходе ФНЧ

Сигнал может быть восстановлен только в том случае, если длительность импульсов не превышает время нарастания фронта:

$$\tau \leq t_{нар}.$$

Таким образом, для максимальной длительности импульсов

$$\tau = \frac{1}{2\Delta F},$$

или через скорость модуляции

$$B = \frac{1}{\tau}, \quad B = 2\Delta F$$

Последнее выражение определяет максимальную скорость модуляции, при которой импульсный сигнал, прошедший через канал связи с полосой пропускания $2\Delta F$, может быть восстановлен на приёмной стороне. Данный критерий восстановления информации на приёмной стороне называется *критерием Найквиста*:

$$B_{\max} = 2\Delta F$$

С точки зрения теории сигналов данный критерий представляет собой теорему Котельникова, т. е. непрерывный сигнал может быть восстановлен, если значение частоты его дискретизации не менее удвоенного значения частоты его наивысшей гармоники.

Как упоминалось выше, сигнал при прохождении через канал связи претерпевает различные искажения. Если искажения вызваны ограниченной полосой пропускания канала связи, то такие искажения называются *частотными*. Если искажения вызваны наличием шума в канале связи или нелинейной фазовой характеристикой, то такие искажения приводят к изменению временных характеристик импульсов и называются *временными*. В свою очередь частотные искажения делятся на искажения первого рода и второго рода. Временные искажения могут быть краевыми и искажениями дробления.

Частотные искажения первого рода возникают при ограничении полосы пропускания каналом связи сверху, то есть канал связи выступает в роли фильтра нижних частот (рис. 7).

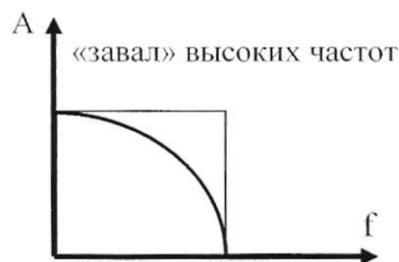


Рис. 7. АЧХ канала связи при искажениях I рода

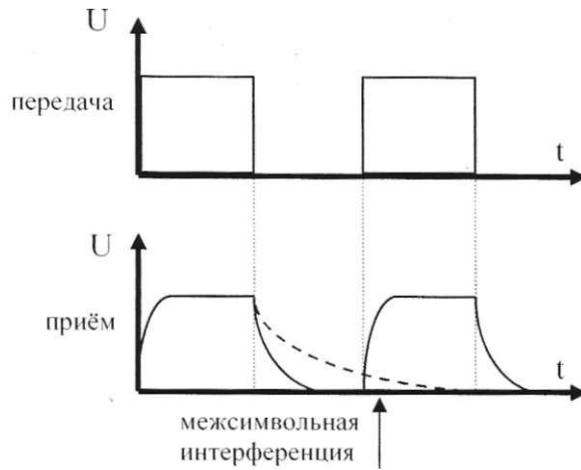


Рис. 8. Искажения I рода

При прохождении прямоугольных импульсов через такой канал связи происходит сглаживание фронтов, в результате чего в пределе фронты соседних импульсов могут накладываться друг на друга (рис. 8). Явление наложения фронтов соседних импульсов называется *межсимвольной интерференцией*.

Частотные искажения второго рода возникают при ограничении полосы пропускания каналом связи снизу, то есть канал связи выступает в роли фильтра верхних частот (рис. 9).

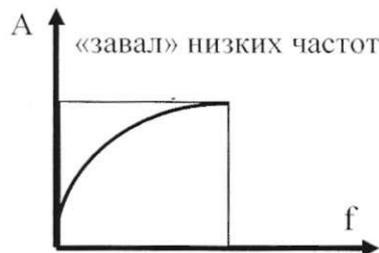


Рис. 9. АЧХ канала связи при искажениях II рода

При прохождении прямоугольных импульсов через фильтр верхних частот по каждому фронту возникает всплеск амплитуды, в положительную сторону, если фронт нарастает, и в отрицательную сторону, если фронт спадает (рис. 10). При значительном ограничении нижних частот на приёмной стороне вместо каждого переданного импульса на месте его фронтов будет появляться пара коротких импульсов противоположной полярности.

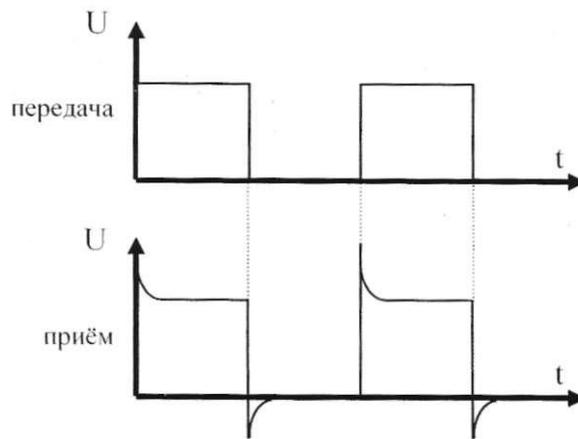


Рис. 10. Искажения II рода

Временные искажения возникают на приёмной стороне из-за невозможности выделить (детектировать) переданный сигнал из смеси сигнала и шума. В идеальном случае, при отсутствии помех в канале связи импульсный сигнал на входе приёмника представляет собой сглаженные импульсы вследствие ограниченности полосы пропускания канала связи. Детектирование сигнала в приёмнике происходит по некоторому пороговому значению $U_{пор}$. При превышении сигналом из канала связи этого значения приёмник принимает решение, что произошла передача переднего фронта импульса. При снижении уровня сигнала ниже порога приёмник принимает решение о том, что произошла передача заднего фронта импульса. Поскольку фронты всех импульсов смещаются на одинаковое расстояние, то в приёмнике с некоторым опозданием выделяется последовательность импульсов, точно повторяющих переданные (рис. 1 \ \)

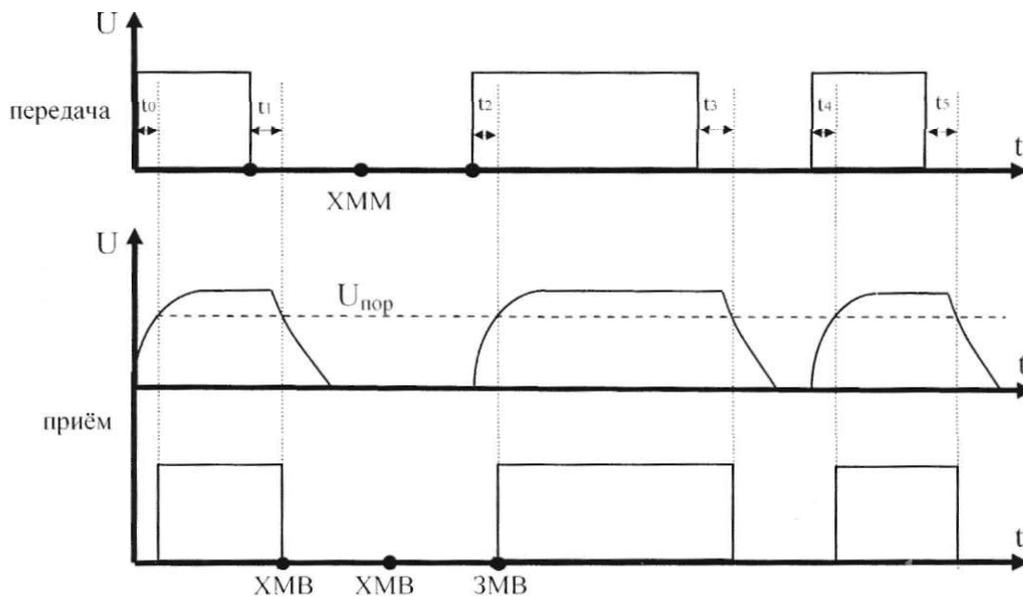


Рис. 11. Передача импульсных сигналов при отсутствии временных искажений

На рис. 11 моменты времени, в которых возможно изменение полярности (или возможно появления фронта импульса), называются *характеристическими моментами модуляции* (ХММ). Моменты времени, в которые полярность реально изменяется, называются *значащими моментами модуляции* (ЗММ). На приёмной стороне такие моменты времени называются соответственно *характеристическими моментами восстановления* (ХМВ) и *значащими моментами восстановления* (ЗМВ). В случае, как на рис. 11, все смещения фронтов импульсов в приёмнике относительно фронтов импульсов в передатчике $t_0 = t_1 = t_2 = \dots = t_s$ являются постоянной величиной, на которую происходит смещение ХМВ относительно ХММ.

На рис. 12 представлены диаграммы прохождения сигнала через канал связи с помехами. На входе приёмника в этом случае выделяется смесь полезного сигнала и шума. При детектировании возможно смещение ХМВ относительно ХММ на случайную величину, определяющуюся помехами, то есть могут изменяться длительность импульсов и возникать ложные импульсы. Если при восстановлении сигнала на приёмной стороне изменяется только длительность импульсов, то такие искажения называются *краевыми*. Если при восстановлении одного переданного импульса обнаруживается два и более импульсов, то такие искажения называются *искажениями дробления*.

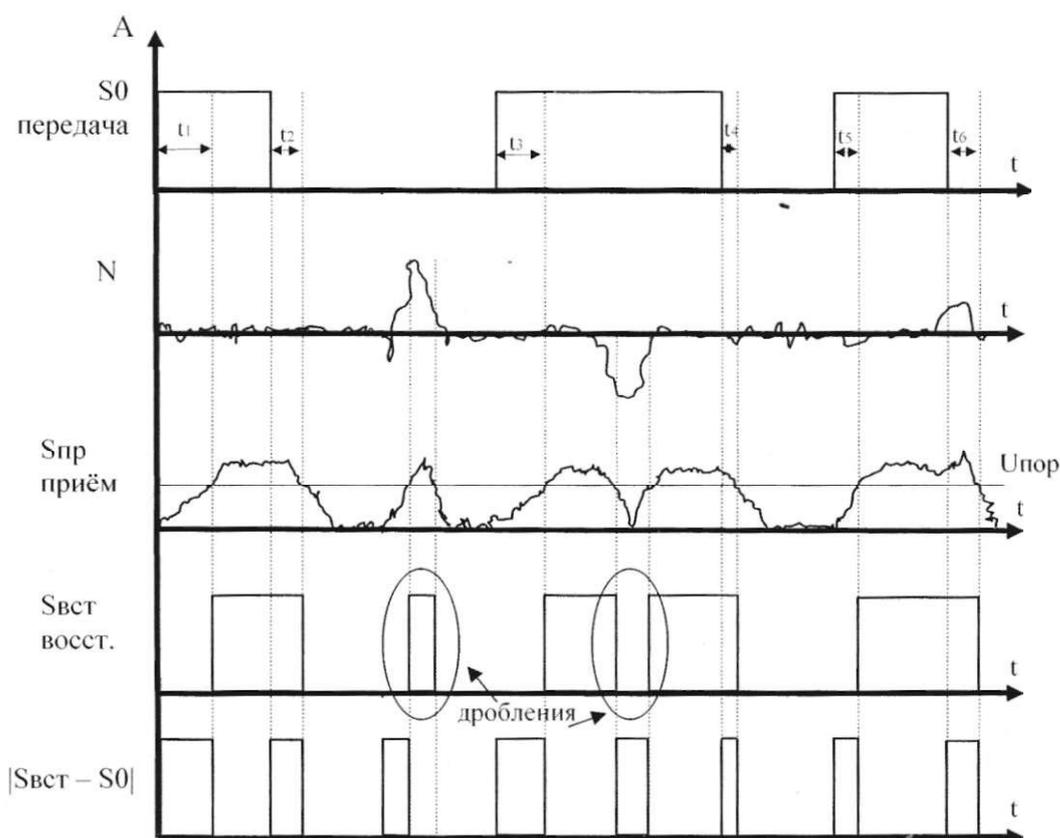


Рис. 12. Временные искажения

Для оценки временных искажений из принятого сигнала по модулю вычитают переданный и определяют длительности полученных импульсов, среди которых находят максимальные положительные и отрицательные величины.

Отношение суммы модулей максимальных смещений в положительную и отрицательную стороны к длительности импульсов служит количественной оценкой краевых искажений:

$$\delta = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{\tau_0} \cdot 100\%$$

Структурная схема измерителя краевых искажений приведена на рис. 13, а временные диаграммы её работы - на рис. 14.

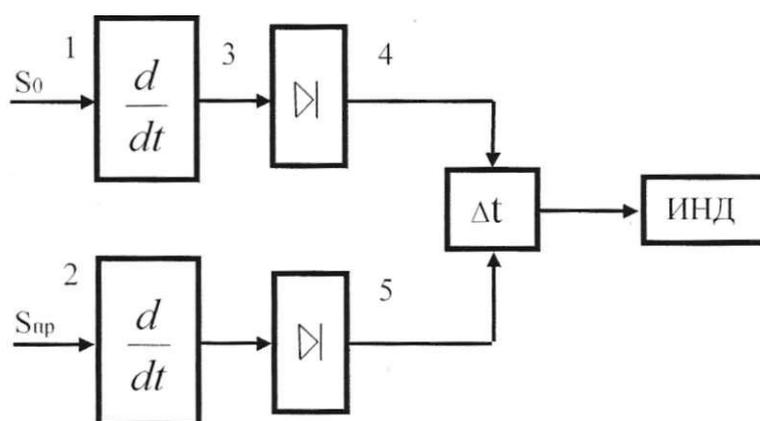


Рис. 13. Схема измерения краевых искажений

Импульсы с выхода передатчика и с выхода приёмника поступают на дифференцирующие цепочки. Дифференцирующие цепочки формируют биполярные короткие импульсы, обозначающие фронты входящих импульсов. Выпрямители преобразуют биполярные импульсы в однополярные. Время между соседними импульсами вычисляется в измерителе, и на индикаторе после вычисления отношения отображается значение краевых искажений.

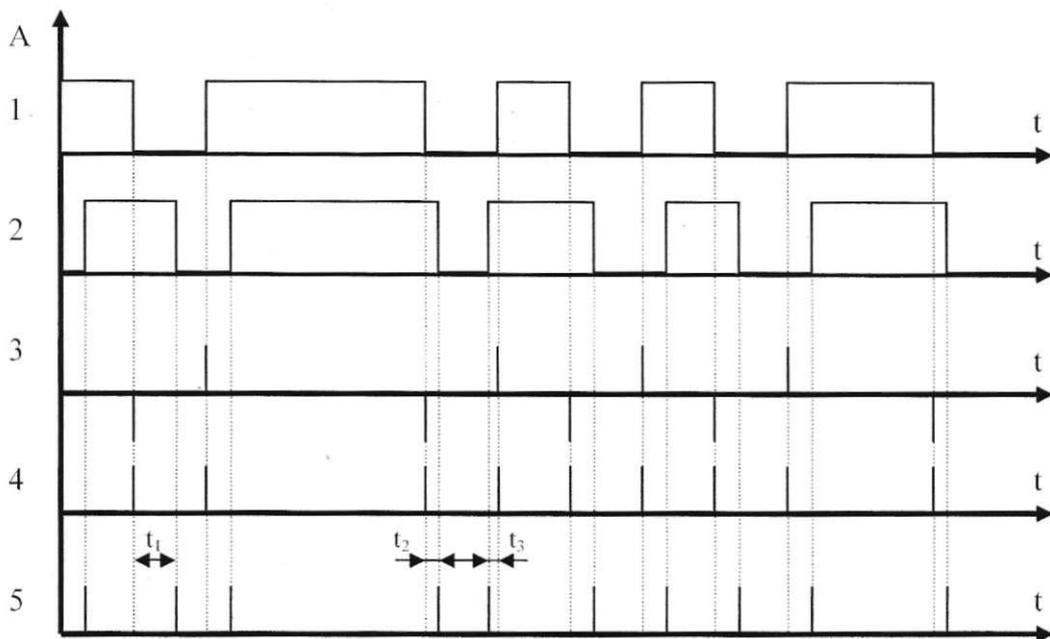


Рис. 14. Диаграмма работы схемы измерения краевых искажений

В качестве примера схемы измерителя краевых искажений может быть рассмотрен измеритель на базе электронно-лучевой трубки (рис. 15). В трубке используется круговая развёртка, которая формируется генератором синусоидальных колебаний. Период колебаний равен обратной величине от длительности передаваемых импульсов. Косинусоидальный сигнал формируется из синусоидального с помощью фазосдвигающей цепочки.

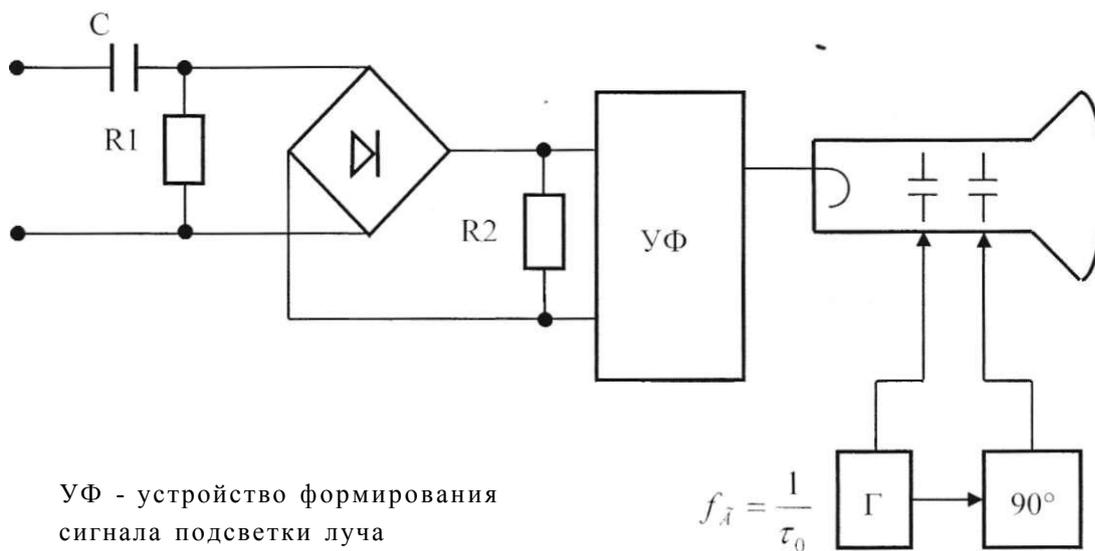


Рис. 15. Измеритель краевых искажений на лучевой трубке

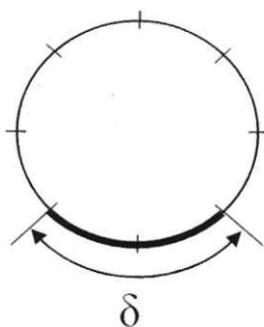


Рис. 16. Экран измерителя временных искажений

Синусоидальное и косинусоидальное колебания одинаковой амплитуды подаются на перпендикулярно расположенные отклоняющие пластины трубки, в результате чего электронный луч совершает движение по окружности, радиус которой определяется амплитудой колебаний. Сигнал с исследуемой линии подаётся на дифференцирующую цепочку (RC), после которой импульсы выпрямляются и через усилитель поступают на катод трубки. На время импульсов происходит подсветка электронного луча трубки. Если длительность всех импульсов постоянна, то на экране будет светиться одна точка, соответствующая импульсам переднего и заднего фронтов. Если же длительность принимаемых импульсов станет отличаться от заданной, то точка станет размазываться по дуге (рис. 16). Если длину всей окружности, по которой происходит развёртка, принять за 100%, то относительная длина светящейся дуги будет соответствовать величине краевых искажений. При наличии искажений дробления светящиеся точки будут появляться на противоположной стороне окружности.

СТЫКИ

Стыки предназначены для соединения элементов системы документальной связи и представляют собой перечень цепей, правил использования цепей и физическую реализацию этих цепей. Соединение ООД и АКД между собой выполняется по стыку С2 (зарубежный аналог - RS232), соединение между собой АКД происходит по стыку С1 (рис. 17).

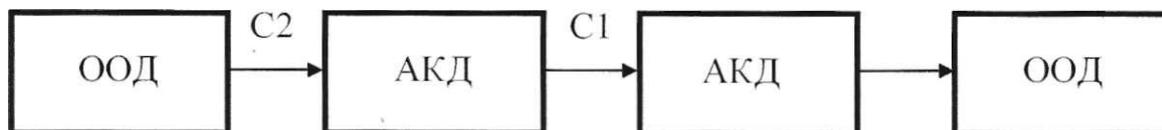


Рис. 17. Стыки в системе документальной связи

Стык С2 характеризуется последовательным способом передачи информации и обособлением сигналов управления в отдельные управляющие цепи. Сигналы в стыке С2 являются биполярными: логической единицей считается отрицательный уровень сигнала, а логическим нулём - положительный уровень сигнала. Логические уровни сигнала должны находиться по модулю в пределах от 3 В до 25 В относительно общего провода (рис. 18).

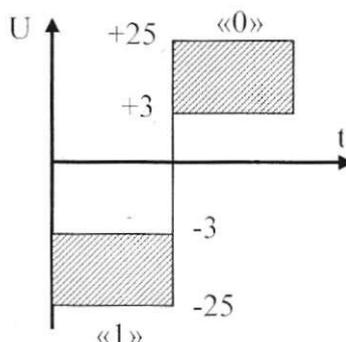


Рис. 18. Уровни сигнала стыка С2

К управляющим цепям стыка относятся цепь запроса готовности АКД, цепь готовности АКД, цепь запроса передачи и цепь готовности к передаче. Приём и передача информации происходит по двум цепям. Работа стыка С2 изображена на рис. 19. ООД терминала Т1 отправляет запрос готовности АКД, если АКД готова к работе, то на линии «АКД готова» устанавливается состояние логической единицы. Далее ООД запрашивает у АКД, имеется ли возможность передавать данные терминалу Т2. В терминале Т2 ООД также должен к этому времени привести АКД в состояние готовности. После получения запроса передачи данных АКД первого терминала пытается установить соединение с АКД второго терминала. Если соединение успешно устанавливается, то АКД первого терминала устанавливает на линии «готовность к передаче» высокий логический уровень. После этого

происходит передача данных от терминала Т1 к терминалу Т2. По окончании передачи ООД терминала Т1 снимает сигнал «запрос передачи», происходит разрыв соединения между АКД терминалов, и АКД снимает сигнал «готов к передаче».

