

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Забайкальский государственный университет»
(ФГБОУ ВО ЗабГУ)

Кафедра Физики и техники связи

Методические указания к лабораторным и практическим работам по дисциплине
«Нормирование качества телекоммуникационных услуг»

Чита, 2014

Содержание

Пояснительная записка	4
Подготовка к выполнению лабораторных работ	5
Общие требования к выполнению лабораторных работ	6
Критерии оценки лабораторных работ	6
Основные правила техники безопасности	7
Лабораторная работа №1 «Исследование общеканальной сигнализации»	8
Лабораторная работа №2 «Исследование характеристик сигналов многоканальной телефонии»	11
Лабораторная работа №3 «Исследование зависимости качества сигнала от ширины полосы пропускания»	16
Лабораторная работа №4 «Исследование параметров каналов»	19
Лабораторная работа №5 «Исследование особенностей работы каналов с различной коммутацией »	23
Лабораторная работа №6 «Исследование особенностей работы системы передачи с ВРК »	32
Лабораторная работа №7 «Исследование перехода аналогового сигнала в цифровой сигнал»	37
Список литературы	43

Пояснительная записка

Методические указания по выполнению лабораторных работ составлены в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Основы телекоммуникаций» и предназначены для студентов специальности среднего профессионального образования:

210709 Многоканальные телекоммуникационные системы;

210721 Радиосвязь, радиовещание и телевидение.

Лабораторные работы занимают важное место при изучении дисциплины.

Целью их выполнения является:

- обобщение, углубление, систематизация и закрепление полученных теоретических знаний;
- формирование умений применять полученные знания на практике;
- развитие профессионально-значимых качеств: самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива

Методические указания состоят из 7 лабораторных работ по всему курсу дисциплины. Каждая лабораторная работа имеет номер, наименование и цель; теоретический материал, порядок выполнения работы, контрольные вопросы для защиты работы, количество часов.

После выполнения лабораторной работы, каждый из студентов представляет преподавателю отчет, отвечает на контрольные вопросы. Отчет о проделанной работе должен быть представлен студентом либо в день выполнения работы, либо на следующем занятии.

На выполнение каждой работы отводится определенное количество часов в соответствии с тематическим планом изучения дисциплины.

Форма отчетности указана в общих требованиях к выполнению лабораторных работ.

Методические указания по выполнению лабораторных работ окажут помощь студентам при подготовке к выполнению лабораторных работ, повторении изученного материала и подготовке к экзамену по учебной дисциплине «Основы телекоммуникаций».

Подготовка к выполнению лабораторных работ

К выполнению очередной лабораторной работы рекомендуется заблаговременно подготовиться в домашних условиях. Подготовка к каждой работе складывается, как правило, из нескольких пунктов:

- изучения теоретического материала по предстоящей работе;
- подготовки таблиц и графиков;
- ответов на контрольные вопросы.

Теоретическую часть работы лучше всего готовить по учебникам [1,2,3,4], поскольку они наиболее полно согласуются с данными методическими указаниями, но можно использовать и другие учебные пособия. После изучения теории по учебнику, лекциям, необходимо ознакомиться с описанием лабораторной работы, имеющейся в данных методических указаниях, затем произвести расчёты, предусмотренные для работы.

Существенной частью подготовки являются ответы на контрольные вопросы. Гораздо лучше, чтобы ответы на эти вопросы делались не устно, а письменно.

После выполнения лабораторной работы отчёт представляется оформленным к следующему занятию, либо в день выполнения работы.

Общие требования к выполнению лабораторных работ

1. Ход работы:

- изучить теоретический материал;
- выполнить задания лабораторной работы;
- описать ход выполнения заданий;
- ответить на контрольные вопросы.

2. Форма отчетности:

Лабораторные работы должны оформляться в отдельной тетради и содержать:

- номер и тему работы;
- цель работы;
- схемы соединений, структурные схемы оборудования;
- таблицы измерений;
- графики зависимостей, полученных по результатам измерений и расчетов;
- выводы по результатам работы;
- ответы на контрольные вопросы.

Критерии оценки лабораторных работ

Лабораторные работы оцениваются по пятибалльной системе:

– оценка «отлично» (10 баллов) выставляется тогда, когда из работы ясно, что обучающийся глубоко и прочно освоил программный материал, умеет тесно связывать теорию с практикой, владеет разносторонними навыками и приемами решения предложенных заданий, а содержание работы изложено исчерпывающе полно, последовательно, четко и логически стройно, без каких-либо неточностей;

– оценка «хорошо» (8 баллов) выставляется тогда, когда из работы ясно, что обучающийся твердо знает программный материал, правильно применяет теоретические положения при решении предложенных заданий, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, а содержание работы изложено грамотно, без существенных неточностей;

– оценка «удовлетворительно» (5 баллов) выставляется тогда, когда из работы ясно, что обучающийся имеет знания основного программного материала, но не усвоил его деталей, испытывает затруднения при решении предложенных заданий, в работе допущены неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении;

– оценка «неудовлетворительно» выставляется тогда, когда из работы ясно, что обучающийся не знает значительной части программного материала, неуверенно и с большими затруднениями выполняет работы, а в изложении работы допущены существенные ошибки.

Основные правила техники безопасности

- Перед началом сборки схемы следует убедиться в том, что комплект типового лабораторного оборудования отключен от сети;
- не допускается использование приборов и аппаратов с неисправными клеммами, проводов с поврежденной изоляцией и др.;
- собранная монтажная схема должна быть проверена преподавателем и может включаться только по его разрешению;
- все необходимые переключения нужно производить только при выключенном напряжении, любое изменение в цепи должно быть проверено преподавателем;
- если во время работы возникнет какое - либо повреждение, в результате чего появится дым, специфический запах или накалятся провода, то надо быстро отключить напряжение и сообщить преподавателю;
- если кто - либо попадет под напряжение и не сможет сам оторваться от токоведущих частей, то не пытайтесь оттащить его - вы сами будете поражены током, быстро выключите напряжение и сообщите преподавателю о случившемся случае;
- обучающиеся допускаются к лабораторным работам после ознакомления с настоящими правилами, что должно быть зафиксировано в специальном журнале.

Лабораторная работа №1 «Исследование общеканальной сигнализации» (2 часа)

1. Цель работы: рассмотреть исследование общеканальной сигнализации.

2. Основное оборудование

Настольная рабочая станция NI ELVIS II.

Общие теоретические сведения

Опишем назначение полей ЗНСЕ (значащая сигнальная единица).

Схема показана на рис.1.1.

Флаг (Ф) = 01111110- используется в следующих целях:

а) как разделитель СЕ (сигнальная единица), следующих друг за другом в потоке.

Если ЗНСЕ (значащая сигнальная единица) следуют друг за другом, то флаг конца одной является также флагом начала следующей. Если ЗНСЕ является одиночной и за ней следует СЕ другого типа, то она обрамляется двумя флагами (открывающим и закрывающим). Если процедура обнаружения флага не находит после приема 272 байт следующего флага, то звено сигнализации считается вышедшим из строя;

б) как фазирующая последовательность, когда в целях восстановления доступности удаленной стороны ОКС инициатор восстановления передает поток флагов и по реакции удаленной стороны принимает решение о возможности работы по данному звену сигнализации;

в) как контрольная последовательность, передаваемая после получения информации о перегрузке удаленной стороны ОКС.

Обратный порядковый номер (ОПН) - передается удаленной стороной ОКС в качестве подтверждения принятой без ошибок ЗНСЕ; ОПН изменяется в диапазоне от 0 до 127.

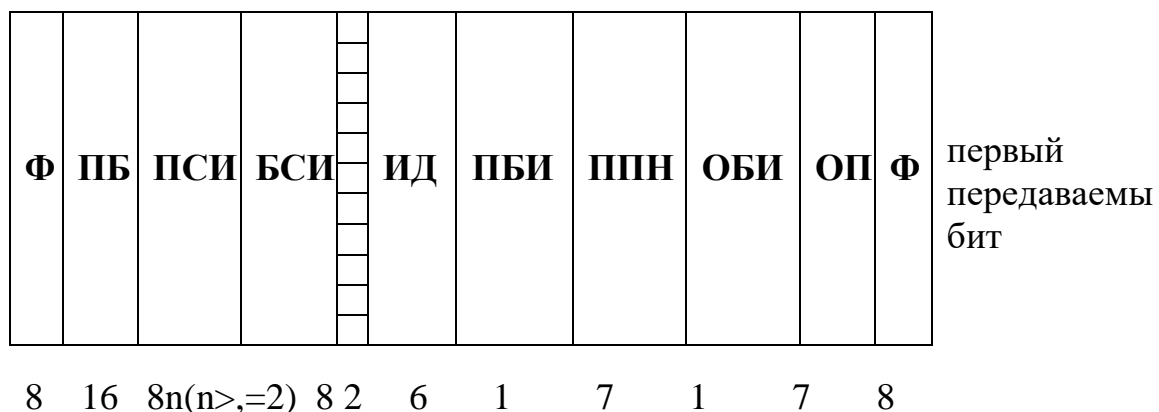


Рис. 1.1. Основной формат ЗНСЕ

Прямой порядковый номер (ППН). Каждой ЗНСЕ присваивается уникальный ППН. На удаленной стороне ОКС ППН принимаемых СЕ

служит для проверки правильного порядка следования ЗНСЕ (и только значащих СЕ). После безошибочного приема ЗНСЕ с ППН = 1 все последующие ЗНСЕ с ППН, отличающимся от ППН = 1+1, будут стираться, чтобы не допустить потери СЕ в звене сигнализации. Обратный бит индикатор (ОБИ) - используется в одном из рекомендованных МККТТ способов защиты от ошибок (основной способ) для запроса повторной передачи ЗНСЕ, принятой ранее с ошибкой.

Прямой бит индикатор (ПБИ) - используется в процессе защиты от ошибок для информирования удаленной стороны ОКС о том, передается ли ЗНСЕ впервые или повторно.

Индикатор длины (ИД) - идентифицирует тип СЕ:

- ИД ЗНСЕ может варьироваться от 3 и выше,
- ИД СЗСЕ имеет величину 1 или 2,
- ИД ЗПСЕ равен 0.

Индикатор длины задает количество байтов между старшим разрядом поля ИД и младшим разрядом поля проверочных битов (ПБ).

Проверочные биты (ПБ) - формируются в процессе циклического кодирования сигнальной информации и добавляются к ней; удаленная сторона использует их для выявления ошибок.

Байт служебной (сервисной) информации (БСИ) - содержит два четырехразрядных поля, в младшем из них содержится индикатор пользователя (службы) {ИП}, а в старшем - индикатор сети (ИС); содержимое ИП формируется в ППС, этим указывается тип пользовательских подсистем, обменивающихся сигнальной информацией; ИС указывает на международный или национальный трафик. В ППС каждого ПС в принятой ЗНСЕ анализируются оба поля БСИ.

Поле сигнальной информации (ПСИ) - здесь содержится сообщение пользователя и метка, включающая код исходящего пункта и код пункта назначения; в каждой пользовательской подсистеме может использоваться свой формат и свое кодирование сообщений пользователя. Объем ПСИ значащей сигнальной единицы в национальных сигнальных сетях может достигать 272 байт, из них одиночное сообщение пользователя может содержать до 256 байтов, в остальных 16 байтах содержится этикетка и дополнительные данные, используемые на пользовательском уровне для составления информационных блоков большого объема (больше, чем 256 байтов).

В СЕ состояния звена (рис.1.2), кроме описанных выше полей (Ф, ОПН, ОБИ, ППН, ПБИ, ИД, ПБ), имеется поле состояния (ПСО), где содержится признак состояния звена сигнализации, например, признак недоступности удаленной стороны ОКС, признак отключения процессора сетевого уровня своего или удаленного ПС и др.

Сигнальная единица этого типа передается от ПС_а к ПС_б или в обратном направлении только в тех случаях, когда звено сигнализации

больше не может использоваться для передачи ЗНСЕ или не готово к приему информации.