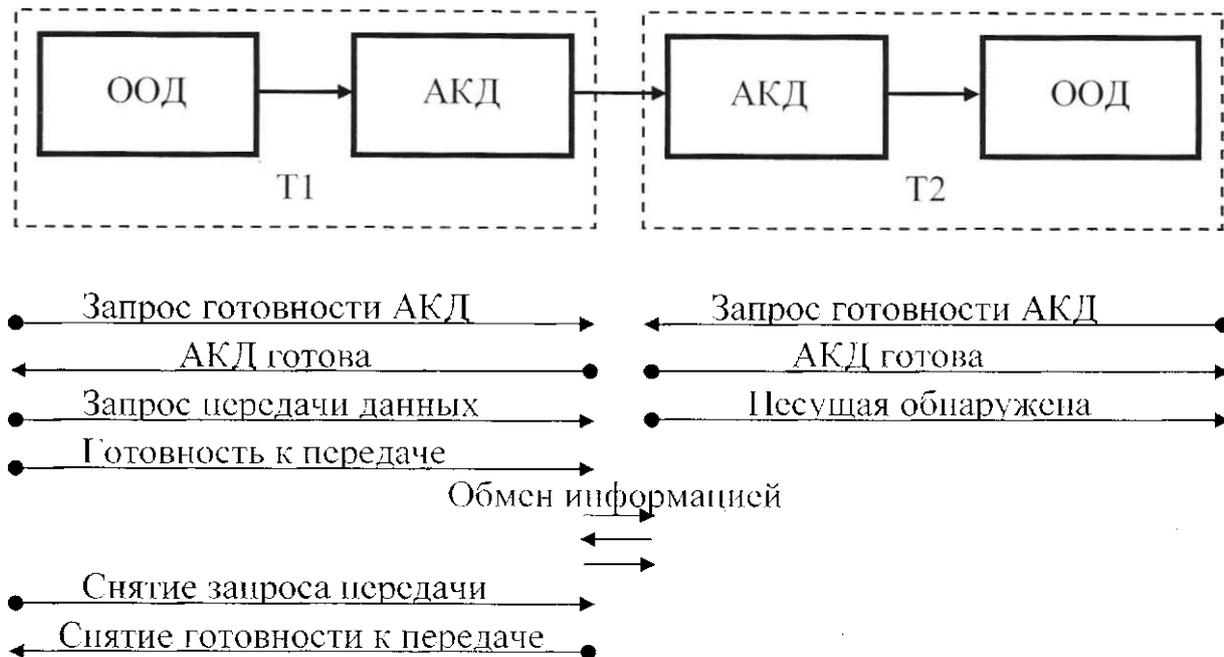


Рис. 19. Работа стыка С2

Физически стык С2 представляет собой 9- или 25-контактный разъём, расположенный на ООД или АКД. Стык С2 может использоваться для соединения ООД с АКД или прямого соединения двух ООД. В зависимости от вида соединения изменяется соединение цепей стыка. Для соединения ООД и АКД все одноимённые цепи соединяются друг с другом. В случае прямого соединения двух ООД цепи запроса/ответа соединяются крест-накрест, цепь передачи данных первого ООД соединяется с цепью приёма второго, и наоборот (рис. 20).

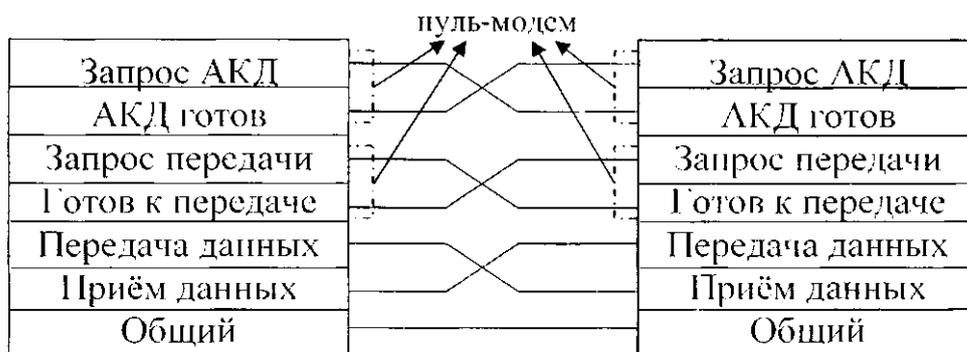


Рис. 20. Соединение цепей стыка С2

Стык интерфейса «Универсальная последовательная шина» (USB - Universal Serial Bus) характеризуется более высокой пропускной способностью по отношению к RS232 (до 480 Мбит/с). Данные передаются в последовательной форме. Стык включает в себя четыре цепи, две из которых предназначены для передачи данных и физически представляют из себя экранированную витую пару, одна является общим проводом или «землей», и последняя цепь служит для передачи питающего напряжения +5 В (рис.21).

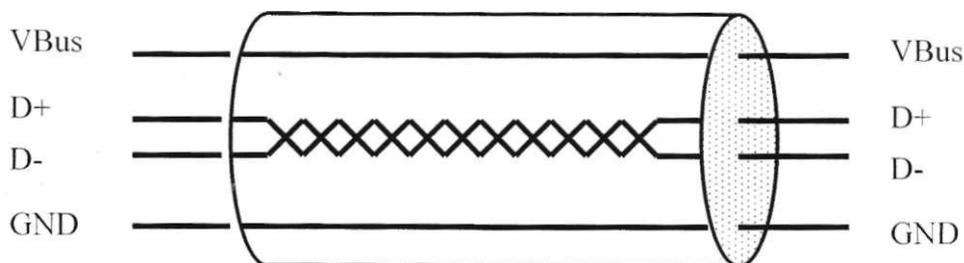


Рис. 21. Цепи стыка USB

Цепь питания предназначена для питания устройств, производящих обмен данными через USB и не имеющих своих источников питания. Суммарная мощность потребления по цепи питания не должна превышать 2,5 Вт.

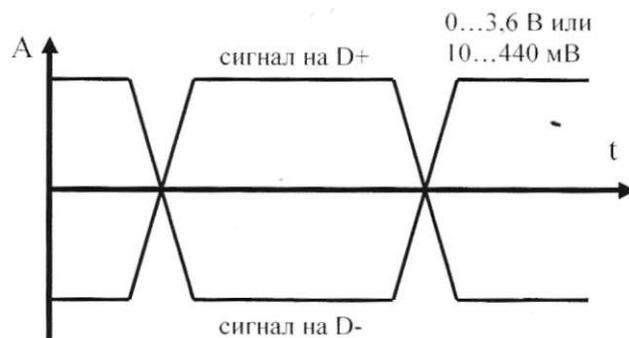


Рис. 22. Уровни сигнала USB на D+ (-) относительно «земли»

Передача данных осуществляется дифференциальным способом по методу «без возврата к нулю с инверсией» (рис. 22). Обмен информацией через USB происходит посредством пересылки пакетов данных. Пакеты могут включать в себя управляющие сигналы, адреса устройств, собственно данные и контрольную информацию. При соединении элементов системы через USB главному устройству выделяется роль ведущего, другому устройству - роль ведомого. Передача данных может инициироваться только ведущим устройством. Другое устройство (ведомое) может только отвечать на поступающие запросы (пакеты). Шина USB позволяет подключать в цепь

до 127 ведомых устройств, при этом ведущее устройство всегда только одно. Если возникает необходимость обмена информацией между несколькими ведомыми устройствами, то он происходит через ведущее устройство.

ОБМЕН ИНФОРМАЦИЕЙ МЕЖДУ АКД. СТЫК С1

Стык С1 предназначен для организации передачи данных между АКД через некоторую среду передачи (канал связи). В качестве среды передачи могут выступать провода, волноводы, оптические волокна, радиоэфир.

В зависимости от возможных направлений передачи информации между двумя объектами различают несколько способов связи. Первый способ представляет собой одностороннюю передачу от первого объекта ко второму. Такой вид связи называется *симплексным*, (рис. 23).



Рис. 23. Симплексный метод передачи

При втором способе передача возможна в обоих направлениях, но в разное время, то есть в один момент времени может осуществляться передача только в одну сторону. Такой вид передачи называется *полудуплексным* (рис. 24).

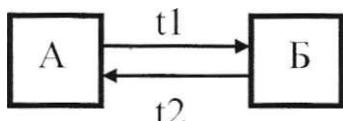


Рис. 24. Полудуплексный метод передачи

Третий способ передачи позволяет осуществлять передачу в обоих направлениях одновременно. Этот вид передачи называется *дуплексным*.

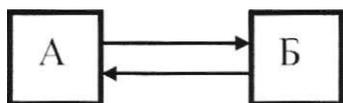


Рис. 25. Дуплексный метод передачи

В зависимости от частотных характеристик канала связи для передачи информации используются различные сигналы. Если полоса пропускания среды передачи достаточно широкая и включает постоянную составляющую, то используются импульсные сигналы с постоянной составляющей. Если

среда передачи ограничивает полосу пропускания или требуется организовать несколько дуплексных каналов, то используются различные виды модуляции.

ИМПУЛЬСНЫЕ ДВОИЧНЫЕ СИГНАЛЫ

Процесс представления информации в виде сигнала называется *кодированием*. Специальные методы кодирования способны существенно повышать надёжность передачи информации. При разработке или выборе метода кодирования существенную роль играют предполагаемая скорость передачи информации и амплитудно-частотная характеристика среды передачи.

Наипростейший вид двоичного сигнала представляет собой последовательность импульсов одинаковой длительности. Промежутки времени, выделенные для передачи одного бита информации, определяются тактовой частотой. При передаче логической единицы в течение одного такта передаётся уровень напряжения или тока одной полярности, при передаче логического нуля - другой полярности или нулевой уровень. Импульсы, соответственно, могут быть биполярными или однополярными (рис. 26). Такой сигнал называется *телеграфным*, и используется на низких скоростях передачи. Спектр сигнала содержит постоянную составляющую. Телеграфные сигналы используются на скоростях до 10 кбит/с.

Частным случаем телеграфных сигналов является код «без возврата к нулю» («NRZ» - Non Return to Zero). В этом сигнале низкий логический уровень (передача нулевых битов) соответствует нулевому напряжению, высокий логический уровень (передача единичных битов) соответствует некоторому ненулевому напряжению. Такой сигнал занимает относительно узкую полосу пропускания, включая постоянную составляющую.

Для возможности восстановления переданной информации на приёмной стороне необходимо обеспечить также передачу сведений о промежутках времени, в течение которых передаются биты информации. Если приёмное устройство способно выделять сигнал тактовой частоты, то восстановление информации происходит синхронно с её передачей. В противном случае приёмник и передатчик работают не синхронно, и информация не может быть принята верно. Так, например, при передаче длинной серии логических нулей или единиц кодом без возврата к нулю на приёмной стороне возможна потеря синхронизации.

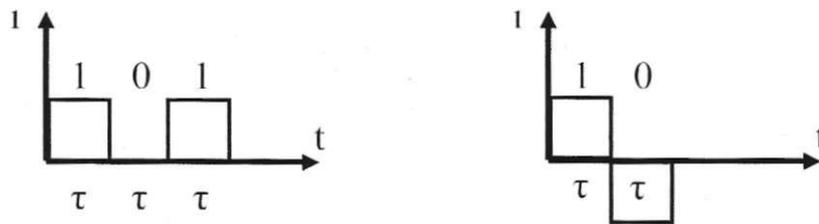


Рис. 26. Телеграфные сигналы

Усовершенствованным вариантом кода без возврата к нулю является код без возврата к нулю с инверсией. Передача нулевых битов изначально осуществляется нулевым уровнем напряжения. В дальнейшем уровень напряжения при передаче нулевых битов не изменяется по отношению к предыдущему уровню. Уровень напряжения при передаче единичных битов всегда инвертируется по отношению к предыдущему (рис. 27).

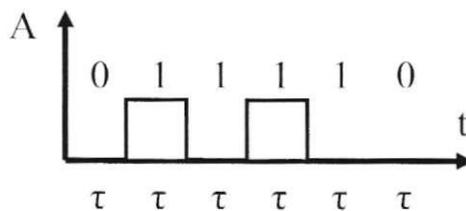


Рис. 27. Код без возврата к нулю с инверсией

Спектр сигнала «без возврата к нулю с инверсией» занимает небольшую полосу. Сигнал позволяет восстанавливать на приёмной стороне тактовую частоту и обеспечивает возможность произвольного подключения проводников соединительных цепей, то есть является неполярным.

С целью обеспечения гарантированного восстановления тактовой частоты на приёмной стороне был разработан манчестерский код. Сигнал представляет собой последовательность биполярных импульсов удвоенной частоты (по сравнению с тактовой). При передаче единичных битов формируется положительный импульс длительностью в половину длительности тактовых импульсов. При передаче нулевых битов - отрицательный импульс.

В связи с сокращением длительности передаваемых импульсов спектр такого сигнала расширяется. Сигнал не содержит постоянной составляющей и является неполярным. Манчестерское кодирование находит широкое применение при передаче данных со скоростями до 100 кбит/с.

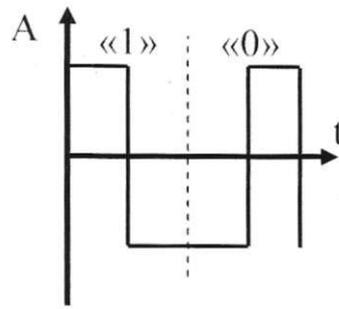


Рис. 28. Манчестерский код

Ещё одним примером двоичного сигнала может служить квазитроичный код, или код АМІ (Alternate Mark Inversion - поочерёдная инверсия единиц). Этот метод кодирования заключается в представлении нулевых битов нулевым уровнем напряжения. Единичные биты представляются поочерёдно положительным и отрицательным уровнями напряжения (рис. 29).

Квазитроичный код используется на скоростях до 1 Мбит/с. При передаче длинной серии нулей сигнал в линии отсутствует, и на приёмной стороне пропадает возможность восстановления тактовой частоты. Сигнал квазитроичного кода - неполярный, то есть его спектр не содержит постоянной составляющей.

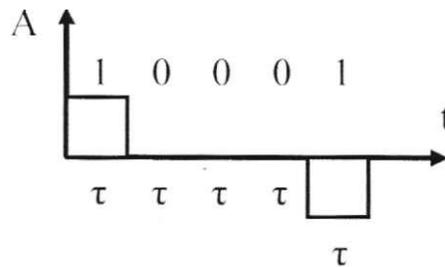


Рис. 29. Квазитроичное кодирование

Одним из решений проблемы синхронизации приёмной и передающей сторон при передаче данных является скремблирование. Скремблирование позволяет увеличить неоднородность исходного сообщения, в результате чего из исходного сообщения удаляются серии однозначных бит. Скремблирование заключается в смешивании кодовой комбинации исходного сообщения с некоторой заданной кодовой комбинацией. Полученное скремблированное сообщение передаётся через канал связи. На приёмной стороне происходит дескремблирование сообщения, то есть из принятой кодовой комбинации вычитается (на самом деле, складывается по модулю два) кодовая комбинация скремблера и получается исходное сообщение (рис. 30).

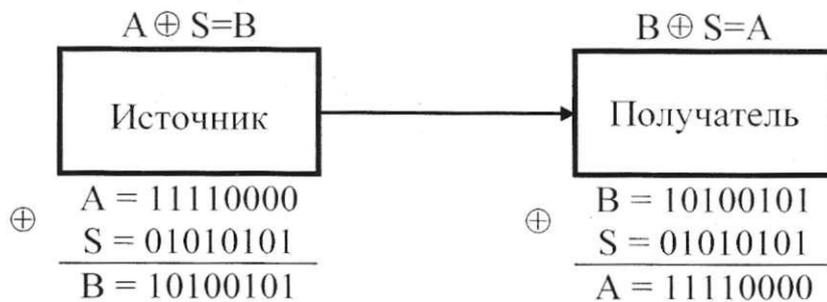


Рис. 30. Скремблирование

ПЕРЕДАЧА ДВОИЧНЫХ СИГНАЛОВ ЧЕРЕЗ КАНАЛЫ ТОНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ

Изобретение вычислительных машин вскоре привело к необходимости обмена информацией между ними. Использование телеграфных линий связи вносило ограничения на скорость передачи, что постепенно перестало удовлетворять потребности ввиду увеличения объёма передаваемых данных.

Исторически сложилось так, что при возникновении проблемы организации связи между удалёнными вычислительными машинами, уже существовала сеть телефонной связи, которая позволяла достаточно быстро устанавливать электрический канал между двумя географически удалёнными точками.

Однако непосредственное использование телефонного канала для передачи дискретной информации невозможно. Как отмечалось выше, спектр двоичных импульсных сигналов содержит в себе постоянную составляющую или составляющие с частотами, близкими к нулю. Полоса пропускания телефонного канала составляет 3100 Гц и снизу ограничена частотой 300 Гц. Таким образом, для передачи спектра двоичного сигнала через телефонный канал его нужно преобразовать и «поместить» в полосу пропускания канала связи. Одновременно с задачей переноса спектра возникают достаточно сложные задачи повышения информационной скорости передачи и повышения помехоустойчивости используемых сигналов.

. Задача переноса спектра решается с помощью модуляции несущих колебаний. При этом спектр двоичного сигнала переносится в область несущей частоты. Если несущая частота расположена в полосе пропускания канала связи, то и спектр двоичного сигнала частично или полностью попадёт в полосу пропускания и будет передан через канал связи. Изменением видов модуляции можно добиться разной пропускной способности канала связи. Чем более полно будет использоваться полоса пропускания канала связи, тем выше можно получить скорость передачи. Однако предел пропускной способности определяется теоремой Шеннона.

С решением задачи увеличения пропускной способности одновременно решается задача повышения помехоустойчивости сигналов.

ВИДЫ МОДУЛЯЦИИ

Модуляция представляет собой процесс изменения каких-либо параметров несущего колебания в соответствии с передаваемой информацией. Несущее колебание - это гармонический синусоидальный сигнал

$$S(t) = A_M \sin(\omega t + \varphi),$$

параметрами которого являются амплитуда, частота и фаза. Таким образом, информация может быть передана изменением амплитуды, частоты или фазы синусоидального колебания или комбинированным изменением этих параметров.

При *амплитудной модуляции* изменяется амплитуда колебания в соответствии с передаваемыми битами. Например, единичные биты могут быть переданы некоторой ненулевой амплитудой, а нулевые биты - нулевой амплитудой (рис. 31). Такой вид модуляции называется также амплитудной манипуляцией.

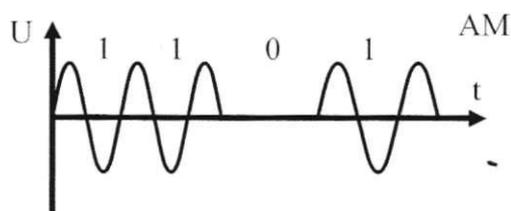


Рис. 31. Амплитудная модуляция

При *частотной модуляции* в соответствии с передаваемыми битами изменяется частота колебания. Единичные биты в этом случае могут передаваться частотой F_1 , а нулевые биты — частотой F_2 (рис. 32). Такой вид модуляции называют также частотной манипуляцией.

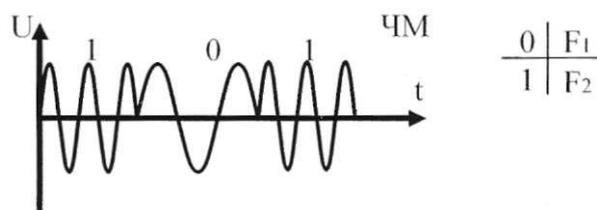


Рис. 32. Частотная модуляция

Изменение фазы колебания в соответствии с передаваемыми битами происходит при *фазовой модуляции*. В этом случае единичные биты передаются с фазой колебания φ_1 , а нулевые биты - фазой φ_2 . Для увеличения помехоустойчивости значения фаз выбираются противоположными. Такой вид модуляции называют фазовой манипуляцией (рис. 33).

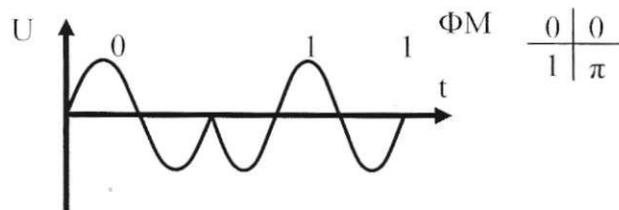


Рис. 33. Фазовая модуляция

Основным недостатком фазовой манипуляции является возможная инверсия при приёме фазоманипулированного сигнала. Как известно, детектирование фазомодулированного сигнала происходит при сравнении его фазы с фазой сигнала несущей частоты. Несущая частота же выделяется из принятого сигнала путём умножения его частоты на два. При попадании же помехи из канала связи в фазовый детектор возможен переворот фазы опорного колебания на 180° , после чего вся принимаемая информация будет инвертирована до приёма новой помехи.

С целью исключения явления инверсии в 1954 году советским учёным Петровичем был предложен сигнал относительной фазовой модуляции. Отличительной особенностью данного сигнала является то, что фаза текущего колебания зависит не только от передаваемого бита информации, но и от фазы предыдущего колебания. Например, нулевой бит может передаваться отсутствием изменения фазы, а единичный - переворотом фазы на 180° . Таким образом, информация передаётся не фазой колебания, а её изменением. При возникновении помехи при приёме искажённым останется только один бит, дальше правильный приём восстановится.

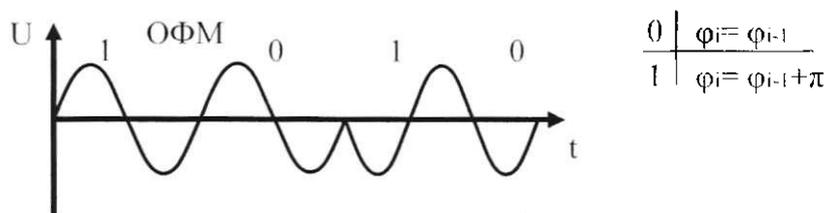


Рис. 34. Относительная фазовая модуляция

Передача с использованием амплитудной, частотной, фазовой или относительной фазовой модуляции ограничивается по скорости полосой пропускания канала связи. Так как телефонный канал предоставляет полосу пропускания $\Delta F_{тч} = (3400 - 300) \text{ Гц} = 3100 \text{ Гц}$, то максимальная

скорость модуляции по критерию Найквиста не может превышать $V_{MAX} = 3100$ Бод. Поскольку за одну посылку при данных способах модуляции не может передаваться информации более одного бита, то накладывается ограничение скорости передачи информации $U_{MAX} = 3100$ бит/с. Кратность модуляции во всех представленных случаях равна единице. Поскольку из-за возникновения искажений на границах полоса телефонного канала не может использоваться полностью, то на практике максимальная скорость передачи ограничивается значением 2400 бит/с.

О возможности увеличения скорости передачи информации говорит теорема Шеннона, согласно которой теоретический предел пропускной способности телефонного канала составляет 24...30 кбит/с в зависимости от его шумовых свойств. На практике увеличение скорости передачи информации через телефонный канал достигается увеличением кратности модуляции, то есть за одну посылку передаётся два и более бит. С этой целью у несущего колебания можно менять несколько параметров одновременно. Например, изменяя амплитуду и фазу колебаний, можно передавать несколько бит одновременно. Такого же эффекта можно добиться сопоставляя кодовые комбинации из нескольких бит некоторым значениям частот. Предел увеличения кратности модуляции определяет сложность построения приёмной аппаратуры, которая бы была способна безошибочно различить два соседних состояния сигнала на фоне шумов.