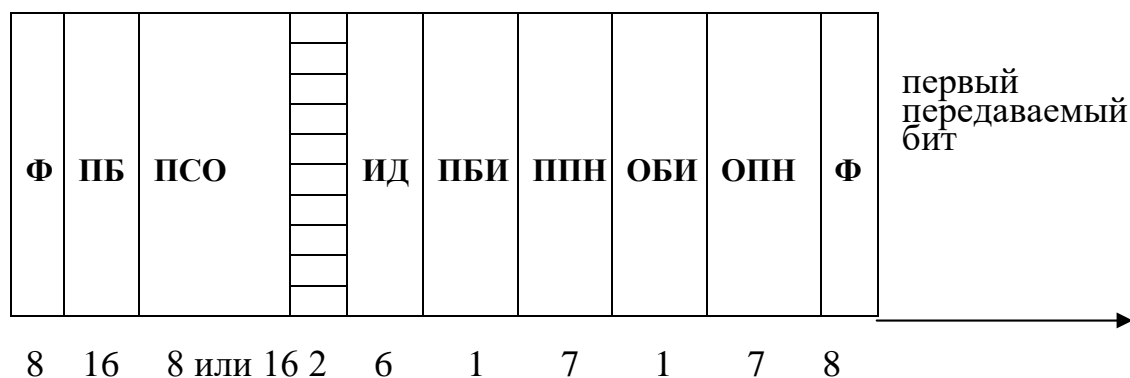


Рис. 1.2. Основной формат СЗСЕ

Заполняющая СЕ (рис. 1.3), так же, как и СЗСЕ, передается по звену сигнализации между смежными ПС, когда в данном ПС нет заявок на передачу ЗНСЕ или СЗСЕ.



Рис. 1.3. Основной формат ЗПСЕ

Ответственность сети сигнализации состоит, прежде всего, в том, чтобы непрерывно контролировать исправность и готовность всех звеньев сигнализации передавать и принимать информацию. Поэтому в любой момент времени в обоих направлениях по звену сигнализации передаются либо ЗНСЕ, либо СЗСЕ, либо ЗПСЕ. Благодаря этому оказывается возможным обнаруживать ошибки даже во время отсутствия сигнального трафика от подсистем пользователей.

4. Задания лабораторной работы

- изобразить схему основной формат ЗНСЕ;
- изобразить схему основной формат СЗСЕ;
- изобразить схему основной формат ЗПСЕ;
- сравнить и описать эти схемы.

5. Требования к отчету

Отчет должен содержать:

- название и цель работы;
- три схемы сети сигнализации;

сравнение трёх схем;

5.3 вывод о выполненной работе.

6. Ход работы

анализ схемы формат ЗНСЕ;

анализ схемы основной формат СЗСЕ;

анализ схемы основной формат ЗПСЕ.

7. Контрольные вопросы

изобразите формат ЗНСЕ.

какое назначение флага в СЕ?

какое назначение ОПН в СЕ?

какое назначение ППН в СЕ?

используется ли ОБИ для запроса повторной передачи ЗНСЕ?

используется ли ОБИ для запроса повторной передачи СЗСЕ?

какое назначение ПБИ в СЕ?

можно ли по содержимому индикатора длины (ИД) отличить один тип СЕ от другого?

объем, какой части СЕ задает ИД?

какое назначение проверочных битов (ПБ)?

какое содержимое байта служебной информации (БСИ)?

какой максимальный объем данных (в байтах) может содержать поле сигнальной информации (ПСИ)?

изобразите формат СЗСЕ.

какую информацию может содержать ПСО в СЗСЕ?

изобразите формат ЗПСЕ.

какое назначение ЗПСЕ?

допустимы ли перерывы в передаче СЕ в действующем звене сигнализации?

Лабораторная работа №2

«Исследование характеристик сигналов многоканальной телефонии»

(2 часа)

1. Цели работы: изучить свойства и характеристики сигналов многоканальной телефонии с частотным разделением; провести предварительные расчеты по индивидуальным заданиям; зарисовать осциллограммы сигналов и измерить основные параметры; сравнить расчетные и экспериментальные данные.

2. Основное оборудование

Настольная рабочая станция NI ELVIS II.

3. Общие теоретические сведения

Современные системы связи предназначены для передачи разнообразнейших видов сообщений: телефонных, телеграфных, факсимильных, телевизионного и звукового вещания. В последнее время

значительно расширились различные виды сигналов данных, предназначенных для связи между компьютерами или терминалами, для систем телесигнализации, телеуправления и прочее. Очевидно, что характеристики систем связи во многом определяются характеристиками передаваемых сигналов. В данном лабораторном курсе уделяется внимание в основном двум группам сигналов - сигналам многоканальной телефонии и телевизионным сигналам. Все остальные сигналы в той или иной степени производны от этих групп. В методических указаниях приводятся только самые общие сведения о характеристиках сигналов.

Человеческая речь представляет собой случайный процесс с полосой частот от 80 до 12000 Гц. Форманты, определяющие разборчивость речи, расположены, в основном, в полосе частот 300 - 3400 Гц. Поэтому в целях повышения экономических показателей Международный союз электросвязи (МСЭ - Т) принял для отдельных телефонных каналов такую эффективно передаваемую полосу частот. Для различных специальных каналов (каналы служебной связи, локальные и некоторые военные системы) может использоваться полоса 300 - 2700 Гц. Как правило, отдельные телефонные каналы объединяются в общий (групповой) сигнал, который и передается по системам связи. Операция объединения каналов называется уплотнением, которое может быть как частотным, так и временным. В данном лабораторном курсе будем изучать в основном частотное уплотнение. При частотном уплотнении многоканальный сигнал представляет собой сумму преобразованных по частоте отдельных телефонных сообщений. Общий принцип частотного уплотнения показан на рис. 2.1.

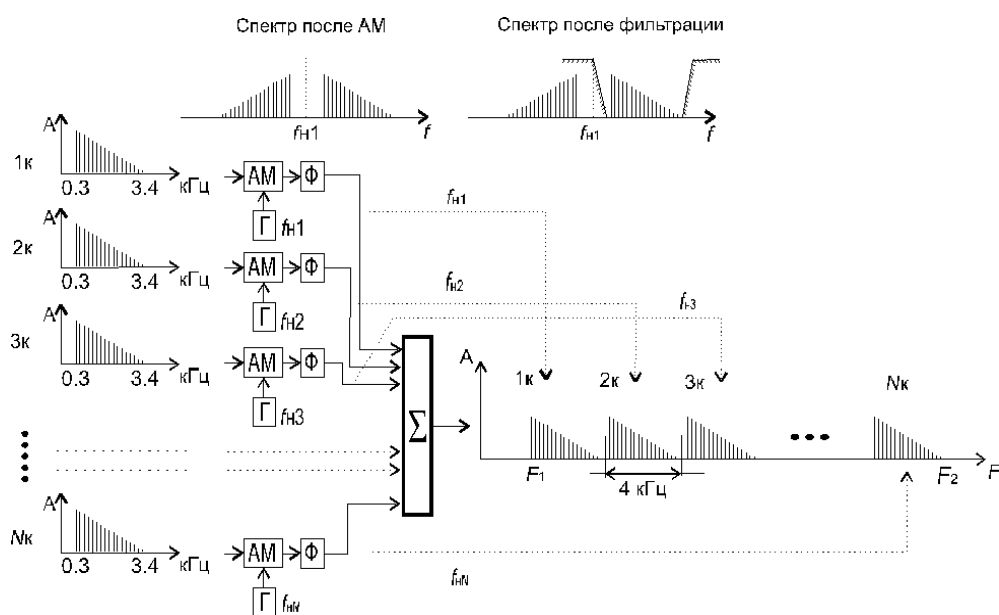


Рис. 2.1. Общий принцип частотного уплотнения

Одна из боковых полос каждого канала фильтруется, и полученные сигналы объединяются в общий многоканальный сигнал. Таким образом, строятся двенадцатиканальные первичные группы. Для получения большего количества каналов первичные группы объединяются методом частотного уплотнения во вторичные шестидесятиканальные группы (5 первичных групп), вторичные группы объединяются в третичные трехсотканальные (5 вторичных групп) и т. д., образуя групповой сигнал в тысячи телефонных сообщений. На приемном конце линии связи устанавливается аппаратура разделения каналов, где телефонные сигналы отделяются фильтрами, детектируются и поступают к абонентам. Спектр многоканального сигнала состоит из множества гармонических составляющих отдельных сообщений, являющихся некоррелированными случайными процессами. При числе каналов $N > 240$ можно считать, что многоканальный сигнал является шумоподобным процессом с нормальным (гауссовским) распределением случайных величин (таким распределением обладает белый шум). Примерная форма напряжения сигнала показана на рис. 2.2.

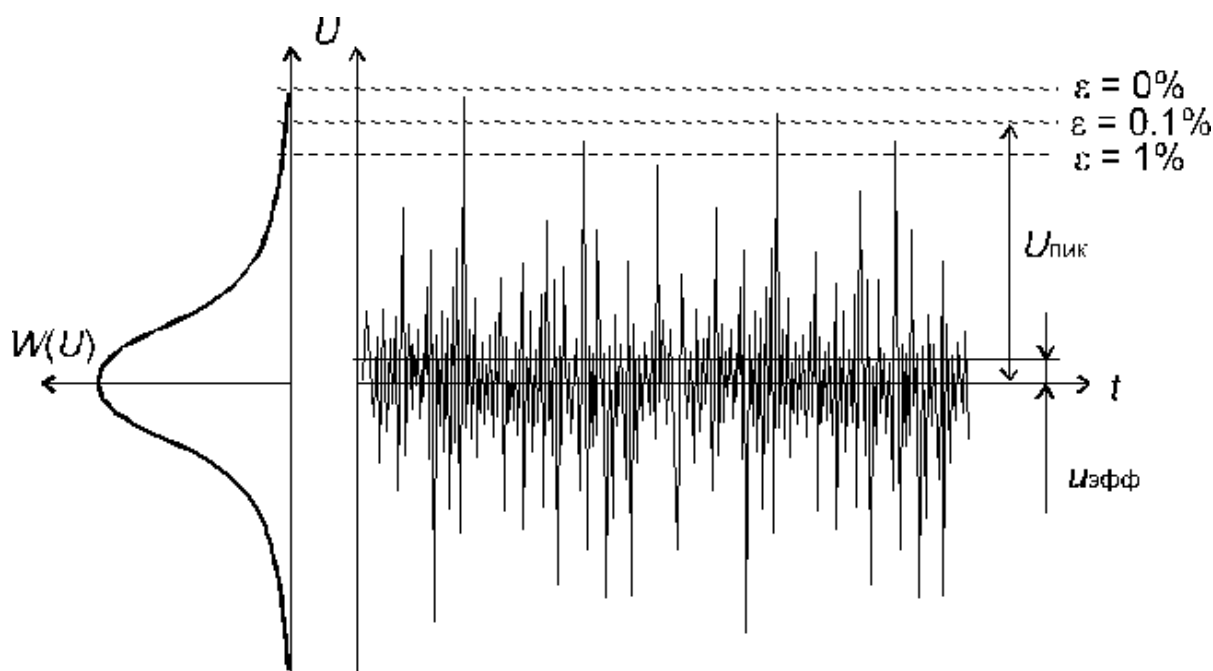


Рис.2.2. Форма напряжения сигнала

Из рисунка видно, что в некоторые моменты времени амплитуда сигнала может достигать весьма больших величин (для белого шума - бесконечно больших). На протяжении, каких амплитуд необходимо рассчитывать систему связи? Пиковым (квазипиковым) напряжением сигнала принято считать такое, которое может быть превышено в течение определенного времени. Для высококачественных магистральных линий связи это время соответствует 0,1% и система связи должна обеспечить

передачу квазипикового значения напряжения сигнала $U_{\text{пик}}$ (0,1%). Для низкокачественных систем квазипиковое напряжение определяется при времени превышения 1%. Отношение пикового и эффективного значений напряжений называется пик-фактором, который определяется по формулам:

$$x = U_{\text{пик}} / U_{\text{эфф}}, \quad (1)$$

$$x = 10 \lg(P_{\text{пик}} / P_{\text{ср}}) = 20 \lg(U_{\text{пик}} / U_{\text{ср}}), \text{ дБ}. \quad (2)$$

График зависимости пик - фактора от числа каналов показан на рис. 2.3.