Рассмотрим некоторые примеры сигналов с многократной модуляцией. Сигнал с двойной относительной фазовой модуляцией представлен на рис. 35. Сигнал имеет четыре состояния, каждое из которых отображается на сигнальной плоскости в виде вектора. Направление вектора соответствует фазе сигнала, а его длина - амплитуде. Совокупность всех векторов называется *сигнальным созвездием*. Сигналы необязательно отображаются векторами, допустимо изображение только конечных точек векторов, что значительно упрощает восприятие изображений многосигнальных созвездий.

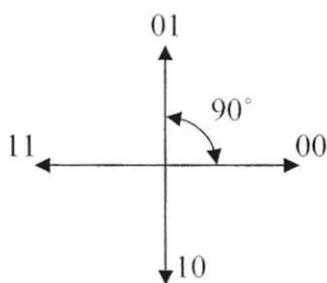


Рис. 35. Двойная ОФМ

Тройная относительная фазовая модуляция представлена на рис. 36. Здесь между соседними сигнальными векторами угол составляет 45° .

Каждый сигнал передаёт трёхбитную кодовую комбинацию. Сигнальное созвездие состоит из восьми сигналов.

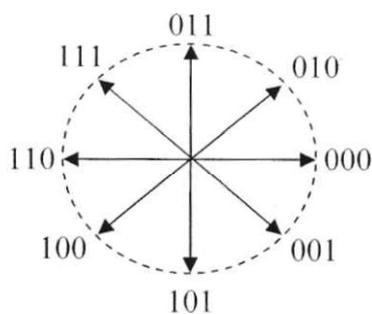


Рис. 36. Тройная ОФМ

Дальнейшее уменьшение углового расстояния между соседними векторами с целью увеличения кратности приводит к существенному снижению помехоустойчивости. Это вызвано высокой сложностью построения детектора таких сигналов на приёмной стороне. Поэтому увеличение кратности модуляции достигается добавлением на сигнальную плоскость векторов с меньшей амплитудой. Таким образом удаётся увеличить количество сигналов до 16, причём эти сигналы реально можно различить на приёмной стороне. Максимальная скорость передачи информации в этом случае возрастает с 2400 до 9600 бит/с. Такой способ модуляции называется *амплитудно-квадратурный*, его сигнальное созвездие представлено на рис. 37.

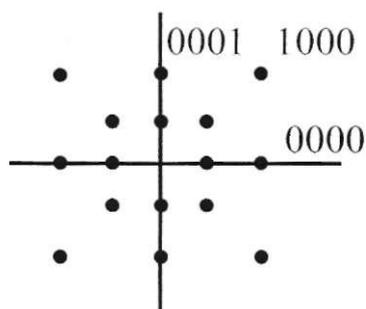


Рис. 37. Квадратурная амплитудная модуляция

Структурная схема формирователя амплитудно-квадратурного сигнала представлена на рис. 38. Формирователь состоит из сдвигового регистра, чётные разряды входной кодовой комбинации с которого поступают на верхнее плечо, а нечётные - на нижнее плечо. В каждом плече расположены кодер и перемножитель. Кодер в зависимости от поступившего бита информации устанавливает на своём выходе положительный или

отрицательный уровень напряжения. На перемножитель верхнего плеча поступает синусоидальный сигнал, амплитуда которого на выходе определяется уровнем напряжения кодера. В нижнем плече на перемножитель поступает косинусоидальный сигнал, то есть находящийся в квадратуре по отношению к опорному колебанию верхнего плеча. Сигналы с выхода перемножителей складываются в сумматоре и отправляются в канал связи.

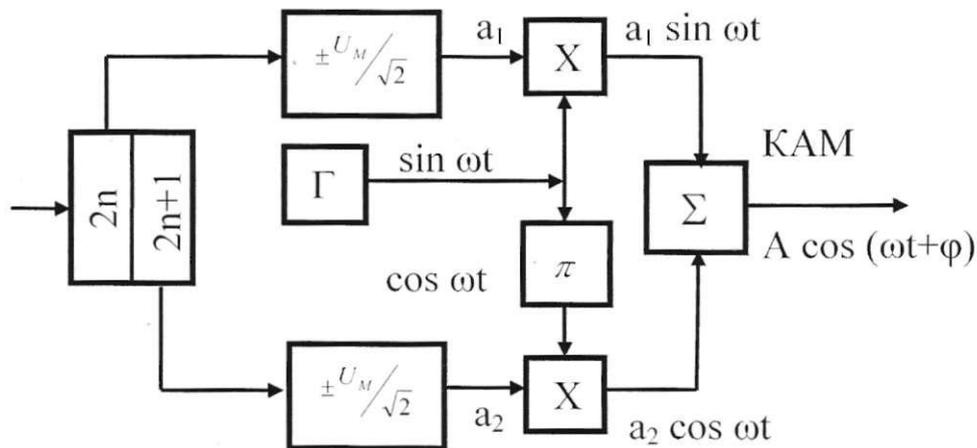


Рис. 38. Амплитудно-квадратурный модулятор

Стремительное увеличение количества передаваемой информации, вызванное введением в документы изображений и звуков, привело к поиску новых высокоскоростных способов связи между удалёнными вычислительными машинами. Предельная скорость 33 кбит/с, обеспечиваемая телефонным каналом, не может удовлетворить современные требования. Наиболее сложным вопросом остаётся выбор такой среды передачи, которая бы обеспечивала надёжную и в то же время защищённую передачу информации, оставаясь при этом недорогой в создании и эксплуатации. До сих пор представляют интерес линии телефонной связи. Практическая полоса пропускания телефонной линии на последней миле (от АТС до абонента) может достигать 1 МГц. Если использовать такую полосу пропускания, то появляется возможность увеличения скорости передачи до 50 Мбит/с. Таким образом, абонентский терминал (ЭВМ) может соединяться с высокоскоростной локальной сетью вычислительных машин АТС и получать доступ к её ресурсам.

Одним из вариантов такого подключения является технология ISDN. В полосе телефонного провода последней мили формируются три канала, два из которых по 64 кбит/с используются для передачи данных, а один на 16 кбит/с - для передачи управляющих сигналов (рис. 39). Общая информационная скорость составляет 160 кбит/с. На стороне абонента устанавливается декодирующее устройство - сетевое окончание, которое позволяет разделить каналы и управляет абонентским терминальным

оборудованием. В качестве оборудования могут выступать, например, телефоны, ЭВМ.

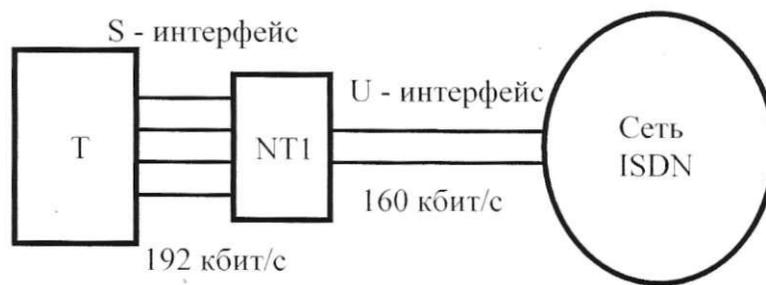


Рис. 39. Технология ISDN

Между терминальным оборудованием и сетевым окончанием передача данных осуществляется с использованием квазитройного кода. Для передачи информации через линию связи используется четырехуровневый код (рис. 40). Кратность такого кода равна двум, а скорость модуляции составляет 80 кБод.

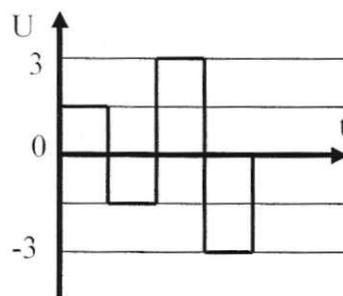


Рис. 40. Сигнал в абонентской линии

Особенность данной технологии в том, что она способна предоставлять ряд услуг, определяемых сетью ISDN. Однако скорость передачи данных при этом не может превышать 128 кбит/с, что существенно снижает область применения этой технологии в документальной электросвязи.

Более совершенный вариант использования последней мили телефонной линии - технология xDSL (рис. 41). Данная технология позволяет использовать всю полосу пропускания телефонного провода, которая составляет около 1 МГц. Вся полоса пропускания разбивается на множество подканалов, каждый из которых условно повторяет обычный канал тональной частоты. Самый первый подканал может использоваться для передачи речи, а остальные - для передачи данных (рис. 42). В каждом подканале формируется свой сигнал с многократной модуляцией. Использование множества каналов позволяет сформировать оптимальные условия передачи в каждом из них путём подстройки аппаратуры к их частотным и фазовым характеристикам. Если в некоторых подканалах

передача может быть затруднена из-за наличия помех, то скорость ограничивается, но передача не прекращается, а в зависимости от уровня помех изменяется кратность модуляции. Технология деления полосы пропускания на подканалы получила название «дискретный мультитон».

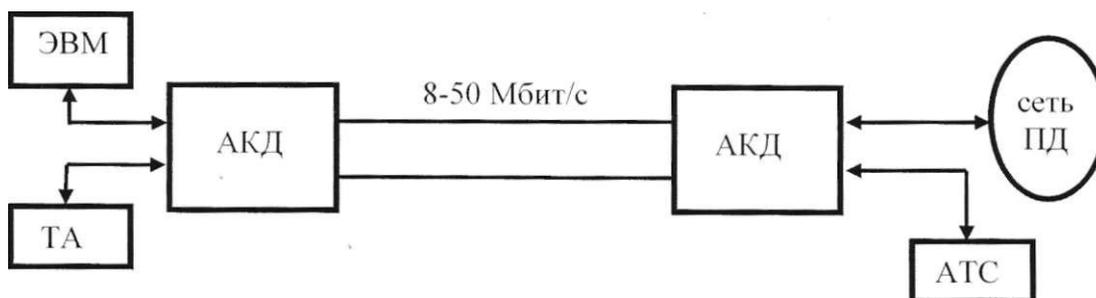


Рис. 41. Технология xDSL

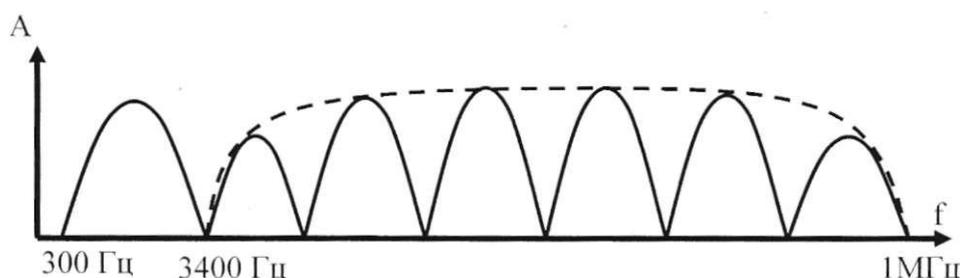


Рис. 42. Использование полосы пропускания телефонного провода

РАЗДЕЛЕНИЕ КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ ПРИ ДУПЛЕКСНОЙ СВЯЗИ

Организация дуплексной связи требует наличия двух каналов. При использовании телефонных каналов используют частотный метод разделения и метод эхокомпенсации. При частотном методе разделения полоса пропускания делится на два подканала (рис. 43). Нижняя полоса используется для передачи вызывающей стороной, верхняя полоса - отвечающей. Поскольку полосы обоих подканалов не должны перекрываться, то скорость модуляции в каждом подканале ограничивается и не превышает 600 Бод.

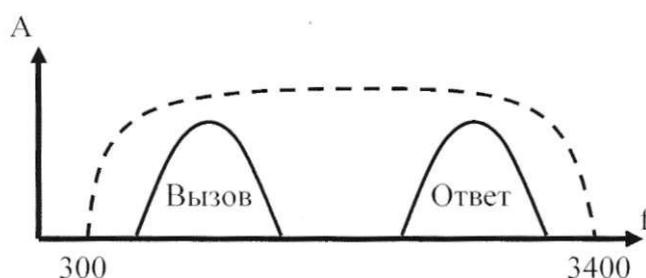


Рис. 43. Частотное разделение каналов

Метод эхокомпенсации позволяет использовать для передачи всю полосу пропускания как вызывающей стороной, так и отвечающей. Метод основан на принципе телефонного разговора - каждая сторона может говорить и понимать слова своего собеседника, используя при этом один и тот же канал связи. При передаче данных аналогично телефонному разговору на каждой стороне производится вычитание своего собственного сигнала из сигнала линии связи. Схема устройства эхокомпенсации приведена на рис. 44.

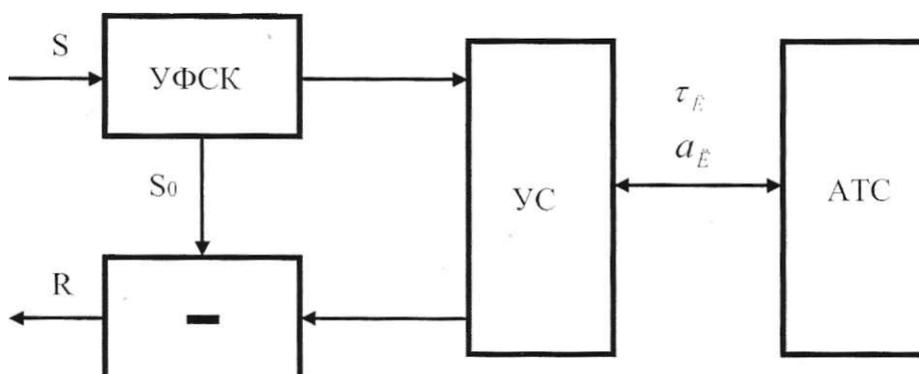


Рис. 44. Схема устройства эхокомпенсации

Схема включает в себя устройство формирования сигнала компенсации (УФСК), устройство согласования для преобразования двухпроводной линии в четырёхпроводную (УС), линию задержки, аттенюатор и вычитатель. Перед началом передачи данных производится зондирование линии связи. При зондировании определяется затухание a , и время распространения сигнала от первой АКД до второй АКД или до АТС τ . В соответствии с измеренными значениями устанавливаются величина затухания и время задержки в УФСК, согласно которым формируется задержанный и ослабленный сигнал S_0 . В вычитателе из сигнала линии связи, который содержит смесь сигналов обеих сторон, вычитается свой собственный сигнал. В результате на выходе вычитателя образуется сигнал, переданный противоположной стороной. Разделение каналов методом эхокомпенсации позволяет обеим сторонам вести передачу данных со скоростью модуляции до 2400 Бод.

ПРОТОКОЛЫ МОДУЛЯЦИИ

Процедуры обмена информацией между АКД с использованием телефонных каналов связи регламентируются серией протоколов «V.xx». Если некоторые протоколы имеют несколько редакций, то вторая редакция обозначается как «V.xx bis», а третья - как «V.xx ter».

Протокол V.21 позволяет организовать дуплексный режим передачи. Для передачи используется ЧМ сигнал. Дуплексный режим обеспечивается частотным разделением канала связи на 2 части. Нижняя часть полосы

используется вызывающей стороной. Для передачи логической единицы используется частота 980 Гц, для передачи логического нуля - 1180 Гц. Верхняя часть полосы используется отвечающей стороной. Логическая единица здесь соответствует частоте 1650 Гц, логический ноль - частоте 1850 Гц. Скорость модуляции для каждой стороны составляет 300 Бод. Так как используется однократная модуляция, то информационная скорость равна 300 бит/с (рис. 45).

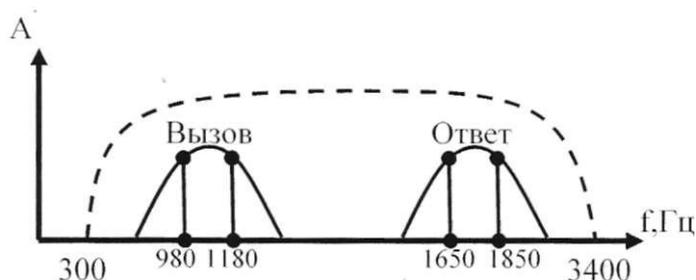


Рис. 45. Протокол V.21

Протокол V.22 также обеспечивает дуплексный режим передачи, но в нём используется сигнал с ОФМ. Канал также делится на две полосы, нижняя полоса предназначается для вызывающей стороны, верхняя - для отвечающей. В середине каждой полосы располагается несущая частота - 1200 Гц и 2400 Гц соответственно. За счёт более полного использования всей полосы пропускания телефонного канала данный протокол гарантирует скорость модуляции 600 Бод. Если используется двухпозиционный сигнал (однократная модуляция), то информационная скорость составляет 600 бит/с. При использовании четырёхпозиционного ОФМ сигнала (двукратная модуляция) информационная скорость увеличивается в два раза и составляет 1200 бит/с.

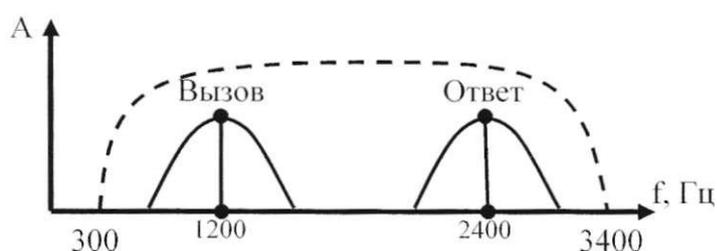


Рис. 46. Протокол V.22

Протокол V.22 bis аналогичен протоколу V.22 (обеспечивается дуплексный режим за счёт частотного разделения полосы канала), но позволяет обмениваться данными с использованием КАМ сигнала.

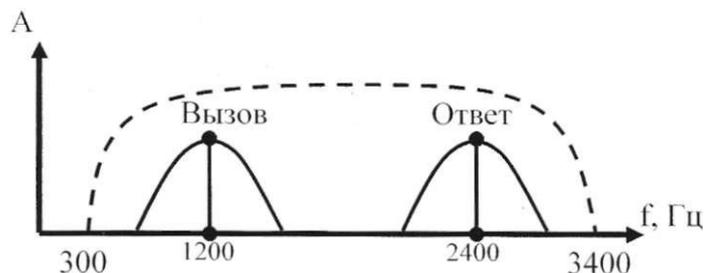


Рис. 47. Протокол V.22 bis

В протоколе возможно использование четырёх- или шестнадцатипозиционной модуляции при скорости модуляции 600 Бод. При четырехпозиционной модуляции для обозначения сигнала на сигнальной плоскости используются только два первых бита, в результате чего сигнал КАМ вырождается и становится тождественным сигналу ОФМ с двукратной модуляцией. В этом случае протокол полностью совместим с протоколом V.22, а информационная скорость передачи составляет 1200 бит/с.

При шестнадцатипозиционной модуляции используются все возможные сигналы из шестнадцати, каждый сигнал соответствует четырёхбитной кодовой комбинации, и скорость передачи информации составляет 2400 бит/с.

Для обеспечения совместимости протоколов V.22 и V.22 bis каждая поступающая четырёхбитная кодовая комбинация b,b,b,b разбивается пополам. Первые два бита определяют фазу сигнала (квадрант сигнальной плоскости), а два последних - амплитуду сигнала. В случае скорости 1200 бит/с информационными в каждой четвёрке бит являются только первые два, остальные имеют постоянное значение.

Протокол V.22 bis исчерпал возможности увеличения скорости передачи с использованием частотного разделения канала. Дальнейшее попытки увеличения скорости приводили к существенному снижению верности передаваемой информации. Решение возникшей проблемы обеспечивал протокол V.32. В данном протоколе полоса пропускания телефонного канала используется полностью обеими сторонами, а дуплексный режим работы обеспечивается эхокомпенсацией.

. Несущая частота составляет 1800 Гц, используется сигнал с КАМ (рис. 48). Полное использование полосы пропускания позволяет получить скорость модуляции 2400 Бод. Информационная скорость при однократной модуляции составляет 2400 бит/с, при двукратной - 4800 бит/с и при четырёхкратной - 9600 бит/с.

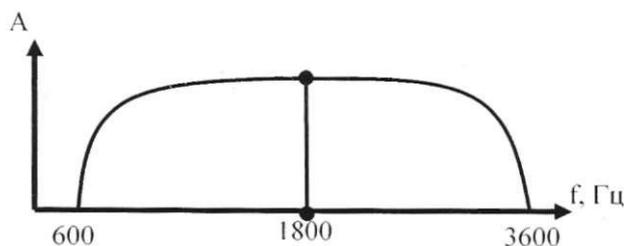


Рис. 48. Протокол V.32

Для компенсации искажений сигнала, возникающих в линии, в протоколе предусмотрена коррекция на приёмной стороне частотных и фазовых искажений с помощью эквалайзера с фиксированными настройками.

Во второй редакции протокола V.32 для увеличения скорости передачи используется метод избыточного кодирования - Треллис кодирование. В результате этого удаётся создать 128 позиционный сигнал и передавать данные со скоростью 14 400 бит/с. Также протокол V.32 bis поддерживает скорости 12 000 бит/с при 64-позиционном сигнале и 9600 бит/с при 32-позиционном сигнале.

Дальнейшее увеличение скорости невозможно без адаптации передающей и приёмной аппаратуры к конкретной линии связи. В протоколе V.34 адаптация происходит следующим образом. Линия связи зондируется специальным сигналом для определения её амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик. В соответствии с полученными характеристиками выбирается один из 11 шаблонов предварительной коррекции сигнала на передающей стороне. По выбранному шаблону производится введение линейных предыскажений в передаваемый сигнал. Для компенсации нелинейных искажений сигнал подвергается нелинейным предыскажениям. В зависимости от характеристики линии также выбирается скорость модуляции из шести возможных и значение несущей из пары возможных для каждой скорости. В соответствии с выбранной скоростью модуляции выбирается максимально возможная информационная скорость. Максимальная информационная скорость составляет 28 800 бит/с.

Улучшение качества связи в современных телефонных каналах позволяет использовать полосу пропускания несколько большую, чем стандартный диапазон 300...3400 Гц. В протоколе V.34 bis благодаря этому добавлено несколько скоростей модуляции, а максимальная информационная скорость составляет 33 600 бит/с. Скорость 33 600 бит/с подошла вплотную к максимальной теоретически возможной согласно теореме Шеннона.

Новый скачок увеличения скорости произошёл при появлении цифровых АТС, которые прежде всего обеспечивают более широкую полосу пропускания до 4 кГц. Кроме того, было установлено, что искажение сигналов происходит только при аналого-цифровом преобразовании из-за добавления шума квантования (рис. 49).



Рис. 49. Искажения сигналов при АЦП

Таким образом, если на стороне цифровой АТС, к которой подключена АКД через линию связи, к каналу после АЦП подключается ООД, то передача данных со стороны АТС может осуществляться со скоростью до 56 кбит/с, а в обратном направлении - до 33 кбит/с. Такая процедура взаимодействия описывается протоколом V.90. Если на пути сигнала встречаются два АЦП, то протокол не работает и производит переключение на протокол V.34. Протокол V.90 используется, главным образом, для обеспечения удалённого доступа к ресурсам локальной сети вычислительных машин АТС через телефонную линию (рис. 50).