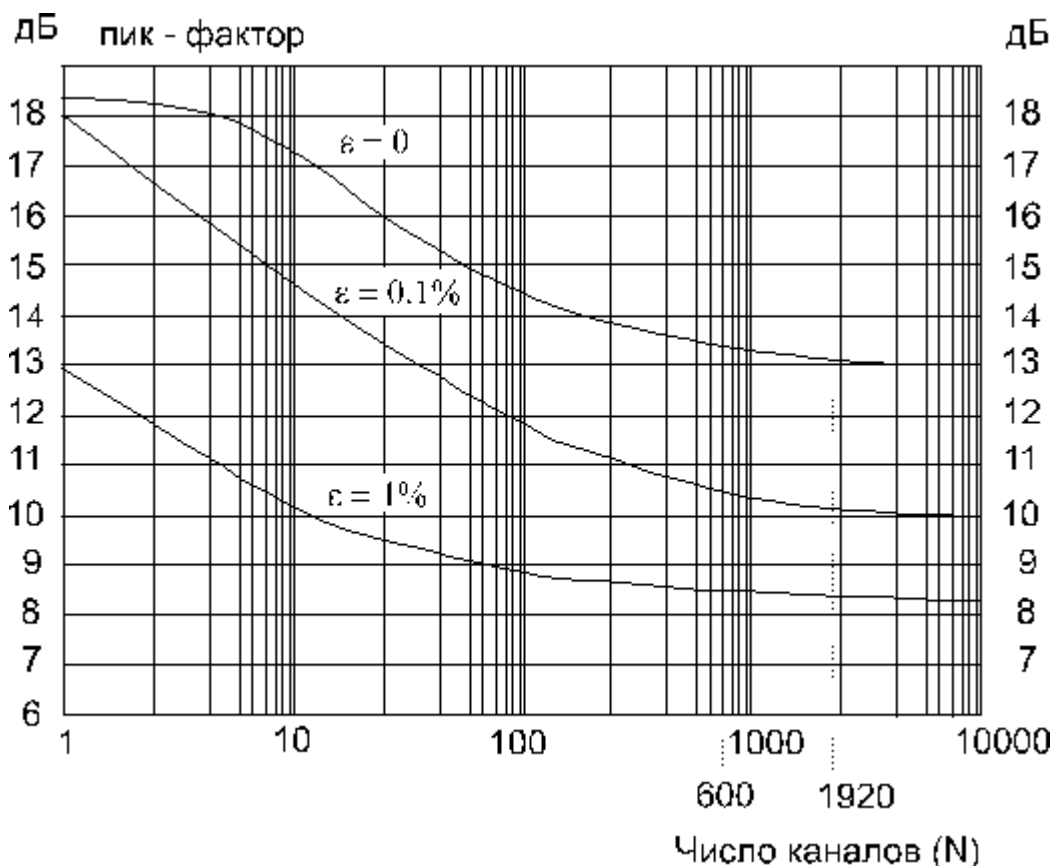


Рис.2.3. График зависимости пик - фактора от числа каналов

Средняя мощность многоканального сообщения складывается из мощностей отдельных каналов (p_k).

Следовательно, при условии, что все каналы стандартны,

$$P_{\text{ср}} = N p_k P_{\text{ср}}, \text{ мВт}, \quad (3)$$

а уровень средней мощности в децибелах

$$P_{\text{ср}} = p_k + 10L \lg N, \quad (4)$$

где:

для отечественных данных $p_k = -13$ дБм (50 мкВт),

а для данных МСЭ - Т $p_k = -15$ дБм (32 мкВт).

Таким образом, основные параметры группового сигнала следующие:

- нижняя (F_1) и верхняя (F_2) частоты;

- эффективное (среднее) и пиковое значение напряжений ($U_{\text{эфф}}$ и $U_{\text{пик}}$);
- средняя и пиковая мощности ($P_{\text{ср}}$ и $P_{\text{пик}}$);
- пик - фактор.

Наиболее близким к многоканальному сигналу процессом является белый шум. Как показано в [7] белый шум может служить удовлетворительной моделью многоканального сигнала при $N > 240$ и на практике применяется для испытаний и настройки систем связи с учетом поправочных коэффициентов. В лабораторных исследованиях используются приборы для измерения переходных помех (ИПП), которые в своем составе содержат имитаторы многоканальных сигналов.

4. Задания лабораторной работы

количество каналов указано в таблице 2.1;

Таблица 2.1

		Количество каналов N									
Номер варианта		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Число каналов N		300	600	720	1020	1320	1920	60	120	960	1800

несущие частоты двух каналов указаны в таблице 2.2

Таблица 2.2

		Несущие частоты для двух каналов									
Номер варианта		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Несущие для 1 и 2 каналов		108;104	100;96	92;88	84;80	76;72	68;64	108;100	64;88	84;76	72;80

исследовать принцип частотного уплотнения своего варианта;
изобразить схему частотного уплотнения своего варианта.

5. Требования к отчету

Отчет должен содержать:

название и цель работы;

в рабочей тетради изобразить схему частотного уплотнения своего варианта;

вывод о выполненной работе.

6. Ход работы

6.1. по номеру варианта индивидуального задания выберите количество каналов N ;

по номеру варианта выберите несущие частоты двух каналов;

просчитайте полосы частот каналов;

исследуйте принцип частотного уплотнения;

проанализируйте принцип частотного уплотнения.

7. Контрольные вопросы

- какой спектр разговорного сигнала?
- что происходит в амплитудном модуляторе?
- что происходит в сумматоре?
- как объединяются первичные группы?
- как объединяются вторичные группы?
- как объединяются третичные группы?

Лабораторная работа №3

«Исследование зависимости качества сигнала от ширины полосы пропускания» (2 часа)

1. Цель работы: научиться исследовать зависимость сигнала от ширины полосы пропускания

2. Основное оборудование.

Рабочая станция NI ELVISII.

3. Общие теоретические сведения.

Основные параметры, которые характеризуют полосу пропускания частот - это ширина полосы пропускания и неравномерность АЧХ в пределах полосы (рис.3.1).

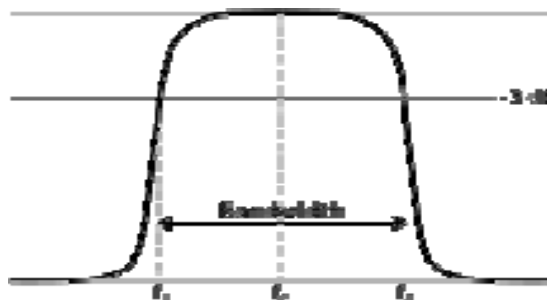


Рис.3.1. Ширина полосы пропускания

Ширина полосы пропускания - полоса частот, в пределах которой неравномерность частотной характеристики.

Ширина полосы обычно определяется как разность верхней и нижней граничных частот участка АЧХ. Этот уровень приблизительно соответствует -3 дБ . Иногда полосу пропускания определяют также по фазо - частотной характеристике устройства. Ширина полосы пропускания выражается в единицах частоты (например, в Гц). Расширение полосы пропускания позволяет передать большее количество информации. Практически все электрические сигналы, отображающие реальные сообщения содержат бесконечный спектр частот. Для неискажённой передачи таких сигналов потребовался бы канал с бесконечной полосой пропускания. С другой стороны, потеря на приёме хотя бы одной составляющей спектра приводит к искажению временной формы сигнала. Поэтому ставится задача передавать сигнал в ограниченной полосе пропускания канала таким образом, чтобы искажения сигнала

удовлетворяли требованиям и качеству передачи информации. Таким образом, полоса частот - это ограниченный (исходя из технико - экономического соотношений и требований к качеству передачи) спектр сигнала.

Ширина полосы частот ΔF определяется разностью между верхней F_B и нижней F_H частотами в спектре сообщения, с учётом его ограничения. Чем выше частота несущего периодического сигнала, тем больше информации в единицу времени передается по линии и тем выше пропускная способность линии при фиксированном способе физического кодирования. Однако, с другой стороны, с увеличением частоты периодического несущего сигнала увеличивается и ширина спектра этого сигнала, то есть разность между максимальной и минимальной частотами того набора синусоид, которые в сумме дадут выбранную для физического кодирования последовательность сигналов. Линия передает этот спектр синусоид с теми искажениями, которые определяются ее полосой пропускания. Чем больше несоответствие между полосой пропускания линии и шириной спектра передаваемых информационных сигналов, тем больше сигналы искажаются и тем вероятнее ошибки в распознавании информации принимающей стороной, а значит, скорость передачи информации на самом деле оказывается меньше, чем можно было предположить. Связь между полосой пропускания линии и ее максимально возможной пропускной способностью, вне зависимости от принятого способа физического кодирования, установил Клод Шеннон:

$$C = F \log_2 (1 + P_c/P_{ш}) \quad (1)$$

где C - максимальная пропускная способность линии в битах в секунду, F - ширина полосы пропускания линии в герцах, P_c - мощность сигнала, $P_{ш}$ - мощность шума.

Из этого соотношения видно, что хотя теоретического предела пропускной способности линии с фиксированной полосой пропускания не существует, на практике такой предел имеется. Действительно, повысить пропускную способность линии можно за счет увеличения мощности передатчика или же уменьшения мощности шума (помех) на линии связи. Обе эти составляющие поддаются изменению с большим трудом. Повышение мощности передатчика ведет к значительному увеличению его габаритов и стоимости. Снижение уровня шума требует применения специальных кабелей с хорошими защитными экранами, что весьма дорого, а также снижения шума в передатчике и промежуточной аппаратуре, чего достичь весьма не просто. К тому же влияние мощностей полезного сигнала и шума на пропускную способность ограничено логарифмической зависимостью, которая растёт далеко не так быстро, как прямо-пропорциональная. Так, при достаточно типичном исходном отношении мощности сигнала к мощности шума в 100 раз повышение

мощности передатчика в 2 раза даст только 15 % увеличения пропускной способности линии.

Близким, по сути, к формуле Шеннона является следующее соотношение, полученное Найквистом, которое также определяет максимально возможную пропускную способность линии связи, но без учета шума на линии:

$$C = 2F \log_2 M, \quad (2)$$

где M - количество различных состояний информационного параметра.

Если сигнал имеет 2 различных состояния, то пропускная способность равна удвоенному значению ширины полосы пропускания линии связи (рис. 3.2, а). Если же передатчик использует более чем 2 устойчивых состояния сигнала для кодирования данных, то пропускная способность линии повышается, так как за один такт работы передатчик передает несколько бит исходных данных, например 2 бита при наличии четырех различных состояний сигнала (рис. 3.2, б).

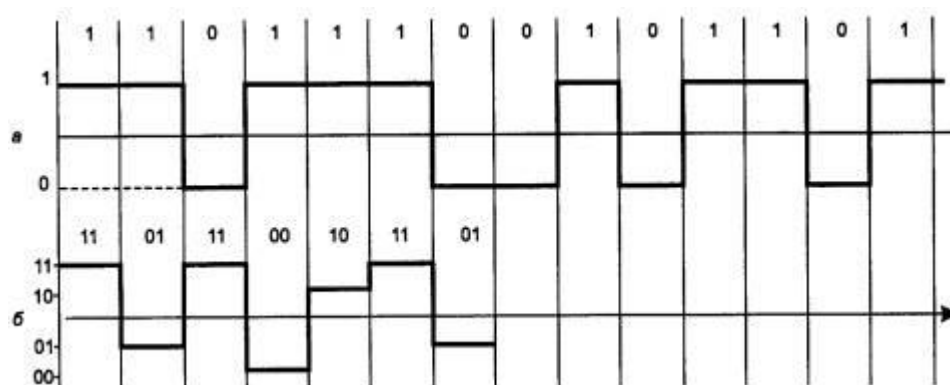


Рис. 3.2. Повышение скорости передачи за счет дополнительных состояний сигнала

Хотя формула Найквиста явно не учитывает наличие шума, косвенно его влияние отражается в выборе количества состояний информационного сигнала. Для повышения пропускной способности канала хотелось бы увеличить это количество до значительных величин, но на практике мы не можем этого сделать из-за шума на линии. Например, для примера, приведенного на рис. 3.2, можно увеличить пропускную способность линии еще в два раза и использовать для кодирования данных не 4, а 16 уровней. Однако если амплитуда шума часто превышает разницу между соседними 16 - ю уровнями, то приемник не сможет устойчиво распознавать передаваемые данные. Поэтому количество возможных состояний сигнала фактически ограничивается соотношением мощности сигнала и шума, а формула Найквиста определяет предельную скорость передачи данных в том случае, когда количество состояний уже выбрано с учетом возможностей устойчивого распознавания приемником.

4. Задания лабораторной работы

подготовить бланк отчета;
собрать схемы виртуальных приборов на рабочей станции;
посмотреть на графике качество сигнала от полосы пропускания;
изобразить графики в рабочей тетради.

5. Требования к отчету

Отчет должен содержать:

название и цель работы;
схемы исследования;
график наблюдения;

5.3 вывод о выполненной работе.

6. Ход работы

познакомиться с теоретическим материалом;
собрать схемы виртуальных приборов;
проверить работу схем;
проанализировать графики наблюдений;
все данные и результаты занести в рабочую тетрадь.

7. Контрольные вопросы

какие основные параметры, характеризующие полосу пропускания частот?