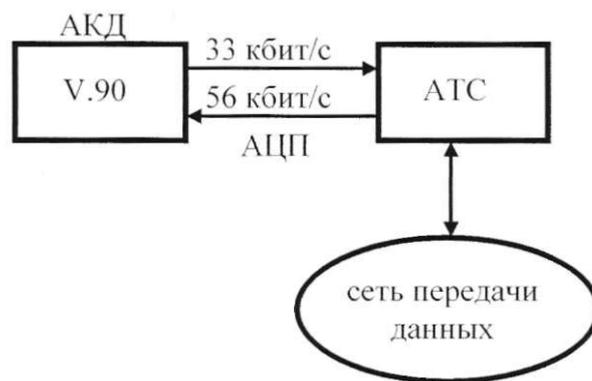


Рис. 50. Протокол V.90

Усовершенствованным вариантом протокола V.90 является протокол V.92. В нём за счёт возможного расширения полосы пропускания на цифровых АТС информационная скорость передачи от АТС увеличена до 64 кбит/с и в сторону абонента - до 44 кбит/с. Так же как и в протоколе V.90, АКД может работать только с аппаратурой АТС и не может производить соединения с аналогичной удалённой АКД.

Перед соединением высокоскоростных модемов (АКД) на выбранной в зависимости от типа линии скорости происходит обмен информацией. Каждая сторона сообщает противоположной о своём наборе скоростей и принимается решение, на какой максимально возможной скорости в дальнейшем будет происходить обмен данными. Процедура обмена такой информацией описана в протоколе V.8. Для обмена используется протокол V.21. Взаимодействие сторон во времени представлено на рис. 51.

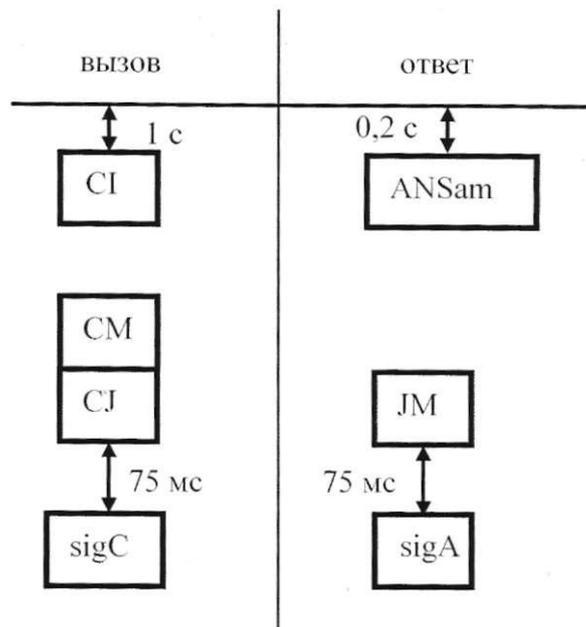


Рис. 51. Взаимодействие по протоколу V.8

После получения сигнала вызова отвечающая сторона формирует сигнал ANSam (рис. 52). Через одну секунду вызывающая сторона уведомляет отвечающую сторону сигналом CI (call indicator). Далее следует обмен сигналами меню CM (call menu - меню вызывающей стороны), JM (joint menu - сигнал объединения меню) и CJ (causal joint - подтверждение меню).

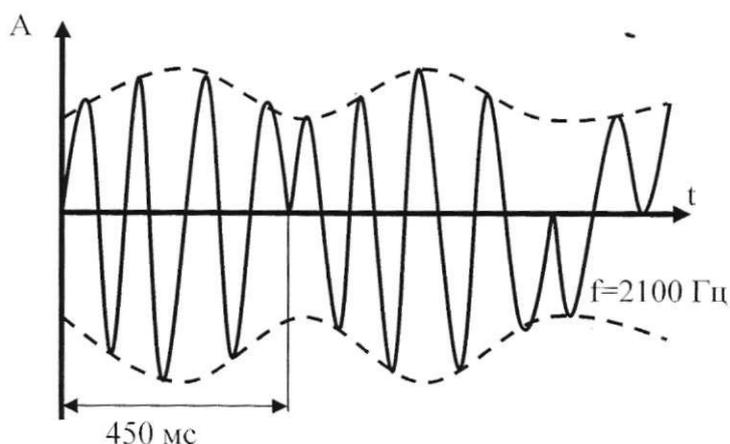


Рис. 52. Фазоманипулированный сигнал ответа ANSam

Передача сообщений происходит посредством октетов. Перед сообщением отправляется два синхронизирующих октета. Количество информационных октетов может быть более одного. В каждом октете первые 4 бита $b_0...b_3$ определяют категорию информации, последние 3 бита $b_5...b_7$ являются собственно информацией (рис. 53).

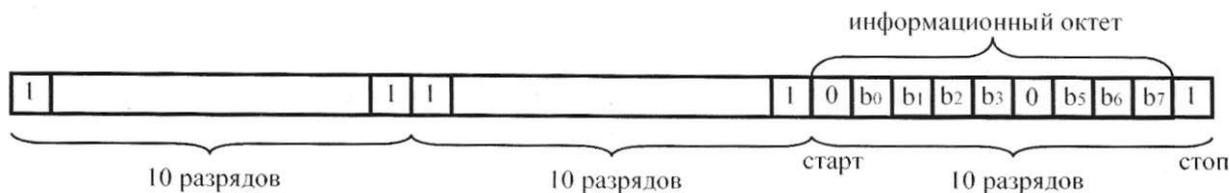


Рис. 53. Передача информации по V.8

КОДИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ

При передаче данных через телефонные каналы связи используются безыбыточное и избыточное кодирование. Безыбыточное кодирование позволяет передавать данные с максимальной скоростью, которую может обеспечить канал, однако при этом не гарантируется верность принятой информации. Схема безыбыточного кодера представлена на рис. 54. Кодирование информации осуществляется дифференциальным методом, то есть текущая кодовая комбинация на выходе зависит от предыдущей выходной и текущей входной кодовых комбинаций. Выходная кодовая комбинация поступает на модулятор, который формирует сигнал для передачи в линию.

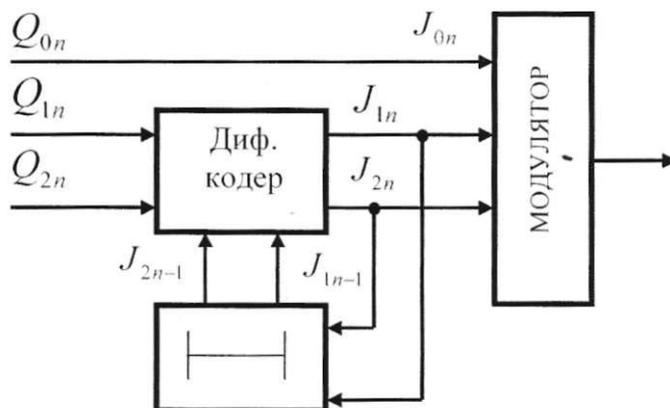


Рис. 54. Дифференциальный кодер

При избыточном кодировании в передаваемых кодовых комбинациях содержится дополнительная информация, предназначенная для контроля верности принятых данных. Такая дополнительная информация может позволять не только обнаруживать ошибки, но и исправлять их. При передаче информации через телефонные каналы связи используется избыточное треллис-кодирование. К исходной кодовой комбинации добавляется проверочный разряд, соответственно на сигнальной плоскости количество сигналов увеличивается в 2 раза, часть из которых - запрещённые. Закодированная кодовая комбинация в виде разрешённого сигнала передаётся через линию связи (рис. 55). После приёма исходная

кодирование восстанавливается по критерию максимального правдоподобия - правилу Витерби. Вычисляются расстояния Хэмминга до соседних разрешённых сигналов. Переданным сигналом считается тот, до которого расстояние Хэмминга имеет минимальное значение. Использование треллис-кодирования позволяет повысить информационную скорость передачи ценой передачи избыточной информации. Например, при передаче информации со скоростью 16 800 бит/с фактическая информационная скорость составляет 14 400 бит/с.

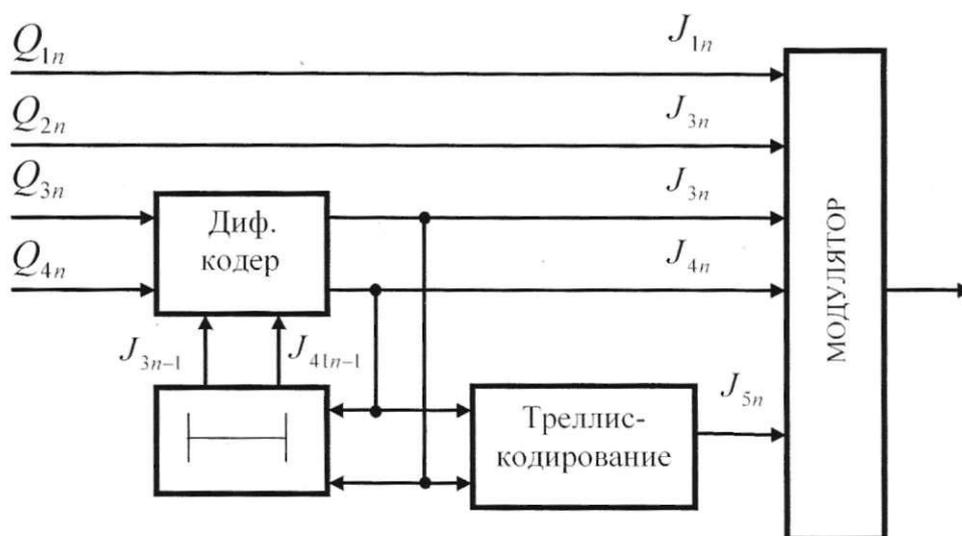


Рис. 55. Треллис-кодирование

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ООД И АКД

Взаимодействие модема (АКД) и ООД может происходить в нескольких режимах. В модемах, поддерживающих рекомендации серии «V», используются два режима работы. Первый режим - командный. В этом режиме происходит приём команд от ООД и их выполнение. Второй режим - передача данных. В этом режиме происходит обмен данными между удалёнными ООД через модемы. Передача информации от ООД к АКД и обратно происходит через стык С2 (RS232) (рис. 56).

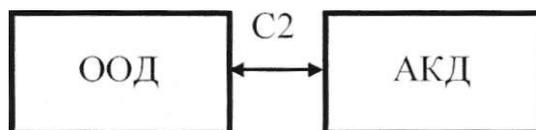


Рис. 56. Подключение модема к ООД

Модем в своём составе содержит цифровой и сигнальный процессоры, постоянную, оперативную и перепрограммируемую память, систему индикации, а также согласующие устройства с линией связи и со стыком С2.

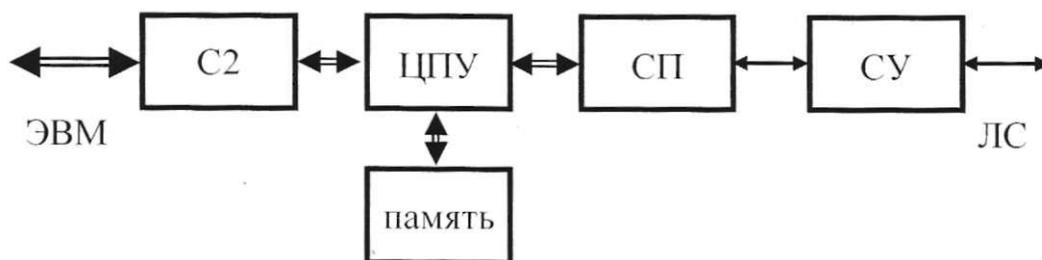


Рис. 57. Структурная схема модема

В постоянной памяти хранится управляющая программа, обеспечивающая работу модема по заданным протоколам. Оперативная память используется для временного хранения внутренних переменных, а также для хранения буферов исходящих и принимаемых данных. Перепрограммируемая память является не зависимой от питающего напряжения и хранит состояния так называемых S-регистров. S-регистры предоставляют возможность изменения некоторых характеристик модемов в соответствии с типом линии связи, особенностями работы с ООД и т. п.

В командном режиме происходит приём командных строк от ООД и их обработка, после которой ООД сообщается об успешном или неуспешном выполнении команды. Большинство модемов поддерживает AT-команды, которые начинаются с префикса «AT». За данным префиксом следует символ, обозначающий команду, может быть её модификатор и параметры. Например, команда набора телефонного номера 555-777 выглядит как «ATDP555777». В данном случае символ D обозначает команду «набрать телефонный номер», модификатор «P» - импульсный способ набора, в качестве параметра команды выступает номер «555777». При успешном выполнении команды модем отправляет ООД ответ «OK», при возникновении ошибки - «ERROR». Команды и ответы на них передаются через С2 в открытом виде как текст в кодировке ASCII.

. Переход в режим передачи данных происходит, как правило, автоматически после установления соединения. При необходимости прервать передачу данных, например, для отправки команд, ООД отправляет модему escape-последовательность, после приёма которой устанавливается командный режим без разрыва соединения. В случае разрыва соединения модем автоматически возвращается в командный режим работы.

ПЕРЕДАЮЩЕЕ ТЕЛЕГРАФНОЕ УСТРОЙСТВО

Передающее телеграфное устройство предназначено для формирования телеграфного сигнала и его передачи в линию связи. С этой целью передающее устройство выполняет задачи ввода символов, их кодирования, преобразования параллельного кода в последовательный и его передачи.

Структурная схема передающего устройства изображена на рис. 58. Оператор осуществляет ввод текста сообщения с помощью устройства ввода. В качестве устройства ввода могут выступать клавиатура, считыватель перфоленты, магнитные носители информации, ЭВМ. Если информация поступает с клавиатуры, то в шифраторе происходит кодирование символа в соответствии с принятым алфавитом. Так, стандартными для телеграфии являются пятиразрядный код МТК-2 или восьмиразрядный код МТК-5. Полученный код символа из шифратора (Ш) или из автоматизированных носителей поступает в наборное устройство. Полученный код символа из шифратора (Ш) или из автоматизированных носителей поступает в наборное устройство.

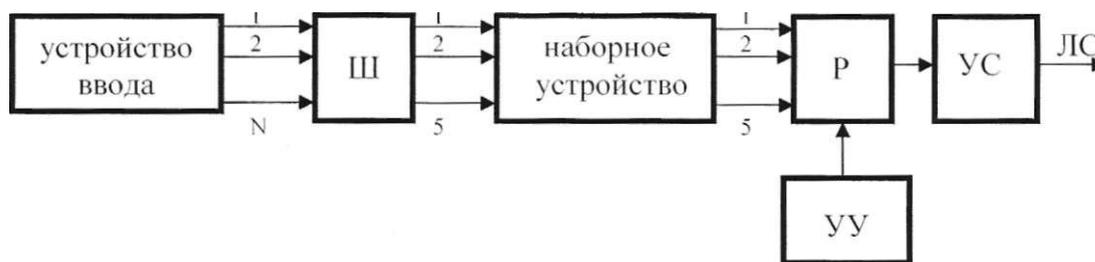


Рис. 58. Телеграфное передающее устройство

Наборное устройство представляет собой регистр памяти и предназначен для хранения кода передающегося символа на время его передачи в линию. Таким образом, код поступает в наборное устройство, запоминается в нём, после чего наборное устройство не реагирует на изменения кода на входе, а на своём выходе сохраняет запомненный код. Многоразрядный передаваемый код с помощью распределителя (Р) преобразуется в последовательный вид. Каждый бит кода передаётся в линию связи через устройство согласования (УС) со скоростью модуляции в виде биполярных импульсов. Скорость работы распределителя поддерживается устройством управления (УУ).

Простейшее устройство ввода информации - клавиатура. Каждому символу соответствует своя кнопка и электрический контакт. При нажатии кнопки электрический контакт замыкается, и на выходе на соответствующей линии появляется активный уровень. В случае линейного построения схемы клавиатуры (рис. 59), например, для кода МТК-2 требуется 32 линии на выходе в соответствии с 5-разрядным используемым кодом. Активность одной из линий соответствует одной из 32 возможных кодовых комбинаций.

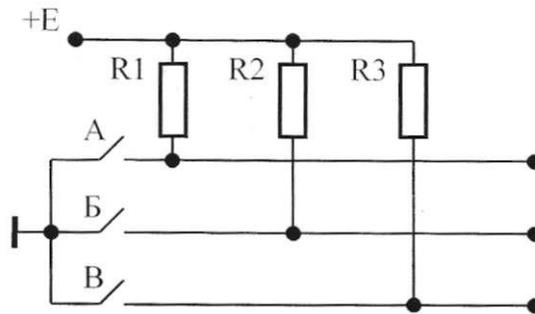


Рис. 59. Клавиатура

Шифратор выполняет функцию преобразования первичного алфавита (символов) в соответствующий код. Количество входов шифратора равно количеству символов первичного алфавита, а количество выходов - числу разрядов кода. Простейший электрический шифратор построен на диодах (рис. 60). Диоды в шифраторе включены в матрицу согласно таблице кодирования: например, если для символа «0» код «001», то диоды включаются в третью и четвёртую линии в первом столбце. Таким образом, при замыкании линии символа «0» на землю, линии 3 и 4 также получают нулевой уровень, а на линиях 1 и 2 останется высокий уровень, то есть в итоге на выходе шифратора будет код «0011».

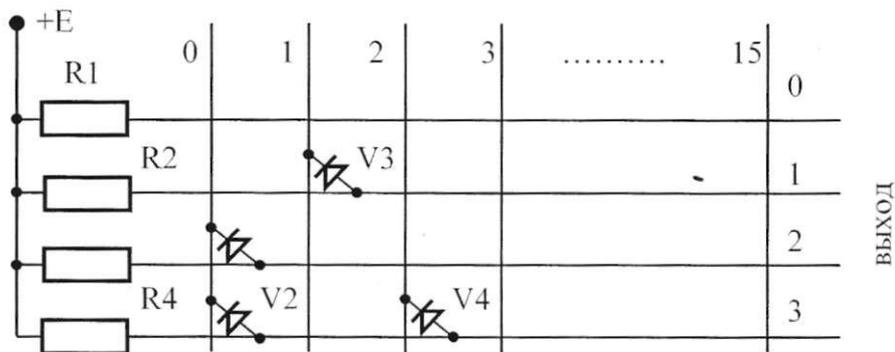


Рис. 60. Шифратор на диодах

При преобразовании параллельного кода в последовательный в распределителе к коду добавляется служебная информация. В начале последовательности добавляется символ старта передачи, в конце последовательности добавляется стоп-символ. Служебные символы служат для обеспечения синхронизации приёмной стороны с передающей.

Устройство управления поддерживает работу распределителя в заданных временных рамках. Устройство управления указывает распределителю, в какое время следует передавать очередной бит кодовой комбинации исходного символа. Структурная схема устройства управления представлена на рис. 61.

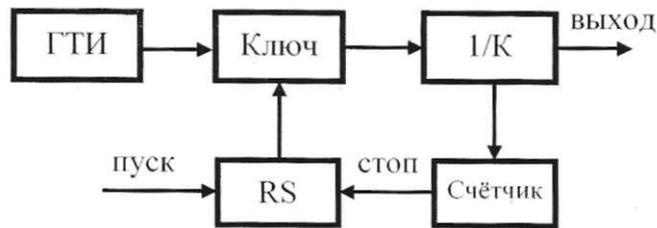


Рис. 61. Устройство управления

Генератор тактовых импульсов ГТИ формирует непрерывную последовательность коротких импульсов с периодом следования равным длительности одной посылки, делённой на K . Запуск распределителя происходит по импульсу «пуск», который сигнализирует о наличии нового кода на выходе наборного устройства. По импульсу «пуск» происходит установка триггера, в результате чего открывается ключ и пропускает на выход импульсы тактового генератора. По каждому импульсу происходит передача очередного бита в линию связи. Количество импульсов подсчитывается счётчиком. После прохождения импульса, соответствующего последнему биту, происходит формирование импульса «стоп». Импульс «стоп» сбрасывает триггер и передача импульсов на распределитель прекращается.

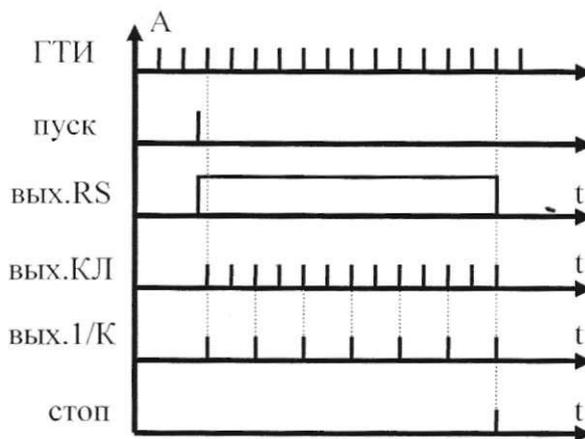


Рис. 62. Временные диаграммы работы устройства управления

ПРИЁМНОЕ ТЕЛЕГРАФНОЕ УСТРОЙСТВО

Приёмное телеграфное устройство предназначено для преобразования принятого сигнала в кодовую комбинацию и соответствующий ей символ. С этой целью в приёмном устройстве происходит детектирование сигнала из линии связи, выделение из сигнала переданной кодовой комбинации, расшифровка кодовой комбинации в символ и его отображение.

Структурная схема приёмного устройства включает в себя входное согласующее устройство, распределитель (Р), устройство управления (УУ),

наборное устройство, дешифратор (ДШ) и устройство отображения (УО) (рис. 63).

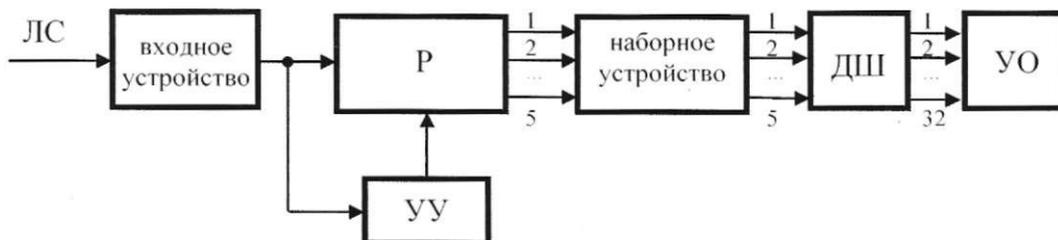


Рис. 63. Приёмное телеграфное устройство

Во входном согласующем устройстве сигнал преобразуется к виду, удобному для дальнейшей его обработки. Преобразованный сигнал поступает на распределитель и устройство управления. Устройство управления выделяет первую импульсную посылку, которая сигнализирует о начале передачи кодовой комбинации, и запускает работу распределителя. После приёма всех разрядов кодовой комбинации устройство управления получает сигнал «стоп» и останавливает работу распределителя. В результате на выходе распределителя поочерёдно появляются разряды принятой кодовой комбинации. Для правильной работы дешифратора необходимо представить код в параллельном виде, поэтому все принятые разряды под управлением импульсов устройства управления заносятся в память наборного устройства. По импульсу «стоп» на выходе наборного устройства устанавливается принятая кодовая комбинация. Дешифратор преобразует кодовую комбинацию в символ первичного алфавита, который отображается, например, печатающим устройством. В случае использования автоматизированных систем хранения принятой информации (перфоленты, магнитные носители, ЭВМ), дешифрация не выполняется, а сохраняется непосредственно в виде кода.