к чему приводит потеря на приёме хотя бы одной составляющей спектра?

почему ограничивают полосу пропускания канала?

что такое полоса частот?

как определяется ширина полосы частот ΔF ?

от чего зависит пропускная способность линии?

от чего сигналы искажаются больше?

что будет со скоростью передачи информации?

кто установил способ физического кодирования?

за счёт чего можно повысить пропускную способность линии?

какое соотношение получил Найквист?

Лабораторная работа №4

«Исследование параметров каналов передачи» (2 часа)

1. Цель работы: научиться измерять параметры каналов передачи.

2. Основное оборудование.

ИКМ-30.

3. Общие теоретические сведения.

Измерительные уровни.

– 13 дБ – на входе тракта передачи канала ТЧ.

+ 4 ± 0,4 дБ – на выходе тракта приема канала.

Входное сопротивление трактов передачи и приема со стороны каналов ТЧ составляют 600 Ом.

Измерение остаточного усиления канала производится на $f = 1020$ Гц (800 Гц) и уровне на входе - 13 дБ (рис.4. 1).

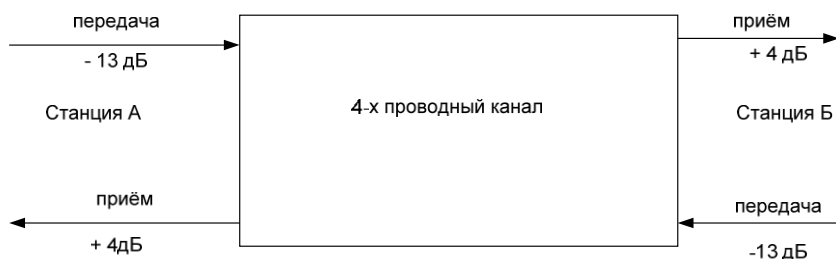


Рис. 4.1. Схема измерения канала тональной частоты

На вход передающей части канала в точку с номинальным относительным уровнем минус 13 дБ от измерительного генератора подаётся сигнал частотой 1020 Гц. На выходе приёмной части канала в точке с номинальным относительным уровнем 4 дБ устанавливается уровень + 4 дБ.

Измерения амплитудно - частотной характеристики канала выполняются автоматизированными приборами или непосредственным отсчётом показаний измерителя уровня рис.4.2.

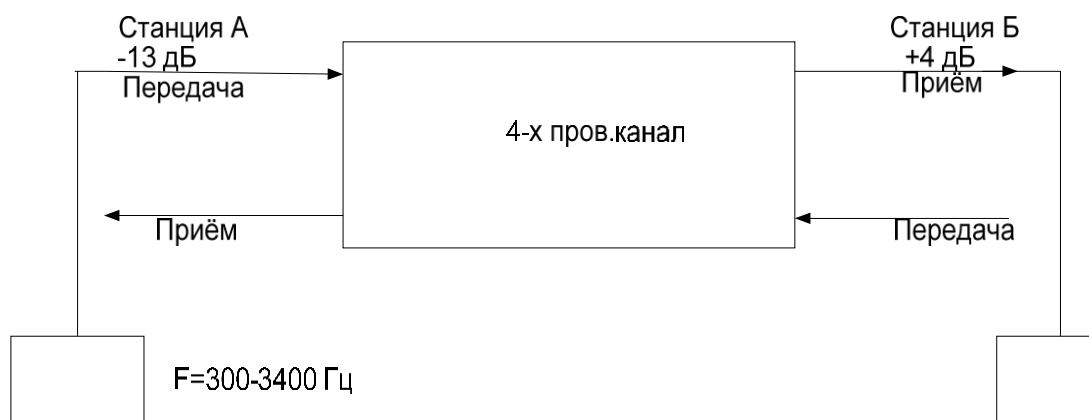


Рис.4.2. Схема измерения амплитудно - частотной характеристики канала

При измерениях с помощью измерителя уровня на вход передающей части канала в точку с номинальным относительным уровнем минус 13 дБ от измерительного генератора (входное сопротивление равно 600 Ом) поочерёдно подаются сигналы с частотами 300, 400, 600, 1020(800), 1200, 1600, 2000, 2400, 3000, 3400 Гц с измерительным уровнем минус 23 дБм. Измерения начинаются и кончаются контрольными измерениями на частоте 1020 Гц. Точность установки частоты должна быть в пределах ± 5

Гц. Во избежание ошибок частоты 300 и 3400 Гц рекомендуется проверять по частотомеру.

Псофометрическая мощность шумов в каналах ТЧ измеряется в ЧНЗ (час наибольшей загрузки). Для радиорелейных и тропосферных СП (систем передач) измерения должны проводиться в часы наименьшей вероятности замираний. Периоды глубоких замираний из измерений исключаются.

Измерения проводятся в четырёхпроводной части канала в обоих направлениях передачи в точке номинального относительного уровня 4 дБо. Предварительно по каналу устанавливается номинальное значение уровня приёма на частоте 1020 Гц, вход передающей части канала должен быть нагружен на сопротивление 600 Ом.

Защищённость от внятных переходных влияний между прямым и обратным направлениями передачи одного и того же канала ТЧ измеряется следующим образом:

На вход передающей части канала в точку с номинальным относительным уровнем минус 13 дБо от измерительного генератора с сопротивлением равным 600 Ом подаётся сигнал частотой 1020 Гц с уровнем минус 23 дБм. На противоположной станции канал нагружается на 600 Ом.

Амплитудная характеристика канала аналоговых систем передачи и смешанного канала измеряется при включенных ограничителях амплитуд в четырёхпроводном тракте канала в обоих направлениях передачи на частоте 1020 Гц с помощью двух магазинов затухания, включаемых на входе и выходе канала. Для каналов, образованных ЦСП (цифровые системы передачи), измерения проводятся только на комплектах аппаратуры преобразования.

Предварительно по каналу устанавливается номинальное значение уровня приёма на частоте 1020 Гц (для составных каналов и в пунктах транзита по ТЧ). Затем через магазин затухания на вход измеряемого канала подаётся ток частотой 1020 Гц с уровнем - 13 дБ.

К выходу канала ТЧ через магазин затухания подключается измеритель уровня с сопротивлением 600 Ом. Измерительные уровни устанавливаются путём изменения затухания в магазине, включенном на вход передающей части канала, с точностью 0,1 дБ. Магазин затуханий на выходе приёмной части канала используется для поддержания постоянных показаний на измерителе уровня.