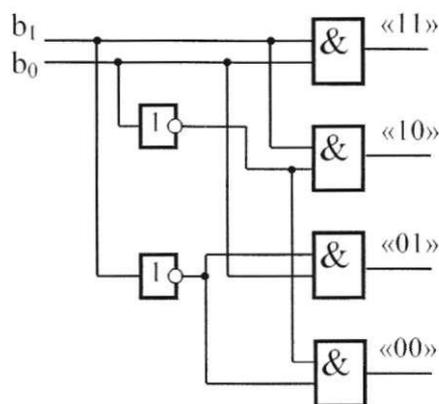


Рис. 64. Дешифратор

В качестве дешифраторов могут использоваться различные комбинации логических схем. На рис. 64 приведена схема дешифратора двухразрядного кода, построенного на базе логических элементов. Если дешифратор имеет число входов n , равное количеству разрядов кода, то число выходов - составляет 2^n . Количество выходов может быть и меньше, если часть кодовых комбинаций не используется.

Для отображения информации используются печатающие устройства и дисплеи. В печатающем устройстве (принтере) изображение символа синтезируется на бумажном носителе и может храниться в течение длительного времени, в дисплее синтез происходит на экране, а хранение символа возможно только в течение времени отображения, которое ограничено размерами экрана.

В телеграфных приёмных устройствах используются литерные и синтезирующие принтеры. Оба типа принтеров должны удовлетворять требованиям скорости печати, качества печати (контрастное и яркое изображение), а также не создавать уровень шума выше некоторого значения. В литерных принтерах печать символа происходит по его готовому отштампованному образцу, как в печатающих машинках. Все литеры могут собираться на один носитель: барабан или «ромашку». Выбор нужного литеры происходит поворотом барабана в соответствующую позицию. Среди синтезирующих принтеров выделяют точечные, струйные и штриховые. В точечных принтерах изображение символов получается отпечатком комбинации игл, расположенных линейно или в матрице. Комбинация игл выбирается в соответствии с печатаемым символом. В струйных принтерах изображение синтезируется путём распыскивания чернил на бумагу через форсунки, управление которыми происходит в целом как и в случае точечного принтера. Штриховые принтеры аналогичны в своей работе, но изображение синтезируется не точками, а штрихами.

ПЕРЕДАЧА ДИСКРЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Дискретная информация может передаваться старт-стопным или синхронным методами. При старт-стопном (асинхронном) методе синфазность приёмника и передатчика поддерживается только на время передачи кодовой комбинации, в результате чего увеличивается количество служебной информации и снижается скорость передачи полезной информации. При синхронном способе передачи приёмник и передатчик работают синфазно на протяжении всего сеанса связи. Синфазность работы требует использования высокостабильных генераторов тактовой частоты.

Рассмотрим искажения, возникающие при старт-стопной передаче дискретной информации. На рис. 65 представлена диаграмма передачи пятиразрядной кодовой комбинации асинхронным методом. В начале передачи формируется импульс «старт». При получении этого импульса приёмник запускает свой генератор тактовых импульсов, частота работы которого совпадает с частотой тактового генератора передатчика. После стартового импульса передаются разряды кодовой комбинации. В завершении передачи передаётся импульс «стоп», по которому выключается генератор приёмника. Поскольку время совместной работы генераторов приёмника и передатчика мало, а генераторы за это время не успевают рассинхронизироваться, то приёмник с высокой вероятностью принимает все разряды кодовой комбинации верно.

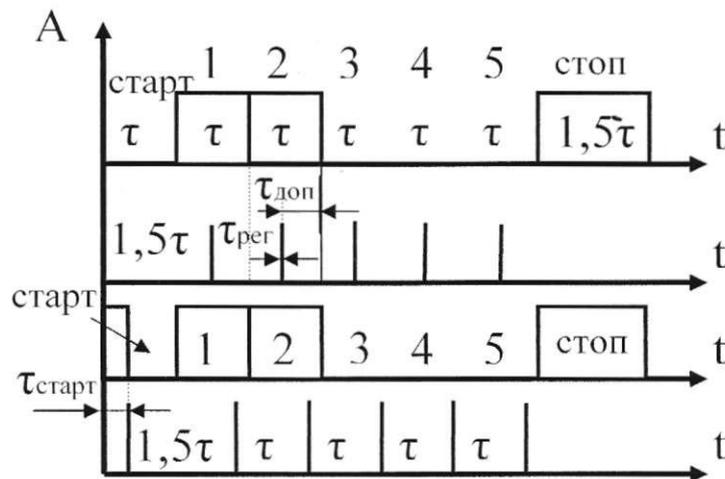


Рис. 65. Искажения при асинхронном методе передачи

Допустим, что произошло смещение переднего фронта стартового импульса на некоторое время. Если длительность одного импульса составляет τ , то регистрация разрядов кодовой комбинации начинает происходить через $1,5\tau$ после обнаружения переднего фронта импульса «старт». Смещение фронта стартового импульса приведёт к смещению

моментов времени регистрации разрядов кодовой комбинации. Допустимый промежуток времени смещения для верного приёма составит:

$$\tau_{\text{доп}} = \frac{\tau - \tau_{\text{рег}}}{2}.$$

При наличии смещения стартового импульса допустимый промежуток времени уменьшится на запаздывание переднего фронта стартового импульса:

$$\tau'_{\text{доп}} = \tau_{\text{доп}} - \tau_{\text{старт}}.$$

Если происходит смещение фронтов и импульсов разрядов кодовой комбинации, то суммарное время смещения:

$$\tau_{\text{св}} = \tau_{\text{старт}} + \sum \tau_{\text{кк}},$$

где $\sum \tau_{\text{кк}}$ - сумма смещений всех передних фронтов импульсов кодовой комбинации

Обозначим относительную величину допустимого смещения как:

$$\delta_{\text{доп}} = \frac{\tau_{\text{доп}}}{\tau} \cdot 100\%,$$

а относительное суммарное смещение как:

$$\delta_{\text{св}} = \frac{\tau_{\text{св}}}{\tau} \cdot 100\%,$$

тогда критерий верности приёма информации:

$$\delta_{\text{св}} \leq \delta_{\text{доп}}.$$

То есть для обеспечения верного приёма суммарное смещение не должно выходить за рамки допустимого смещения.

При синхронной передаче искажения также вызываются смещением тактовых импульсов в приёмнике, по которым происходит регистрация. Допустимое время смещения определяется также как и в случае асинхронной передачи, то есть тактовые импульсы регистрации не должны выходить за пределы длительности одной посылки (рис. 66). Если максимальное по модулю смещение тактовых импульсов приёмника в отрицательную сторону обозначить как t_{\min} , а в положительную сторону - как t_{\max} , то относительная величина синхронных смещений составит:

$$\delta_{\text{синхр}} = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{\tau_0} \cdot 100\%$$

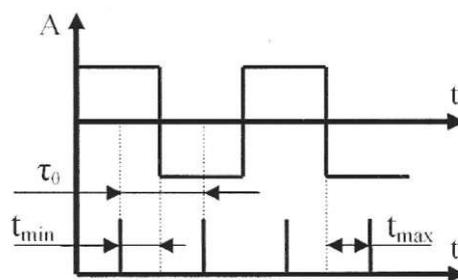


Рис. 66. Искажения при синхронной передаче

Таким образом, критерий верности приёма дискретной информации при синхронной передаче выглядит как:

$$\frac{\delta_{\text{синхр}}}{2} \leq \delta_{\text{доп}}$$

СПОСОБЫ РЕГИСТРАЦИИ ПОСЫЛОК

Основная задача регистрации заключается в верном приёме передаваемых посылок. Регистрация подразумевает, во-первых, определение полярности сигнала и, во-вторых, коррекцию искажений дробления и краевых искажений. Существует несколько способов регистрации посылок. Каждый способ имеет как свои преимущества, так и свои недостатки.

Регистрация стробированием.

Регистрирующее устройство подключается ко входному устройству (приёмнику) на время регистрации, которое значительно меньше длительности посылки, то есть $t_{\text{рег}} \ll \tau_0$. Для снижения краевых искажений момент регистрации должен совпадать со средней частью посылки (рис. 6/).

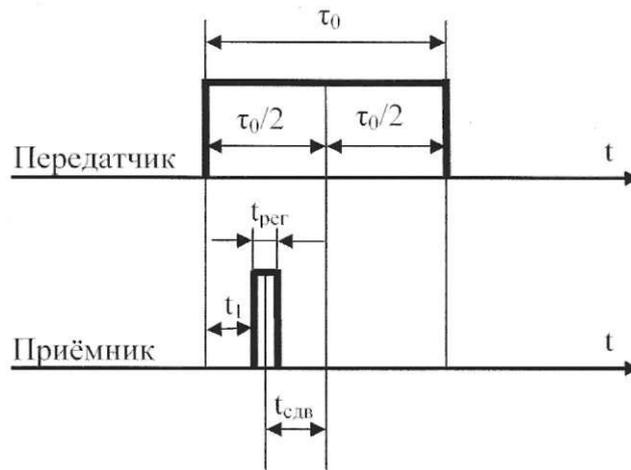


Рис. 67. Регистрация стробированием

Из рис. 67 следует, что для регистрации стробированием допустимый предел смещения t_1 переднего фронта импульса стробирования относительно момента начала посылки не должен превышать следующую величину:

$$t_1 \leq \frac{\tau_0 - t_{\text{ред}}}{2} - t_{\text{сдв}}$$

Если время сдвига стробирующего импульса $t_{\text{сдв}} = 0$, то приёмник и передатчик считаются точно сфазированными.

Функциональная схема регистратора посылок стробированием представлена на рис. 68, а временные диаграммы его работы - на рис. 69. Входящие посылки поступают на входное устройство, где происходит преобразование положительных и отрицательных импульсов в положительные импульсы выходов А и В соответственно. Схема регистрации выполнена на двух логических элементах 2И D1.1 и D1.2.

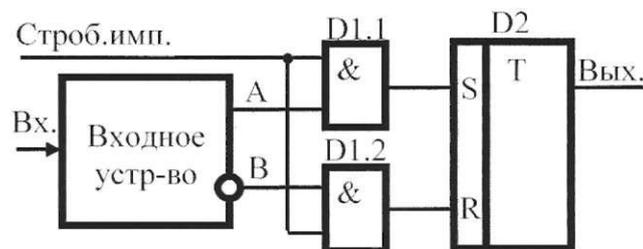


Рис. 68. Функциональная схема устройства регистрации посылок стробированием

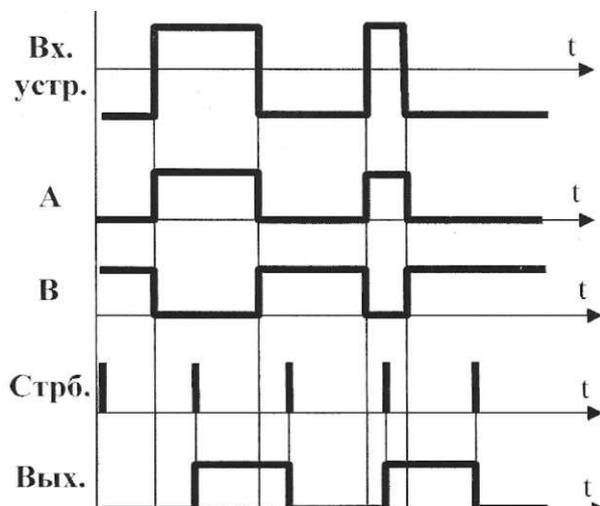


Рис. 69. Временная диаграмма работы устройства стробирования

Схемы пропускают строб-импульс в соответствии с уровнями сигнала на линиях А или В. Если регистрируемая посылка имеет положительную полярность, то активный уровень сигнала имеется на линии А, соответственно строб-импульс проходит на установочный вход S триггера D2, на выходе которого устанавливается высокий логический уровень напряжения. При отрицательной полярности регистрируемой посылки активный уровень сигнала появляется на линии В, строб-импульс проходит на вход R триггера D2, в результате чего на выходе устанавливается низкий логический уровень напряжения. Триггер D2 в данной схеме является элементом памяти регистрирующего устройства.

Из временных диаграмм следует, что в приёмнике в идеальном случае принимаемая последовательность будет отставать относительно передаваемой на время половины длительности посылки $t_0/2$.

Регистрация интегрированием.

При регистрации интегрированием происходит накопление энергии посылки в течение длительности импульса t_0 . Считывание информации происходит в конце посылки, причём решение принимается по уровню накопленной энергии.

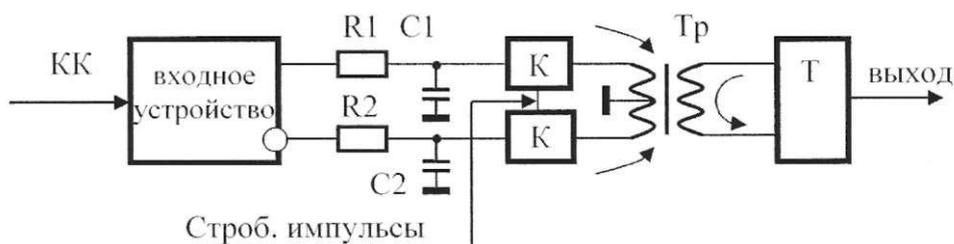


Рис. 70. Регистрация посылок методом интегрирования

Пример функциональной схемы регистрации посылок методом интегрирования показан на рис. 70. Накопление энергии происходит в интегрирующих цепочках RC. Как известно, если постоянная RC-цепи существенно превышает длительность импульса ($RC \gg \tau_0$), то напряжение на ёмкости пропорционально времени её заряда, а цепь может выполнять функцию вычисления интеграла для входных сигналов. Сравнение уровней накопленной энергии происходит в трансформаторе.

Принимаемые посылки поступают на входное устройство, где преобразуются в сигналы, соответствующие полярности посылок. За время периода следования строб-импульсов происходит накопление энергии сигналов в интегрирующих цепочках $R|C|$ и $R2C2$. По строб-импульсу ключи K_1 и K_2 открываются, и накопленная энергия поступает на трансформатор. На вторичной обмотке трансформатора индуцируется ток такого направления, которое соответствует цепочке с максимально накопленной энергией. В зависимости от направления тока во вторичной обмотке трансформатора триггер изменяет своё состояние.

Комбинированный способ регистрации.

При комбинированном способе регистрации производится многократное стробирование посылки за время её длительности τ_0 . Решение о знаке полученной посылки принимается по мажоритарному принципу.

Регистрация со стиранием.

При появлении искажений дробления в принимаемых посылках рассмотренные выше методы дают неправильное решение при регистрации. Регистрация со стиранием удаляет полученный символ с формированием запроса повторной передачи до тех пор, пока не будет принято решение о правильном его приёме.

УСТРОЙСТВА ФАЗИРОВАНИЯ

Устройства фазирования предназначены для обеспечения синфазности в работе передающего и приёмного устройств системы документальной электросвязи. При передаче сообщений между оконечными устройствами системы возникает необходимость точного выделения каждой посылки и каждого цикла из потока передаваемой информации. Поэтому устройства фазирования в системах документальной электросвязи подразделяются на два вида: устройства фазирования по посылкам и устройства фазирования по циклам. Так как есть два способа передачи информации через канал передачи данных - синхронный и асинхронный, то для каждого из них существуют свои методы фазирования.

1. Фазирование по посылкам при синхронном способе передачи данных.

При синхронном способе передачи информации возможны два метода фазирования. Первый метод заключается в совместной передаче с информационным сигналом пилот-сигнала тактовой частоты. Вторым методом - в подстройке тактовой частоты приёмного устройства под принимаемый сигнал. В последнем случае подстройка производится под рабочие (информационные) посылки или под специально выделенные посылки среди информационных.

Тактовая частота из исходного сигнала выделяется либо с помощью резонансных систем (полосовых фильтров), либо системами автоматического регулирования (САР).

При построении САР в приёмнике используется собственный (местный) тактовый генератор. Управление генератором осуществляется принимаемым сигналом. Фаза местного генератора может изменяться непосредственно принимаемым сигналом (плавно или дискретно) или косвенно дискретно с использованием делителя частоты местного генератора.

Непосредственное управление генератором в САР.

В схеме САР (рис. 71) задействованы фазовый дискриминатор, интегратор, схема управления и генератор. Принимаемые посылки поступают на фазовый детектор и сравниваются по фазе с сигналом местного генератора. Разность фаз определяет уровень и знак выходного напряжения детектора. Случайные колебания выходного напряжения детектора сглаживаются интегратором. С выхода интегратора напряжение через схему управления поступает на местный генератор и изменяет его фазу таким образом, чтобы разность фаз принимаемого сигнала и сигнала местного генератора была равна нулю. При этом выходное напряжение фазового детектора стремится к нулю.

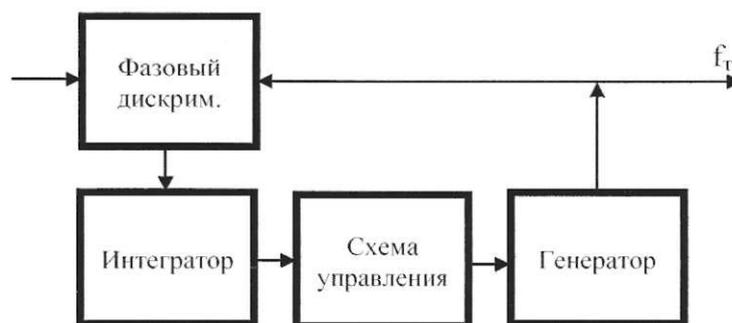


Рис. 71. Структурная схема САР с непосредственным управлением

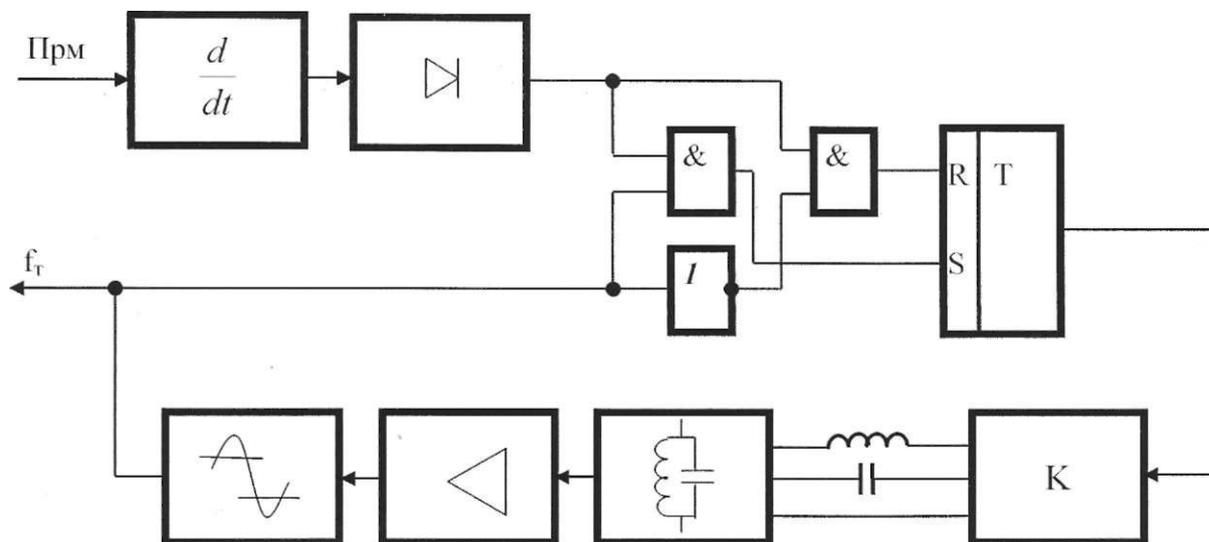


Рис. 72. Функциональная схема САР с непосредственным управлением

Пример реализации САР с непосредственным управлением местным генератором показан на функциональной схеме на рис. 72. Работа схемы отражена на временных диаграммах (рис. 73).

САР с косвенным управлением местным генератором.

В схеме САР (рис. 74) по сравнению со схемой САР с непосредственным управлением появляется делитель частоты. Управление фазой происходит с помощью изменения коэффициента деления. Уменьшением коэффициента деления достигается сдвиг фазы в сторону опережения и, наоборот, увеличение коэффициента деления приводит к сдвигу фазы местного генератора в сторону отставания. Исходя из логики работы схемы следует, что подстройка фазы тем точнее, чем больше коэффициент деления, то есть чем больше частота местного тактового генератора по сравнению с частотой принимаемых посылок.

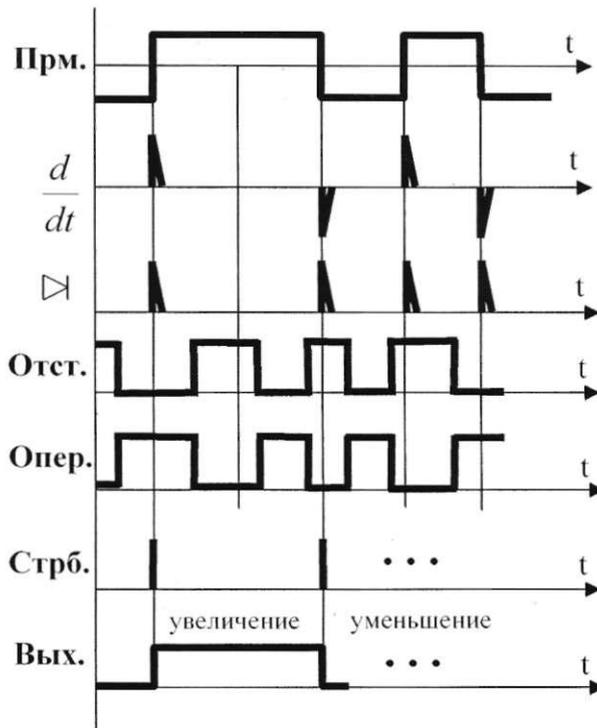


Рис. 73. Временные диаграммы работы САР с непосредственным управлением

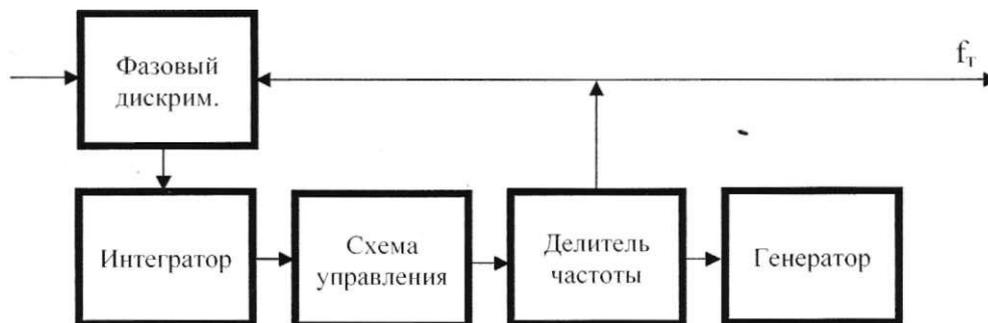


Рис. 74. САР с косвенным управлением

Пример структуры управляемого делителя приведён на рис. 75. Управление осуществляется с помощью схемы добавления или исключения импульса тактового генератора. Работа схемы отражена на временных диаграммах на рис. 76.

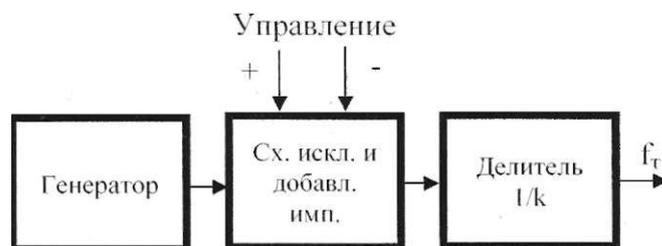


Рис. 75. Управляемый делитель САР с косвенным управлением

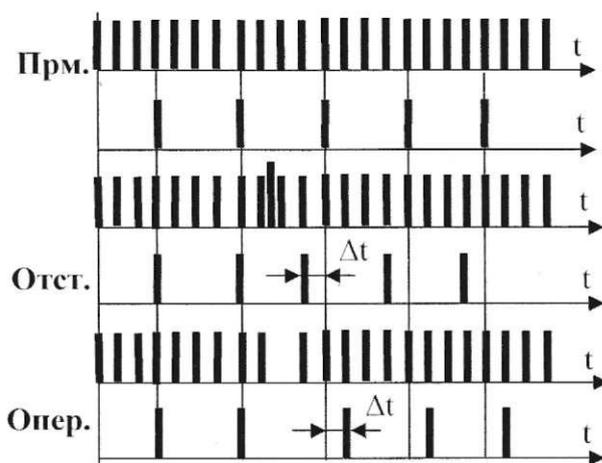


Рис. 76. Временные диаграммы работы САР с косвенным управлением

Фазирование с пилот-сигналом.

При фазировании приёмного устройства пилот-сигналом для передачи тактовой частоты выделяется отдельный канал связи. Метод становится эффективным при одновременной передаче информации по 8 и более каналам в одном направлении с одинаковой тактовой частотой. Структурная схема системы фазирования с пилот-сигналом представлена на рис. 77.

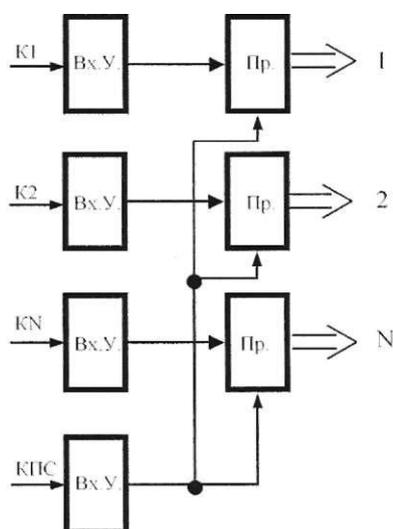


Рис. 77. Фазирование с пилот-сигналом

Резонансные системы фазирования.

В резонансных системах фазирования сигнал тактовой частоты в приёмном устройстве получается с помощью фильтрации последовательности принимаемых посылок. В приёмнике используется максимально узкополосный фильтр, частота фильтрации которого равна частоте передаваемых посылок (рис. 78). Метод применяется достаточно редко из-за пропадания тактовой частоты при приёме серии нулей или единиц. Структурная схема системы фазирования приведена на рис. 79.

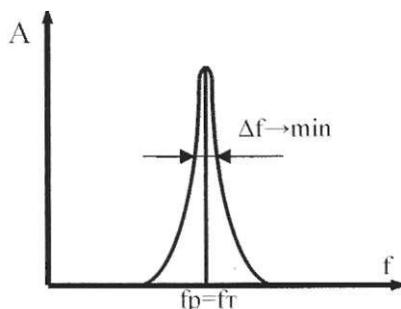


Рис. 78. Фильтрация тактовой частоты

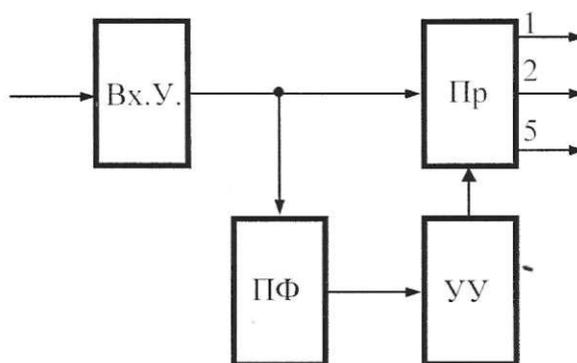


Рис. 79. Резонансный метод фазирования

Фазирование по посылкам при асинхронной передаче информации.

При асинхронном методе передачи информации обычно передаваемые блоки (циклы) информации имеют незначительную длину. На передачу цикла в таком случае требуется небольшое время, за которое фаза местного генератора не успевает существенно отклониться от фазы принимаемого сигнала. Поэтому асинхронные системы передачи информации можно считать самосинхронизирующимися по посылкам (тактам).

2. Устройства фазирования по циклам.

Фазирование по циклам может осуществляться маркерным и безмаркерным способами. При маркерном фазировании вместе с исходной информацией в каждом цикле передаются служебные кодовые комбинации.

При безмаркерном способе фазирования передача служебных кодовых комбинаций не происходит.

Безмаркерный способ фазирования используется при синхронной передаче. Перед началом сеанса связи приёмник и передатчик фазированы специальными фазирющими кодовыми комбинациями. Структурная схема системы с безмаркерным фазированием изображена на рис. 80.

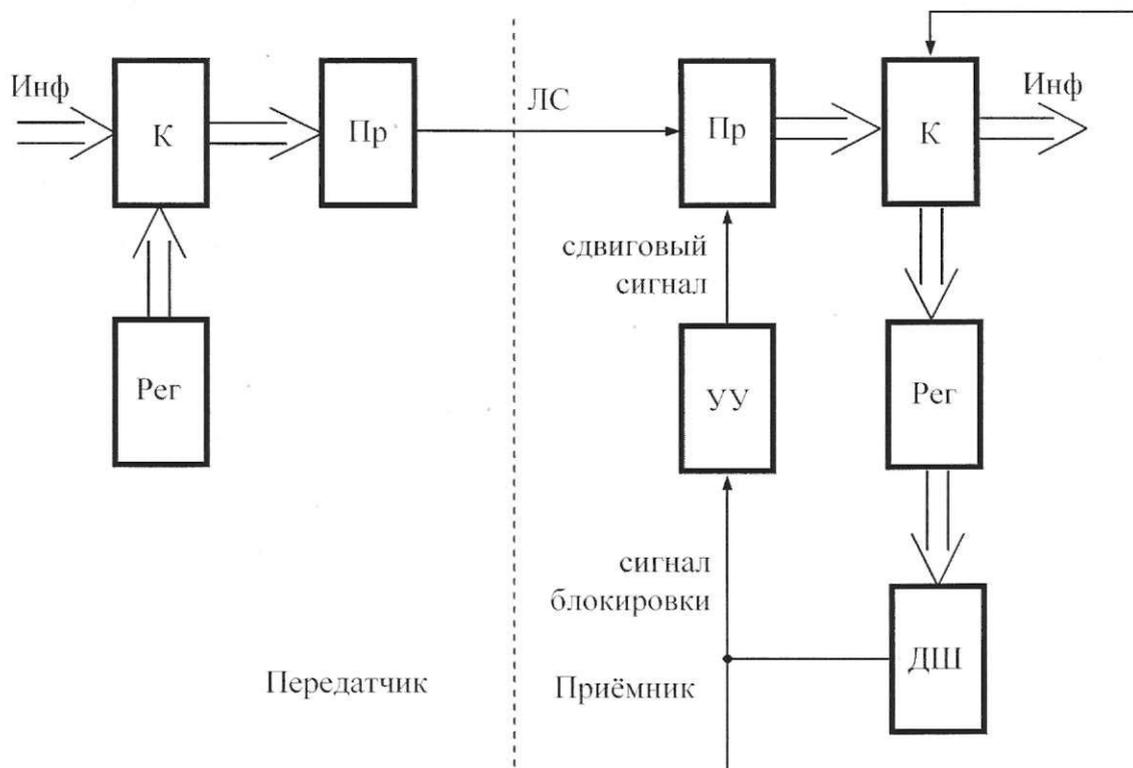


Рис. 80. Система передачи информации с безмаркерным фазированием

В регистре (Reg) хранится фазирющая кодовая комбинация. Дешифратор (ДШ) формирует активный сигнал в случае появления на его входе фазирющей кодовой комбинации. При установлении соединения коммутатор подключает регистр к преобразователю и фазирющая кодовая комбинация передаётся в линию связи. В приёмнике коммутатор подключает дешифратор через регистр временного хранения к линии связи. При появлении фазирющей кодовой комбинации на входе дешифратора, последний выдаёт сигнал коммутатору о том, что система сфазирована. В этом случае коммутатор перенаправляет поток информации получателю. Если фазирющая кодовая комбинация не выделена дешифратором, то устройство управления осуществляет сдвиг на один разряд при детектировании кодовой комбинации. Сдвиг происходит до тех пор, пока не будет выделена фазирющая кодовая комбинация.

Положительная сторона безмаркерного метода - это высокая пропускная способность системы передачи, ввиду того, что при передаче информации в неё не внедряются служебные символы. Однако при

нарушении синхронизации фазирование системы должно быть проведено снова.

Маркерный метод циклового фазирования реализуется двумя способами. В первом способе маркер передается полностью с каждой кодовой комбинацией в каждом цикле, во втором способе кодовая комбинация маркера передается поразрядно в нескольких циклах (рис. 81).

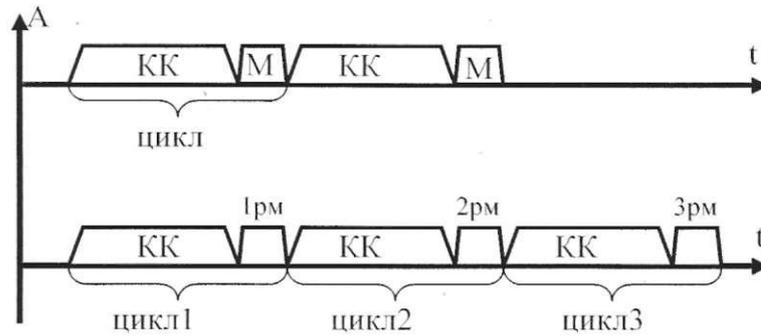


Рис. 81. Маркерное фазирование

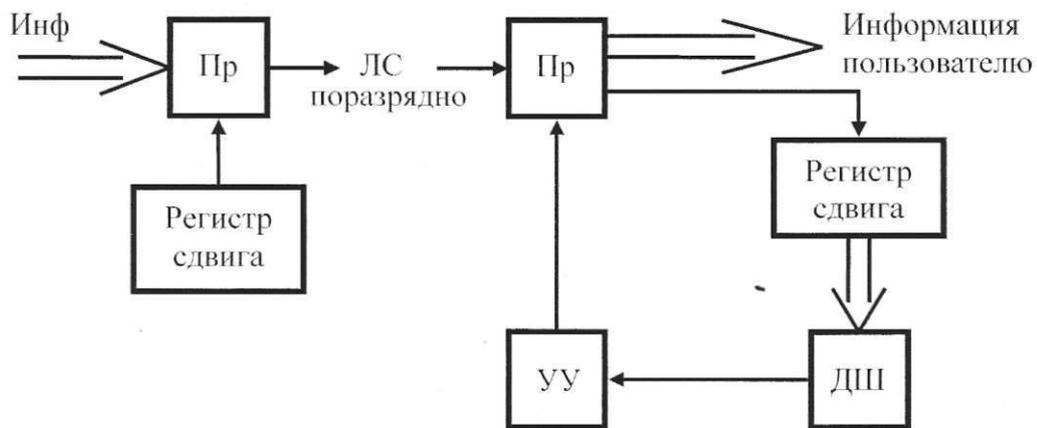


Рис. 82. Структурная схема системы с маркерным фазированием

Упрощённая структурная схема системы с маркерным фазированием представлена на рис. 82. Кодовая комбинация маркера передаётся за несколько циклов. В каждом цикле производится сдвиг разрядов маркера и в линию связи отправляется цикл с очередным битом маркера. На стороне приёмника из принятого цикла в преобразователе выделяется разряд маркера, который запоминается в регистре. После заполнения регистра всеми разрядами маркера происходит сравнение принятого маркера с его верным значением. В случае обнаружения разницы формируется управляющий сигнал фазирования. При получении такого сигнала преобразователь сдвигает границы цикла в принимаемой последовательности до тех пор, пока не будет достигнуто совпадение принятого и образцового маркера.

Старт-стопный или асинхронный способ фазирования заключается в передаче служебных символов перед и после кодовых комбинаций (рис. 83).

На приёмной стороне система выделяет стартовый служебный символ и переключает входящий поток данных на получателя. После выделения стопового символа получатель отключается от преобразователя, и система останавливает свою работу до получения нового стартового символа.

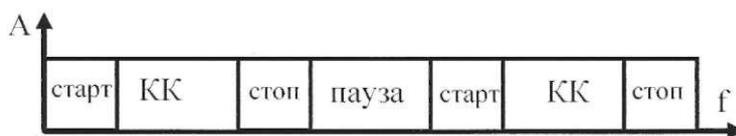


Рис. 83. Асинхронное фазирование

Асинхронный метод фазирования по циклам позволяет передавать кодовые комбинации произвольной длины, не оговоренной заранее и неизвестной получателю. Также метод не требует времени для постоянного фазирования приёмной и передающей сторон. Однако при возникновении ошибки возникает необходимость заново передавать всю кодовую комбинацию целиком, в результате чего, как следствие снижения помехоустойчивости, при асинхронном методе фазирования может снижаться пропускная способность.

ПОВЫШЕНИЕ ВЕРНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДИСКРЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Повышение верности передачи дискретной информации связано с введением в передаваемый поток данных служебной избыточной информации, служащей для обнаружения и коррекции возникших при передаче ошибок. Системы передачи дискретной информации с повышенной верностью делят на системы с обратной связью и без обратной связи.

В системах без обратной связи данные передаются только в одну сторону. В этом случае могут использоваться простые или корректирующие коды. Простые коды не несут в себе избыточность и не обеспечивают повышение верности передачи. Корректирующие коды позволяют обнаруживать ошибки или исправлять их. Системы без обратной связи используются в тех случаях, если информация должна передаваться без задержек или потеря части информации не влияет на работу системы.

Системы с обратной связью делятся на системы с информационной обратной связью и с решающей обратной связью. В обоих случаях информация передаётся в обе стороны. В случае информационной обратной связи решение о верности принятой информации принимает передающая сторона. При решающей обратной связи решение о верности принимает сторона получателя.

В информационной обратной связи каждой переданной кодовой комбинации сопоставляется своя квитанция. Квитанция отправляется обратно на передающую сторону (рис. 84).



Рис. 84. Информационная обратная связь

В зависимости от соотношения разрядностей кодовых комбинаций и ответных квитанций различают несколько видов информационной обратной связи. При одинаковой разрядности обратная связь считается полной. Если разрядность квитанции меньше разрядности кодовой комбинации, то обратная связь называется *укороченной*. Если ответные квитанции совпадают с переданными кодовыми комбинациями, то обратная связь называется *ретрансляционной*.

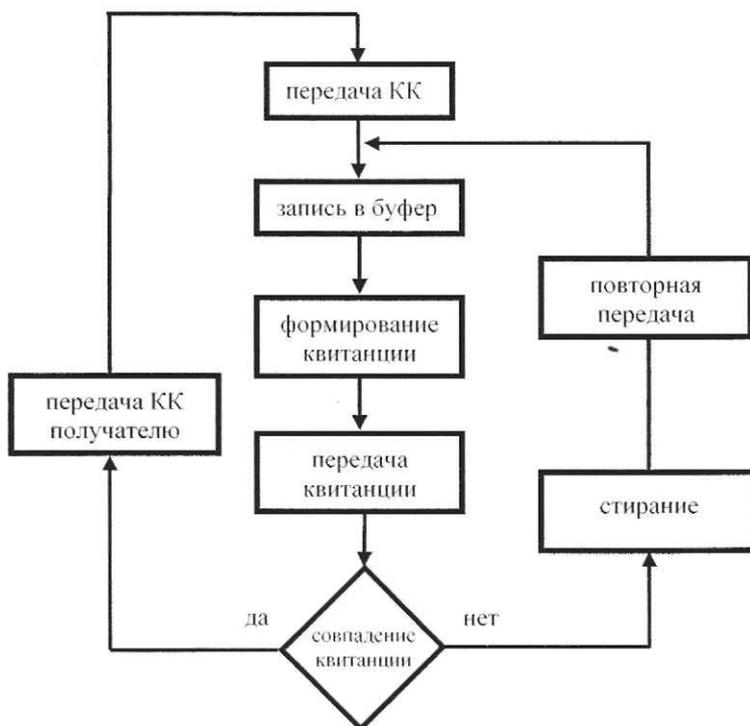


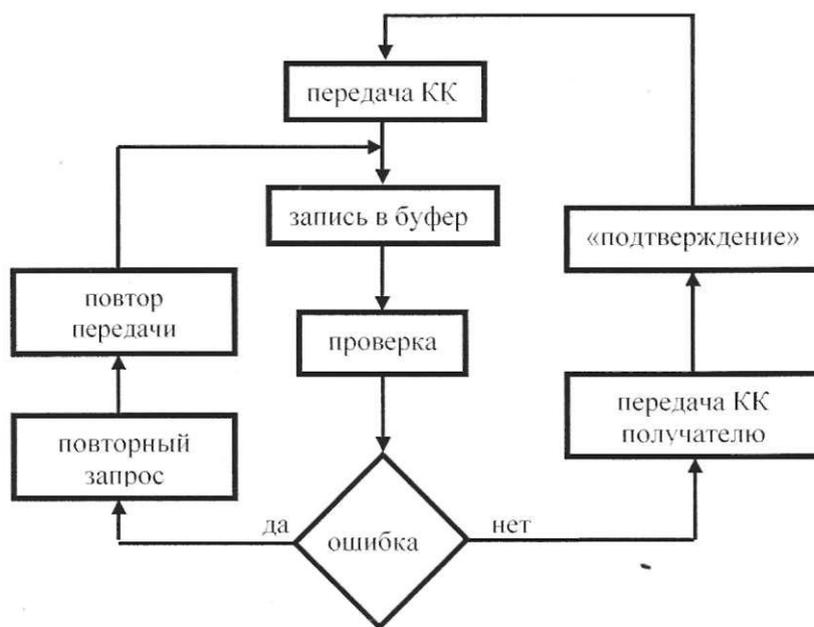
Рис. 85. Алгоритм работы системы с информационной обратной связью

На рис. 85 представлен алгоритм работы системы с информационной обратной связью. Кодовая комбинация отправляется передатчиком в линию связи. После получения её приёмником кодовая комбинация записывается в буфер. Далее формируется квитанция и отправляется передающей стороне. После получения квитанция сравнивается с квитанцией, сформированной на передающей стороне. В случае совпадения квитанций считается, что передача прошла успешно, кодовая комбинация из буфера отправляется

получателю, а на стороне отправителя к передаче готовится следующая кодовая комбинация. При обнаружении разных квитанций приёмнику сообщается об ошибке сигналом удаления принятой кодовой комбинации, затем кодовая комбинация отправляется повторно.

В системе с информационной обратной связью ошибки могут появляться по следующим причинам: могут совпасть квитанции верной и ошибочной кодовых комбинаций, может произойти ошибка передачи в обоих направлениях или сигнал стирания неверной кодовой комбинации может быть принят с ошибкой. Уменьшение числа ошибок сводится к увеличению избыточности, то есть к увеличению числа разрядов в квитанциях.

В системах с решающей обратной связью используются корректирующие коды. Алгоритм работы системы приведён на рис. 86.



Сторона отправителя передаёт кодовую комбинацию через канал связи. На стороне получателя принятая кодовая комбинация записывается в буфер, после чего происходит проверка кодовой комбинации на наличие ошибок. Если ошибка обнаружена, приёмник формирует запрос повторной передачи. Если ошибка отсутствует, то кодовая комбинация пересылается получателю, а для отправителя формируется сигнал подтверждения правильного приёма. В некоторых системах сигнал подтверждения не формируется, а формируется только сигнал повторного запроса.

На практике встречаются три вида решающей обратной связи. Первый вид решающей обратной связи - с блокировкой. В этом случае передатчик останавливает свою работу до тех пор, пока не получит подтверждения верного приёма данных. Второй вид - решающая обратная связь с ожиданием отрицательного подтверждения. Передача данных происходит до тех пор, пока не будет получено сообщение об ошибке (рис. 87). При

обнаружении ошибки в приёмнике, последний отправляет повторный запрос на передачу ошибочной кодовой комбинации. После получения запроса передатчик продолжает передачу с ошибочной кодовой комбинации.

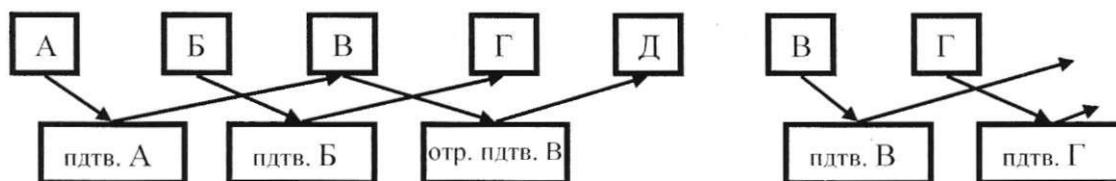


Рис. 87. Ожидание отрицательного подтверждения

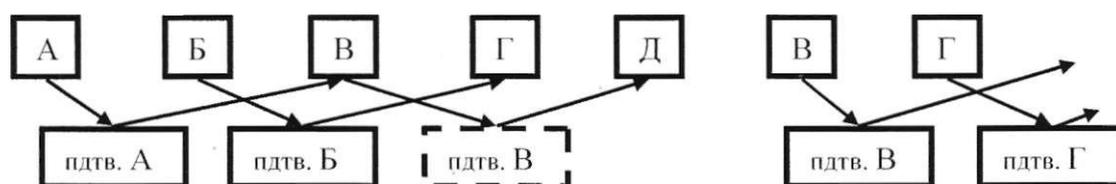


Рис. 88. Ожидание положительного подтверждения

Третий вид решающей обратной связи - с ожиданием положительного подтверждения. Сторона отправителя останавливает передачу только в том случае, если не получает подтверждение в течение определённого промежутка времени. В этом случае отправитель возобновляет передачу с той кодовой комбинации, на которую не было получено подтверждение (рис. 88).

МИКРОПРОЦЕССОРЫ В СИСТЕМАХ ДОКУМЕНТАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Применение микропроцессоров существенно увеличивает производительность систем документальной связи и позволяет уменьшить габариты оборудования.

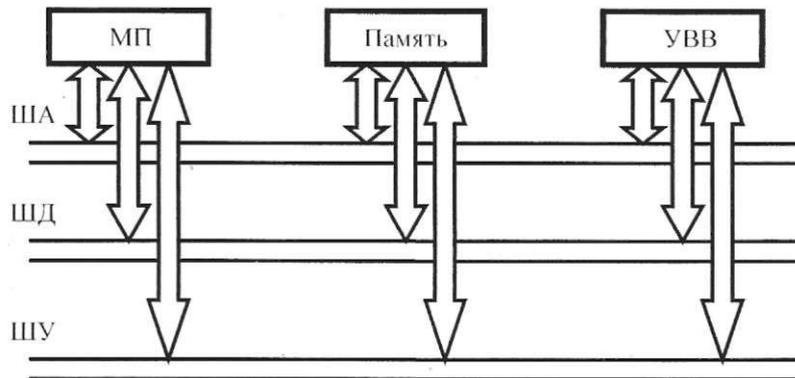


Рис. 89. Микропроцессорная система

Микропроцессорная система (рис. 89) состоит из процессора, памяти и устройств ввода-вывода. Поток информации через устройство ввода попадает в память системы. Процессор осуществляет обработку информации по заданному алгоритму и отправляет её в устройство вывода. Алгоритм работы микропроцессорной системы хранится в нестираемой области памяти - в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ). Для временного хранения входящего потока информации или внутренних данных системы используется оперативное запоминающее устройство (ОЗУ). Все компоненты системы связаны через шины адреса, данных и управления. Шина адреса (ША) предназначена для выбора процессором необходимой для его работы ячейки памяти или устройства. Обмен информацией с памятью или устройством происходит через шину данных (ШД). Процессор контролирует все подключенные к системе устройства через шину управления (ШУ).

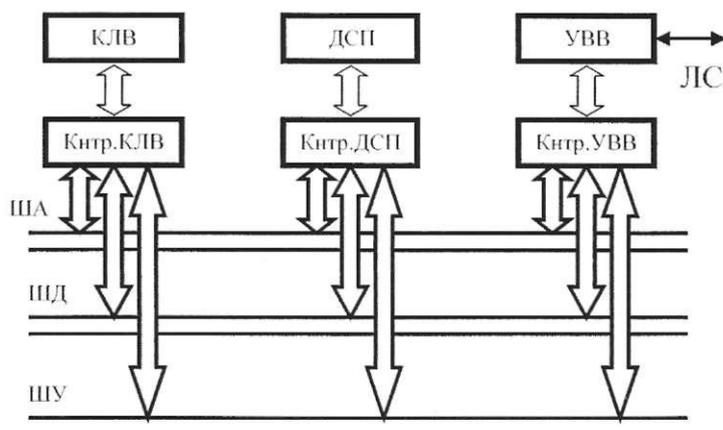


Рис. 90. Подключение устройств ввода-вывода к микропроцессорной системе

Структура микропроцессорной системы передачи дискретной информации включает в себя различные устройства ввода и вывода информации (рис. 90). В качестве устройств ввода используются клавиатура, магнитные и оптические накопители информации, преобразователи и т. п. Вывод информации производится на дисплеи, различные накопители, бумажные носители и т. п. Для передачи информации в линию связи используется согласующее устройство. Устройства ввода-вывода подключаются к шинам через специализированные управляющие логические схемы - контроллеры. Применение микропроцессоров широко используется при построении ООД и АКД.

СИСТЕМЫ ФАКСИМИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Системы факсимильной связи предназначены для передачи неподвижных изображений. Передаваемое изображение в факсимильных системах называют *оригиналом*, получаемое — *репродукцией*.

Работа системы основывается на следующих принципах. Производится дискретизация изображения по площади. Изображение разбивается на большое количество площадок, каждой из которых присваивается соответствующее значение яркости. Число градаций яркости обычно ограничивается 15. Изображение передаётся поэлементно. Полученная репродукция не обязательно должна точно воспроизводить оригинал, так как зрительное восприятие человека позволяет распознавать изображение с внесёнными в него искажениями. В зависимости от количества передаваемых атрибутов изображения, факсимильные системы могут быть цветными и полутоновыми.

Работа системы происходит в такой последовательности. Изображение анализируется, то есть разлагается на элементарные площадки, и каждой площадке ставится в соответствие значение яркости. Значение яркости преобразуется в электрический сигнал, который передаётся через линию связи в аналоговом или цифровом виде. На приёмной стороне по принимаемому сигналу синтезируется изображение (репродукция).

Структурная схема системы состоит из анализатора (А), устройств преобразования сигнала (УПС) и синтезатора (С) (рис. 91). Одновременная работа анализатора и синтезатора поддерживается с помощью устройств синхронизации (УС). Синхронизирующий сигнал представляет собой информацию о координатах элементарной площадки, яркость которой передаётся в текущий момент времени.

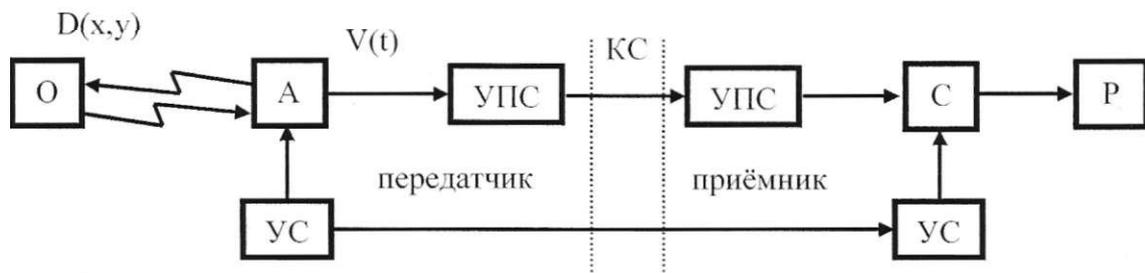


Рис. 91. Система факсимильной связи

В аналоговых системах факсимильной связи для передачи сигнала яркости используется высокочастотная модуляция. В цифровых системах сигнал яркости подвергается квантованию, дискретизации и кодированию, после чего передаётся через канал передачи данных.

Для характеристики системы факсимильной связи используются такие параметры, как формат передаваемого изображения, размеры элемента изображения, тип развёртки и скорость передачи изображения.

Анализатор сопоставляет значение оптической плотности изображения формируемому видеосигналу. Анализатор включает в себя источник света, устройство развёртки, оптическую систему и фотоэлектрический преобразователь. Источник света должен удовлетворять следующим требованиям. Размер источника должен быть достаточно мал, так как он оказывает влияние на размер элементарной площадки. Размер светового пятна на выходе оптической системы обычно не превышает 0,1 мм. Источник должен обладать стабильной и высокой яркостью свечения, чтобы была возможность получения контрастных репродукций. Спектральный состав источника должен быть максимально приближен к спектру дневного света, так как глаз человека воспринимает изображения именно в этом диапазоне. В качестве источников света используются электронно-лучевые трубки, лампы накаливания, люминесцентные лампы.

Устройства развёртки обеспечивают последовательную передачу всех элементов изображения. Развёртка может быть механической, электромеханической и электронной. При механической развёртке световое пятно перемещается по обеим координатам оригинала с помощью систем механических приводов. В электромеханической развёртке привод перемещает световое пятно только по одной координате, по второй координате развёртка происходит электронным способом с помощью линейки фотоприёмников. При электронной развёртке освещается весь оригинал, а считывание информации о яркости происходит матрицей фотоприёмников. Размерность матрицы определяет разрешение системы. Использование механической развёртки снижает требования к яркости источников света, так как освещается не всё изображение, а только его часть.

Фотоэлектрический преобразователь преобразует яркость элементарной площадки в электрический видеосигнал. Фотопреобразователи должны обладать высокой чувствительностью, низким уровнем собственных шумов и малыми размерами. В качестве фотоэлектрических преобразователей используются элементы с внутренним и внешним фотоэффектом, такие как фоторезисторы, фотодиоды, линейки фотодиодов и матрицы ПЗС.

Для синтеза изображений используются закрытый и открытый способы. При закрытом способе синтеза формирование изображения происходит без внешней засветки, при открытом способе - внешняя засветка допускается.

К открытым относятся электрохимический, электротермический и электромеханический методы синтеза. Электрохимический синтез заключается в протягивании бумаги, пропитанной специальным раствором, через два электрода, на которые подаётся усиленный видеосигнал. В зависимости от уровня видеосигнала цвет бумаги изменяется, и формируется изображение. При электротермическом синтезе используется

бумага с термочувствительным покрытием. Изображение формируется иголками, нагретыми до температуры, пропорциональной видеосигналу. Изображения, синтезированные электротермическим методом, хранятся около полугода. Электромеханический метод основан на прижиге красящей ленты к протягиваемой бумаге иголками в соответствии с видеосигналом.

К закрытым относятся фотографический и электрографический методы синтеза. Фотографический метод обеспечивает высокое качество изображения с высокой разрешающей способностью и глубоким динамическим диапазоном. Однако фотографический метод подразумевает использование «мокрого» и относительно длительного процесса формирования изображения. Электрографический метод обеспечивает синтез изображения на обычной или специальной бумаге с использованием красящего порошка.

Синтез изображения электрографическим методом на обычной бумаге состоит из нескольких ступеней. Селеновую пластину помещают в закрытую от внешнего света камеру и заряжают её до потенциала 100...500 В. Тонким лучом света, формируемого лазером, на пластине создаётся электрическое рельефное изображение. Луч модулируется в соответствии с видеосигналом, чем выше яркость падающего на заряженную пластину луча, тем меньше заряда остаётся в этом месте. После формирования рельефного изображения, оно проявляется с помощью красящего порошка. Порошок прилипает к тем местам пластины, где остался заряд. После проявления пластина с порошком прижимается к бумаге, и порошок переносится на бумагу. Для закрепления порошка на бумаге, последняя подвергается нагреву, порошок расплавляется и прилипает к бумаге. Остатки порошка с пластины и бумаги осыпаются, и система готова к синтезу нового изображения.

При использовании специальной бумаги на неё предварительно наносится слой окиси цинка. В этом случае заряд сообщается не селеновой пластине, а непосредственно бумаге, в остальном процесс аналогичный и включает формирование рельефного электростатического изображения, его проявление и фиксацию.

Поэлементная передача изображений занимает достаточно много времени, что связано с большим объёмом информации, содержащейся в изображении. Например, изображение формата 297 x 210 мм при разложении на площадки диаметром 0,1 мм и содержащее две градации яркости занимает объём 6 237 000 бит. При скорости передачи 9600 бит/с время передачи составит около 650 с. В связи с этим возникает задача увеличения скорости передачи изображения или уменьшения объёма передаваемой информации. Особенностью цифрового массива, сформированного по большинству изображений, является его высокая избыточность. Так, при передаче текстовых документов большую площадь занимают белые участки, соответственно в массиве обнаруживаются длинные последовательности одинаковых бит. Для уменьшения объёма исходного массива данных используются различные методы сжатия.

Различают методы сжатия изображения без искажений и с искажениями. Методы сжатия без искажений обеспечивают высокое качество передачи изображений. Среди неискажающих методов сжатия можно выделить кодирование длин серий, формирование кода Хаффмана и дифференциальный метод.

При кодировании длин серий изображение передаётся построчно. Каждая строка начинается с одного заранее выбранного элемента — белого или чёрного. Строка состоит из чёрных и белых серий. Чем длиннее встречаются одноцветные серии, тем большее сжатие обеспечивает метод.

Преобразование изображения в код Хаффмана производится с определением вероятности появления заданной кодовой комбинации. Составляется алфавит возможных кодовых комбинаций. Чем больше вероятность появления кодовой комбинации, тем меньше разрядов для неё выделяется.

В дифференциальном методе используются опорные строки. Соседние с опорными строками формируются как разность между опорной и текущей строкой. Таким образом, передаётся только опорная строка и информация об отличиях соседних строк от опорной.

Методы передачи с искажениями основаны на свойстве человеческого зрительного восприятия. Одним из таких методов является метод представления изображения пятнами. Диаметр пятна зависит от интенсивности закраски изображения. Если происходит небольшое изменение диаметра пятна (искажение), восприятие изображения не изменяется.

Важное место при передаче неподвижных изображений занимает синхронизация и фазирование передающей и принимающей сторон. Фазировка заключается в точном соответствии положения передаваемой точки относительно края бланка изображения. Синхронность обеспечивает отсутствие линейных искажений изображения.

Синхронизация может обеспечиваться различными способами. Автономная синхронизация подразумевает использование на обеих сторонах высокостабильных генераторов (рис. 92).



Рис. 92. Автономная синхронизация

При принудительной синхронизации формируются два канала передачи. Один канал используется для передачи изображения, второй - для передачи синхронизирующего сигнала. Такой вид синхронизации обеспечивает максимально точную передачу изображения (рис. 93).

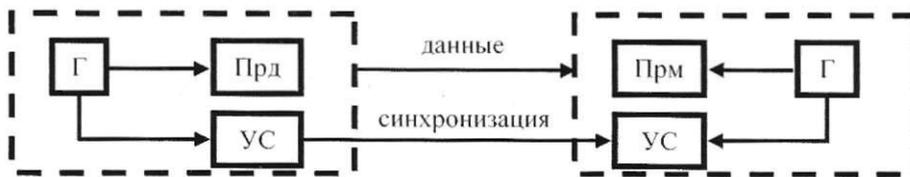


Рис. 93. Принудительная синхронизация

В некоторых случаях для синхронизации используется внешний сигнал по отношению к передатчику и приёмнику. В качестве такого сигнала может выступать напряжение питающей сети с частотой 50 Гц, так как в пределах одной подстанции колебания в сети слабо отличаются на различных участках по фазе и частоте (рис. 94). Однако метод является наименее точным из всех представленных выше.

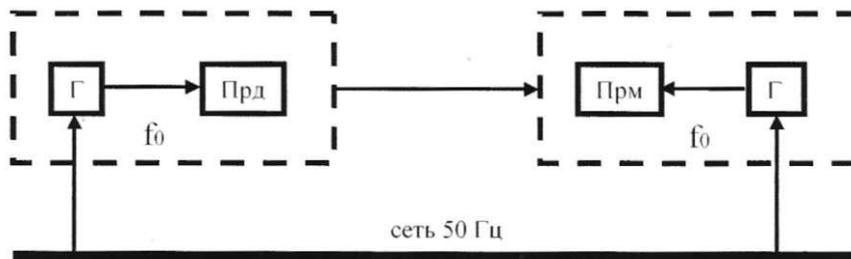


Рис. 94. Синхронизация от сети

При цифровой передаче массива данных изображения для синхронизации и фазирования используются протоколы Т.4 и Т.30. Протокол Т.4 определяет формат изображения и способ кодирования, а протокол Т.30 обеспечивает фазирование при передаче изображения, разбивку изображения на кадры и передачу их через каналы передачи данных. Канал передачи данных формируется по протоколам V.27, V.29 и V.17. Если в качестве АКД используются факс модемы, то управление ими осуществляется с помощью команд формата АТ+F.

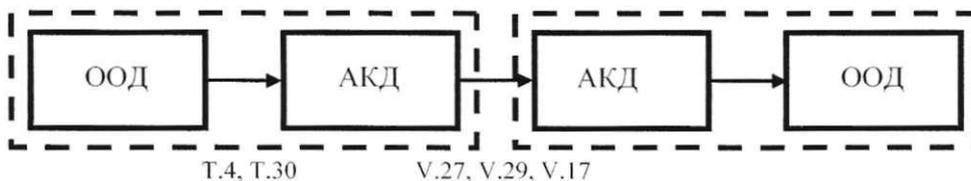


Рис. 95. Передача изображений через цифровые каналы связи

СЕТИ ДОКУМЕНТАЛЬНОЙ СВЯЗИ

Сеть документальной связи включает в себя каналы связи, узлы коммутации и абонентские пункты. Сеть предназначена для доставки сообщений заданному адресату. В качестве критериев доставки выступают время, надёжность и стоимость доставки.

Сети документальной связи делятся на сети телеграфной связи, сети передачи данных и сети факсимильной связи. Сеть телеграфной связи предназначена для передачи буквенно-цифровых сообщений. Сеть передачи данных используется для доставки разнородных массивов данных. Через сеть факсимильной связи передаются неподвижные изображения.

Сети строятся по иерархической или неиерархической структуре. При иерархической структуре в сети имеется некоторая главная магистраль, от которой осуществляются ответвления. В зависимости от размера и пространственного расположения узлов сети делятся на глобальные, корпоративные и локальные.

Взаимные связи между узлами или топология сети определяются задачами, которые должна выполнять сеть (рис. 96). При линейном построении выход из строя одного узла может разорвать связь между остальными узлами. Надёжность соединения звездой зависит от надёжности работы центрального узла. Соединения звездой используются, например, при наличии центрального узла с большим количеством ресурсов, к которым необходимо получать быстрый доступ с пользовательских станций. Максимальную надёжность работы сети обеспечивает топология «каждый с каждым», однако она является наиболее дорогостоящей.

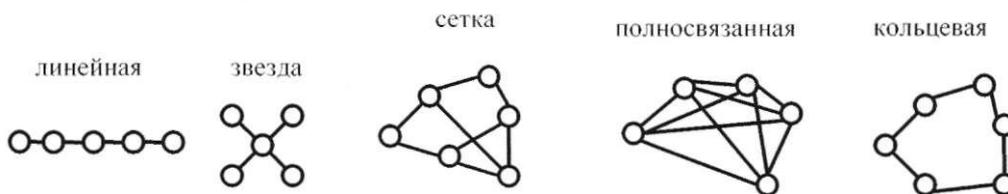


Рис. 96. Топологии сетей

В сетях документальной связи используются различные виды коммутации. Различают долговременную коммутацию и оперативную коммутацию. Долговременная коммутация позволяет устанавливать соединения между двумя узлами на продолжительный срок и фактически представляет собой фиксированную выделенную линию связи. Оперативная коммутация осуществляет соединение узлов на время передачи данных, на остальное время связь разрывается. К оперативной коммутации относятся коммутация каналов, коммутация сообщений, коммутация пакетов и гибридная коммутация. При коммутации каналов ресурсы сети выделяются

двум узлам и становятся недоступными другим узлам на время всего соединения. При коммутации сообщений узлы соединены между собой постоянно, а сообщения передаются от узлу к узлу в зависимости от заданного маршрута. При коммутации пакетов сообщение разбивается на части (пакеты), которые могут передаваться адресату либо по одному маршруту по виртуальному каналу, либо по разным маршрутам в виде датаграмм. При гибридной коммутации для передачи сообщения может использоваться несколько видов коммутации по очереди или одновременно.

Сравнение методов коммутации приведено в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение методов коммутации

Свойство	Коммутация каналов	Коммутация сообщений	Коммутация пакетов
Наличие прямого электрического соединения	+	-	-
Хранение информации на промежуточных узлах	-	+	+
Возможность диалога	+	-	при отсутствии большой задержки
Способ работы	с отказами	с ожиданием	с отказами и ожиданием
Работа при перегрузке	возникают" отказы	возникают задержки	возникают отказы и задержки
Возможность перекодирования и изменения формата	-	+	+
Экономичность	при малых объемах нагрузки	при больших объемах нагрузки	при больших объемах нагрузки

Телеграфные сети для передачи сообщений используют коммутацию каналов и коммутацию сообщений. Как указывалось выше, коммутация каналов обеспечивает прямое соединение между отправителем и получателем. Коммутация каналов используется в сети абонентского телеграфирования. При коммутации сообщений прямое соединение существует только между двумя ближайшими узлами. Сообщение передаётся на ближайший узел, на котором определяется его дальнейший маршрут до следующего ближайшего узла, и так до узла получателя. Сообщение ставится в очередь и отправляется при освобождении канала связи. Коммутация сообщений используется в телеграфной сети общего пользования.

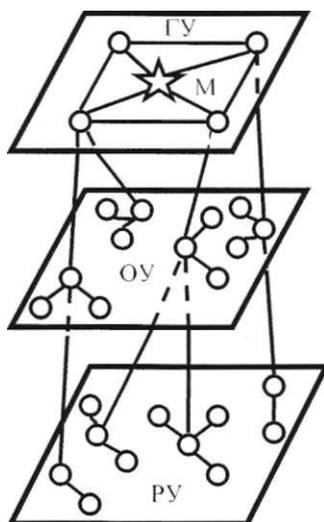


Рис. 97. Телеграфная сеть общего пользования

Структура телеграфной сети общего пользования представлена на рис. 97. Сеть состоит из трёх уровней. На верхнем уровне находятся крупные узлы связи (главные узлы - ГУ), в которых сосредоточена основная нагрузка сети. Средний уровень состоит из областных узлов (ОУ). Районные узлы (РУ) нижнего уровня имеют наименьшую нагрузку. Сеть построена по радиальной топологии. На верхнем уровне все узлы соединены друг с другом и от каждого узла имеется связь к ближайшим областным узлам. К областным узлам подключаются районные узлы нижнего уровня. На каждом уровне к любому узлу может подключаться отделение связи. Передача сообщений между районными узлами осуществляется через узлы вышестоящих уровней. Управление всей сетью осуществляется из центрального телеграфного узла, расположенного в Москве. Центральный узел обеспечивает обмен сообщениями между сетью общего пользования и сетью абонентского телеграфирования.

В настоящее время телеграфная сеть переоборудуется и интегрируется с сетью передачи данных. Интеграция предполагает совместную работу старого оборудования и современных телеграфных терминалов, построенных на базе персональных ЭВМ.

КОММУТАЦИЯ ПАКЕТОВ

Пакетом называют набор двоичных данных специального формата, содержащий собственно данные, сигналы управления соединением и информацию для контроля ошибок. Пакеты могут передаваться двумя способами: по виртуальным каналам и в виде датаграмм.

Виртуальный канал, или виртуальное соединение, устанавливается перед началом передачи данных и разрушается после её окончания. При необходимости передачи сообщения через виртуальный канал отправитель посылает запрос адресату на установку соединения. Пакет запроса, проходя через центры коммутации, инициирует формирование записи маршрута в маршрутную таблицу каждого центра (рис. 98). В таблице указывается адрес узла, из которого пришёл запрос, и адрес узла, на который запрос был отправлен далее. Маршруту присваивается уникальный номер. Дойдя до адресата запрос обрабатывается, и принимается решение о получении сообщения или об отказе на его получение. При положительном решении назад отправляется подтверждение приёма запроса, которое следует по уже проложенному маршруту. В случае отрицательного ответа отклонение запроса возвращается к отправителю по исходному маршруту с одновременным разрушением последнего.



Рис. 98. Создание виртуального канала

После получения подтверждения запроса сторона отправителя разбивает сообщение на пакеты и передаёт их последовательно через виртуальный канал. После окончания передачи отправляется пакет закрытия соединения. Проходя через узлы коммутации, данный пакет инициирует стирание из маршрутной таблицы записи о данном соединении. При получении данного пакета стороной получателя виртуальный канал считается разрушенным. При виртуальном соединении адреса отправителя и получателя отправляются только в первом пакете запроса. В остальных пакетах в качестве адреса используется только номер маршрута.

Датаграммой называют самостоятельный пакет, перемещающийся по сети независимо от других пакетов сообщения. В каждой датаграмме, кроме данных, присутствуют адреса отправителя и получателя. Маршрут каждой датаграммы определяется наличием свободных каналов связи. Отправка датаграммы в каждом узле сопровождается поиском свободного направления передачи. Каждая датаграмма отправляется на первый центр коммутации, давший положительный ответ на запрос передачи (рис. 99).

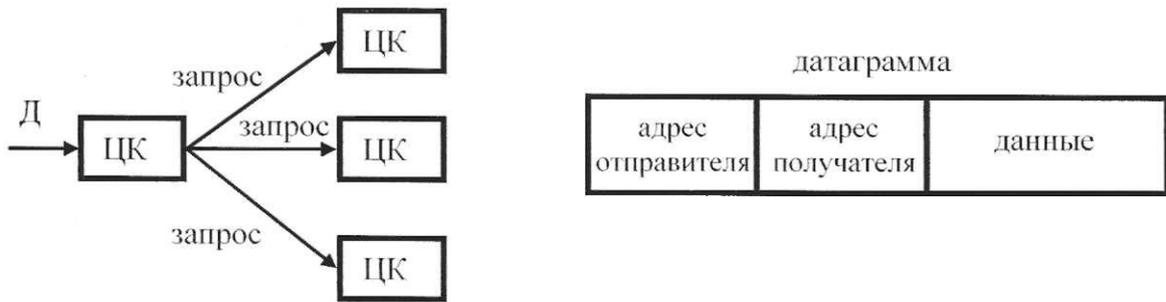


Рис. 99. Датаграммное соединение

Сравнение методов пакетной коммутации приведено в таблице 2.

Таблица 2

<u>Методы коммутации пакетов</u>		
Свойство	Виртуальный канал	Датаграммы
Адресация	адрес в первом пакете	в каждом пакете
Приём пакетов	в порядке передачи	в случайном порядке
Маршрут	все пакеты по одному маршруту	каждый пакет по своему маршруту

ЭТАЛОННАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ

С целью стандартизации и упрощения проектирования и описания сетей связи была разработана эталонная модель взаимодействия открытых систем. *Открытой системой* называют такую систему, которая может взаимодействовать с любой другой, удовлетворяющей требованиям открытой системы. Использование открытой системы позволяет разработчикам уклониться от жёсткой привязки к аппаратному и программному обеспечению конкретных систем.

Открытая система состоит из семи уровней: физического - самого нижнего, канального, сетевого, транспортного, сеансового, представительского и прикладного - самого верхнего уровня. Каждый уровень предоставляет следующему вышестоящему набор услуг или сервисов. Соседние уровни взаимодействуют между собой через интерфейс.

Прикладной уровень предоставляет прикладным программам доступ в сеть. Уровень представления преобразует или перекодирует данные в необходимый формат. Сеансовый уровень поддерживает диалог между двумя системами. Разбивка сообщений на пакеты и их обратная сборка с оптимальной передачей данных между системами осуществляет транспортный уровень. Сетевой уровень отслеживает верность доставки

пакетов в сети по необходимому адресу, то есть занимается маршрутизацией пакетов. На канальном уровне осуществляется управление потоком данных и их защита от ошибок. Пакет обрамляется специальными флагами и служебной информацией. Физический уровень организует процесс передачи сигнала через среду распространения.

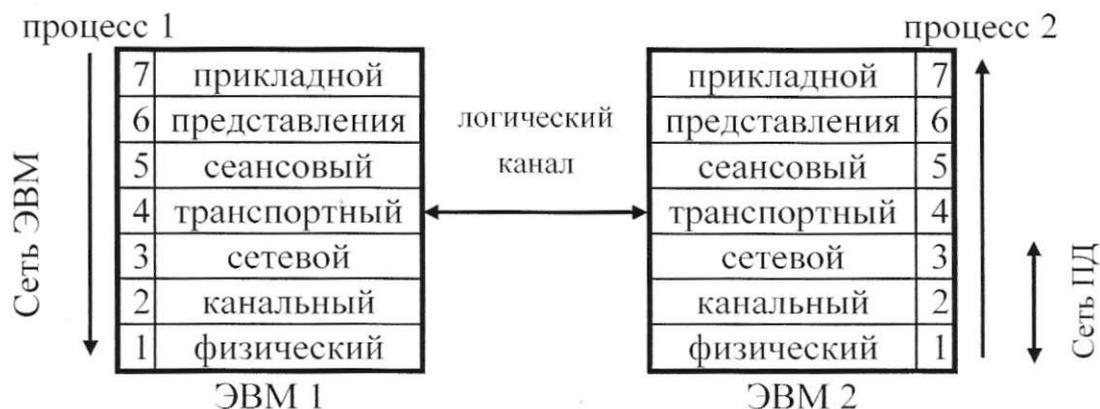


Рис. 100. Эталонная модель взаимодействия открытых систем

Взаимодействие двух открытых систем происходит через одноимённые уровни. Условные линии между одноимёнными уровнями двух систем называют *логическим каналом*. Динамический объект в сети, изменяющийся по заданному алгоритму, называют *процессом*. Благодаря эталонной модели взаимодействия открытых систем два разнородных процесса в сети получают возможность обмениваться данными. С точки зрения процесса данные передаются через верхний логический канал, а всё что происходит с данными ниже никакого влияния на процесс не оказывает. Для доступа к процессу используется порт. Через порт процесс осуществляет ввод-вывод сообщений. В открытой модели порт располагается между транспортными и сеансовыми уровнями. Отрезок времени, в течение которого происходит взаимодействие процессов, называется *сеансом*, или *сессией*.

Передача данных в эталонной модели происходит от верхнего уровня к нижнему, приём, наоборот, - от нижнего к верхнему. При передаче данных сверху вниз нижележащий уровень не имеет права их как-либо обрабатывать и анализировать. Уровень обрамляет данные своей служебной информацией в заголовке и концевики. Одноимённый уровень противоположной стороны анализирует эти служебные данные и принимает решение о дальнейших действиях (рис. 101).

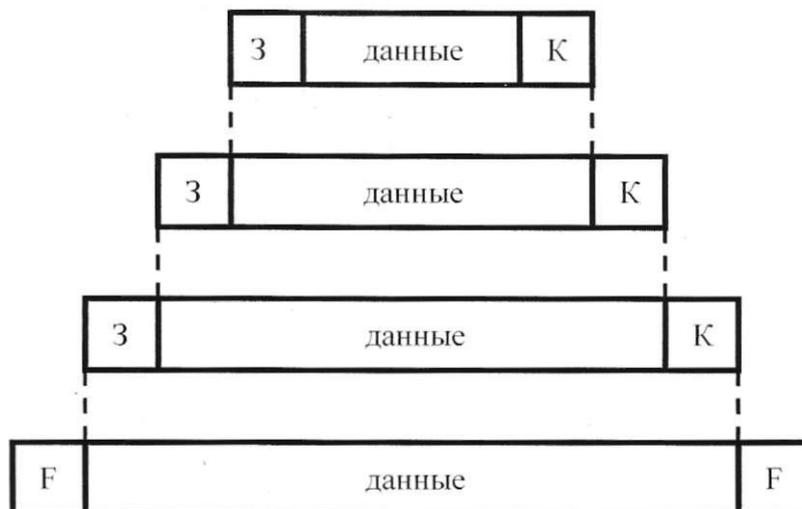


Рис. 101. Передача данных через эталонную модель

КАНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ

На канальном уровне данные могут передаваться несколькими способами. Первый способ - с установлением соединения и с уведомлением. Между системами формируются два канала: для прямой и обратной связи. Обратная связь используется для пересылки квитанций подтверждения. Второй способ - без установления соединения, но с уведомлением. Передающая сторона ждёт уведомления о приёме в течение заданного времени. Третий способ без установления соединения и без уведомления. В этом случае данные передаются в одну сторону и без гарантии доставки.

Для циклового фазирования передаваемых данных используется кадрирование. Различают байт и бит ориентированное кадрирование. Байт ориентированное кадрирование использует минимальную единицу байт. Для синхронизации выделяются специальные байты. Данные байты не могут встречаться в поле данных и в поле служебной информации. Байт ориентированный метод кадрирования используется при передаче текста.



Рис. 102. Байт ориентированный метод

При бит ориентированном кадрировании минимальной единицей является бит. Кадры разделяются с помощью флагов. Наиболее часто в качестве флага используется кодовая комбинация 01111110 (рис. 103). Поле данных в кадре может быть любой длины.

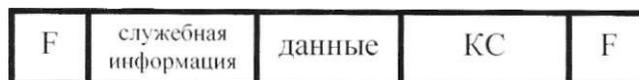


Рис. 103. Бит ориентированный метод

Поле данных может содержать любую последовательность бит, за исключением совпадающих с флагом. Для обеспечения прозрачности передачи используется процедура битстаффинга. Процедура заключается в разбивке данных на части в местах появления кодовой комбинации флага. В конце каждого кадра оставляется пять единичных битов, за которыми кадр закрывается. Следующий кадр продолжает прерванную последовательность. Например, если передаётся последовательность 001100110001111110100110, то для передачи она будет разбита на две последовательности 0011001100011111 и 10100110. Благодаря своей прозрачности бит ориентированный метод позволяет передавать данные любой природы.

В качестве примера протокола канального уровня рассмотрим протокол HDLC. Протокол является бит ориентированным. Структура кадра приведена на рис. 104.



Рис. 104. Кадр протокола HDLC

Кадр состоит из трёх полей, обрамлённых флагами. Поле служебной информации включает адрес и управляющие сигналы. Поле данных содержит передаваемый блок данных размером не более 128 байт. Третье поле содержит контрольную сумму для выявления возникших при передаче ошибок.

Кадры делятся на управляющие и информационные. Управляющие кадры используются для установления соединения, подтверждения приёма соединения, а также для контроля соединения. Среди управляющих подтверждающих кадров имеются кадры «принят N-кадр», «отрицательное подтверждение приёма кадра», «все кадры приняты верно» и «запрос кадра с заданным номером». Использование перечисленных кадров позволяет реализовать системы передачи данных с повышенной верностью.

ПРОТОКОЛ X.25

Протокол X.25 включает в себя три уровня и описывает организацию пакетных сетей, а также регламентирует взаимодействие ООД и АКД. Протокол X.25 не описывает взаимодействие между АКД, то есть задачи маршрутизации сообщений этим протоколом не решаются (рис. 105).

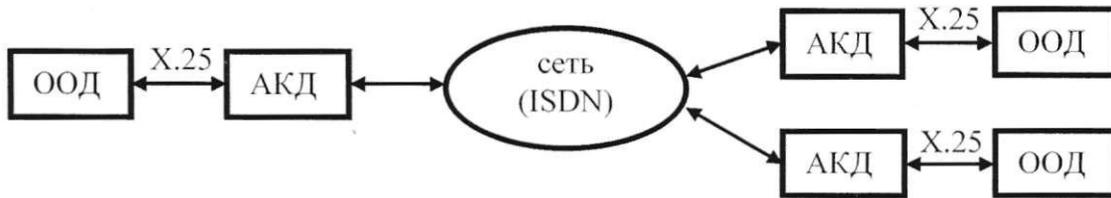


Рис. 105. Протокол X.25

Обмен данными осуществляется через три уровня. Верхний уровень - пакетный - производит разбивку сообщения на пакеты: кадровый уровень формирует из пакетов кадры и передаёт их физическому уровню. На кадровом уровне используется рассмотренный выше протокол HDLC. Физический уровень использует протокол X.21 или соединение через RS232. Между пакетными уровнями устанавливаются логические каналы (ЛК), число которых ограничено 4096 (рис. 106).

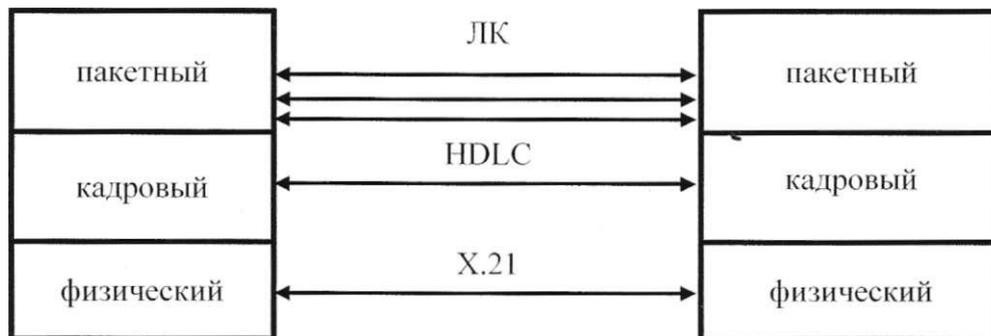


Рис. 106. Соединение по X.25

Каждый пакет состоит из октетов (группа из восьми бит). Пакет включает следующие поля: номер логической группы и номер логического канала, тип пакета и управляющие сигналы. В конце пакета следуют данные (рис. 107).

номер логической группы		ОУФ
номер логического канала		
тип	управляющие данные	
дополнительный заголовок или данные		

Рис. 107. Формат пакета X.25

В настоящее время протокол поддерживает только виртуальное соединение, на основании которого предоставляется два вида услуг. Первая услуга - создание постоянного виртуального канала, вторая - виртуальный вызов, соединение в этом случае устанавливается с помощью управляющих пакетов.

Соединение между двумя узлами устанавливается после отправки запроса вызывающей стороной и получением подтверждения от вызываемой стороны. Протокол поддерживает проверку каждого пакета на наличие в нём ошибок. При обнаружении ошибки производится повторный запрос и последующая передача ошибочного пакета. Повторная передача ошибочных пакетов в итоге снижает производительность сети.

В результате усовершенствования протокола X.25 появился протокол Frame Relay, основное отличие которого заключается в отказе от проверки каждого пакета на наличие ошибок, в результате чего повышается производительность.

СТЕК ПРОТОКОЛОВ TCP/IP

Стеком протоколов называют совокупность иерархически расположенных протоколов (рис. 108).

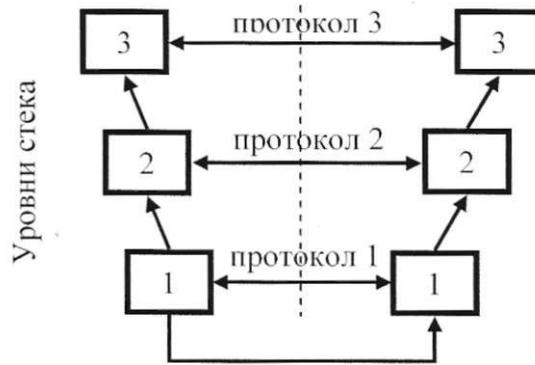


Рис. 108. Стек протоколов

Стек TCP/IP предназначен для надёжной передачи данных между ООД, имеющих различную архитектуру и принадлежащих сетям различной архитектуры. Стек изначально был создан для военных целей, и основной его задачей являлась надёжная доставка данных при разрушении части сети.

7	прикладной		4	прикладной	FTP, SMTP, POP3	DNS, SNTP
6	представления					
5	сеансовый					
4	транспортный					
3	сетевой		3	транспортный	TCP	UDP
2	канальный		2	межсетевой	IP, ICMP	
1	физический		1	доступа к среде передачи	PPP, SLIP, X.25, HDLC	

Рис. 109. Стек TCP/IP

Стек включает в себя 4 уровня. Работа каждого из уровней определяется одним из множества разработанных для него протоколов (рис. 109).

Протокол TCP предназначен для надёжной доставки данных между конечными процессами, идентифицирующимися в сети по номеру порта. Протокол осуществляет установку и разрыв соединения, передачу данных со служебной информацией контроля ошибок. Входящий поток данных разбивается на *сегменты*. Каждый сегмент включает флаги соединения, номера портов источника и получателя сообщения, номер пакета, номер положительного подтверждения пакета, контрольную сумму и размер окна. *Размером окна* называется объём данных, который способен принять получатель. Изменяя размер окна, можно регулировать скорость передачи

информации. Протокол использует решающую обратную связь. *Флаги соединения* указывают текущее состояние соединения.

Установка соединения осуществляется отправлением сегмента запроса SYN, на данный пакет получатель отвечает подтверждением ACK и запросом обратного соединения SYN. Отправитель формирует сегмент подтверждения обратного соединения и помещает в сегмент первую порцию данных. Далее между узлами происходит дуплексный обмен данными.

Протокол UDP не обеспечивает надёжную доставку данных и используется при необходимости высокоскоростной доставки данных, часть которых допустимо потерять.

Протокол IP предназначен для ненадёжной доставки данных между ООД с заданными IP-адресами. Ко входящим сегментам добавляется заголовок, включающий в себя IP адрес пакета, IP адрес получателя, время жизни датаграммы, контрольная сумма и номер протокола. Время жизни датаграммы определяет количество узлов в сети, которое может пройти датаграмма. При проходе заданного количества узлов, считается, что датаграмма не может быть доставлена адресату, вследствие чего она уничтожается.

IP адрес представляет собой 32-разрядное число. Для удобства представления IP адрес записывают в десятичном формате побайтно. IP адрес состоит из номера сети и номера узла сети. Всё множество IP адресов в зависимости от количества разрядов, выделенных на адрес сети и узла, делится на 3 класса (рис. 110).

класс А	1 октет	3 октета	
	номер сети	номер узла	
класс В	2 октета		2 октета
	номер сети		номер узла
класс С	3 октета		1 октет
	номер сети		номер узла

Рис. ПО. Классы IP адресов

Альтернативным вариантом записи IP адреса является его символьное представление. Соответствие между символьным и числовым представлением записывают в таблицы, доступ к которым осуществляется через серверы доменных имён (DNS-серверы).

Для более эффективного использования IP адресов выделение адреса сети и номера узла из адреса производится по маске подсети. Подсеть представляет собой небольшую сеть, включенную в состав более крупной сети через маршрутизатор. Маска представляет собой 32-разрядное число, старшие разряды которого заполнены единичными битами, а младшие - нулевыми. При логическом умножении IP адреса на маску подсети

выделяется адрес подсети, а при умножении IP адреса на инверсную маску выделяется адрес узла.

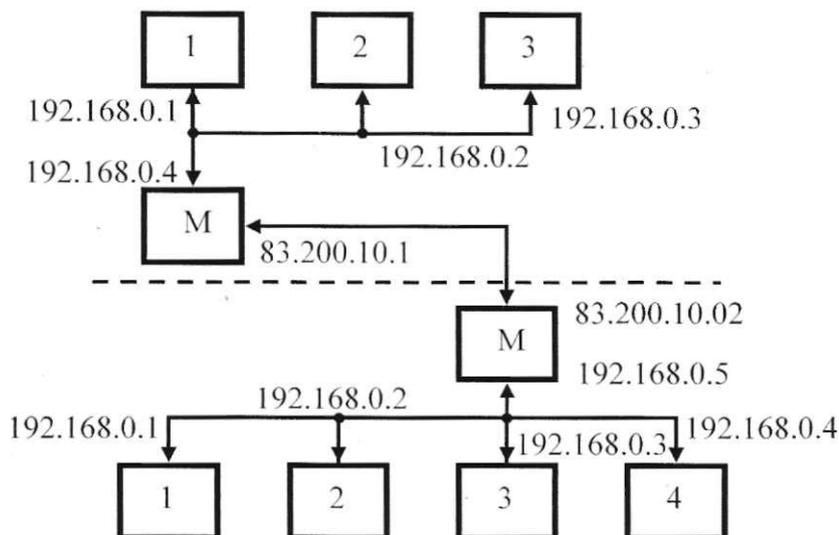


Рис. 111. IP сеть

Пример построения IP сети представлен на рис. III. Сеть состоит из двух маршрутизаторов, к которым подключено две локальные сети. В каждой локальной сети используются IP адреса, зарезервированные специально для локальных сетей. Маршрутизаторы являются частью глобальной сети и позволяют осуществлять обмен информацией между узлами локальной сети и узлами глобальной сети. Маршрутизатор содержит таблицы, согласно которым направляются входящие и исходящие пакеты.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Классификация систем документальной связи и основные определения.
2. Кодирование информации и её основные свойства. Электрические сигналы для передачи информации.
3. Телеграфные системы связи.
4. Использование телефонных каналов для передачи данных.
5. Протоколы связи через телефонные каналы.
6. Использование телефонных линий для высокоскоростной передачи данных.
7. Передача неподвижных изображений.
8. Способы кодирования неподвижных изображений.
9. Сети документальной связи.
10. Протоколы передачи данных в сетях документальной связи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современном обществе деятельность человека связана с достаточно большими объемами документальной информации. Сбор, обработка и классификация всей жизненно необходимой информации на сегодняшний день являются практически неразрешимыми задачами, если для их решения не предполагается использование искусственных вычислительных систем. Для успешной работы подобные системы объединяются в сети, в результате чего образуются мощные информационно-вычислительные комплексы, способные решать очень сложные задачи по обеспечению общества любыми видами документальной информации. Каким образом строятся подобные комплексы, их элементы и принципы работы, - все эти вопросы освещены в данном пособии.

В пособии были изложены основные виды организации связи для передачи документов между участниками системы, а также рассмотрены принципы использования каналов связи для получения максимальной производительности системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хелд, Г. Технологии передачи данных : пер. с англ. / Г. Хелд. - 7-е изд. - СПб. и др. : Питер, 2003. - 715 с: ил. - (Классика computer science).
2. Олифер, В. Г. Основы сетей передачи данных : Курс лекций / В. Г. Олифер, - М. : Интернет-Университет Информационных Технологий, 2003. - 246 с. : ил. - (Серия «Основы информационных технологий»).
3. Лагутенко, О. И. Модемы : справочник пользователя / О. И. Лагутенко. - СПб. : Лань, 1997. - 367с. : ил.
4. Столингс, В. Передача данных : пер. с англ. / В. Столингс. - 4-е изд. - СПб. и др. : Питер, 2004. - 749 с: ил. - (Серия "Классика COMPUTER SCIENCE").
5. Шварцман, В. О. Теория передачи дискретной информации/ В. О. Шварцман, Е. А. Емильянов - М. : Связь, 1979. - 424 с.
6. Передача дискретных сообщений / под ред. В. П. Шувалова. - М. : Радио и связь, 1990. - 464с.
7. Зубарев, Ю. Б. Передача изображений : учебник для вузов связи / Ю. Б. Зубарев, Е. Л. Елориозов - М. : Радио и связь, 1982. - 224 с. : ил.

Учебное издание

Марченко Максим Владимирович

СИСТЕМЫ ДОКУМЕНТАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Учебное пособие

Редактор Н. А. Евдокимова

Подписано в печать 30.09.2007. Формат 60x84/16

Бумага писчая. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 5,35.

Тираж 75 экз. Заказ \Б/к-

Ульяновский государственный технический университет

432027, Ульяновск, Сев. Венец, 32.

Типография УлГТУ, 432027, Ульяновск, Сев. Венец, 32.