4. Задания лабораторной работы

- подготовить бланк отчета;
- измерить остаточное затухание канала;
- измерить амплитудно - частотную характеристику канала;
- измерить псофометрические шумы канала;

измерить защищённость от внятных переходов между прямым и обратным направлениями передачи одного и того же канала ТЧ;
измерить амплитудную характеристику канала ТЧ.

5. Требования к отчету

Отчет должен содержать:

- наименование и цель работы;
- таблицы с 4.1 по 4.3 с результатами измерений;
- схемы измерений всех видов измерений;

5.3 вывод о выполненной работе.

6. Ход работы

- изучить теорию к лабораторной работе;
- провести измерения остаточного затухания канала передачи;
- провести измерения амплитудно-частотной характеристики канала ТЧ и заполнить таблицу 4.1:

Таблица 4.1

Результаты измерений амплитудно - частотной характеристики канала

Ф, Гц	300	400	600	1020	1200	1600	2000	2400	3000	3400
Р _{пр.} , дБ										
отклонение дБ										

провести измерения психофотметрической мощности шумов канала передачи и заполнить таблицу 4.2

Таблица 4.2

Результаты измерений психофотметрических шумов

№ п/п	Единица измерения	Результаты измерений
1	мВ	
2	дБ	

измерить амплитудную характеристику канала ТЧ и заполнить таблицу 4.3

Таблица 4.3

Результаты измерений амплитудной характеристики канала

Р _{пер.} дБ	-22	-13,0	-12,0	-11,0	-10	-9	-8	0	+1,0	+2,0	+3,0	+3,5
Р _{пр.} дБ												

7. Контрольные вопросы

- дайте определение канала передачи;
- назовите основные характеристики канала тональной частоты;
- назовите норму остаточного затухания канала тональной частоты;
- изобразите схему измерения остаточного затухания канала;
- изобразите схему измерения амплитудно - частотной характеристики канала;

изобразите схему измерения психофотометрических шумов канала;
изобразите схему измерения амплитудной характеристики канала.

Лабораторная работа №5 **«Исследование особенностей работы каналов с различной коммутацией» (2 часа)**

1. Цель работы: научиться исследовать работу каналов с различной коммутацией.

2. Основное оборудование.

Рабочая станция NI ELVISII.

3. Общие теоретические сведения.

В глобальных сетях существует три принципиально различные схемы коммутации: коммутация каналов; коммутация сообщений; коммутация пакетов;

Коммутация каналов в глобальных сетях - процесс, который по запросу осуществляет соединение двух или более станций данных и обеспечивает монопольное использование канала передачи данных до тех пор, пока не произойдет разъединение. Коммутация каналов подразумевает образование непрерывного составного физического канала из последовательно соединенных отдельных канальных участков для прямой передачи данных между узлами. Отдельные каналы соединяются между собой специальной аппаратурой - коммутаторами, которые могут устанавливать связи между любыми конечными узлами сети.

Коммутация сообщений в глобальных сетях - процесс пересылки данных, включающий прием, хранение, выбор исходного направления и дальнейшую передачу сообщений без нарушения их целостности. Используются в тех случаях, когда не ожидается немедленной реакции на сообщение. Сообщения передаются между транзитными компьютерами сети с временной буферизацией их на дисках каждого компьютера. Сообщениями называются данные, объединенные смысловым содержанием, имеющие определенную структуру и пригодные для обработки, пересылки или использования. Источниками сообщений могут быть голос, изображения, текст, данные. Для передачи звука традиционно используется телефон, изображений - телевидение, текста - телеграф (телетайп), данных - вычислительные сети. Установление соединения между отправителем и получателем с возможностью обмена сообщениями без заметных временных задержек характеризует режим работы online. При существенных задержках с запоминанием информации в промежуточных узлах имеем режим offline.

Коммутация пакетов в глобальных сетях - это коммутация сообщений, представляемых в виде адресуемых пакетов, когда канал передачи данных занят только во время передачи пакета и по ее завершению освобождается

для передачи других пакетов. Коммутаторы сети, в роли которых выступают шлюзы и маршрутизаторы, принимают пакеты от конечных узлов и на основании адресной информации передают их друг другу, а в конечном итоге станции назначения. В глобальных сетях для передачи информации применяются следующие виды коммутации: коммутация каналов (используется при передаче аудиоинформации по обычным телефонным линиям связи); коммутация сообщений (применяется в основном для передачи электронной почты, в телеконференциях, электронных новостях); коммутация пакетов (для передачи данных, в настоящее время используется также для передачи аудио - и видеоинформации). Достоинством сетей коммутации каналов является простота реализации (образование непрерывного составного физического канала), а недостатком - низкий коэффициент использования каналов, высокая стоимость передачи данных, повышенное время ожидания других пользователей.

При коммутации сообщений передача данных (сообщения) осуществляется после освобождения канала, пока оно не дойдет до адресата. Каждый сервер производит прием, проверку, сборку, маршрутизацию и передачу сообщения. К достоинствам можно отнести - уменьшение стоимости передачи данных. Недостатком данного способа является низкая скорость передачи информации, невозможность ведения диалога между пользователями.

Пакетная коммутация подразумевает обмен небольшими пакетами (часть сообщения) фиксированной структуры, которые не дают возможности образования очередей в узлах коммутации. Достоинства: быстрое соединение, надежность, эффективность использования сети.

В общем случае решение каждой из частных задач коммутации - определение потоков и соответствующих маршрутов, фиксация маршрутов в конфигурационных параметрах и таблицах сетевых устройств, распознавание потоков и передача данных между интерфейсами одного устройства, мультиплексирование/демультиплексирование потоков и разделение среды передачи - тесно связано с решением всех остальных. Комплекс технических решений обобщенной задачи коммутации в совокупности составляет базис любой сетевой технологии. От того, какой механизм прокладки маршрутов, продвижения данных и совместного использования каналов связи заложен в той или иной сетевой технологии, зависят ее фундаментальные свойства. Среди множества возможных подходов к решению задачи коммутации абонентов в сетях выделяют два основополагающих: коммутация каналов (circuit switching); коммутация пакетов (packet switching).

Внешне обе эти схемы соответствуют приведенной на рис. 5.1 структуре сети, однако возможности и свойства их различны.

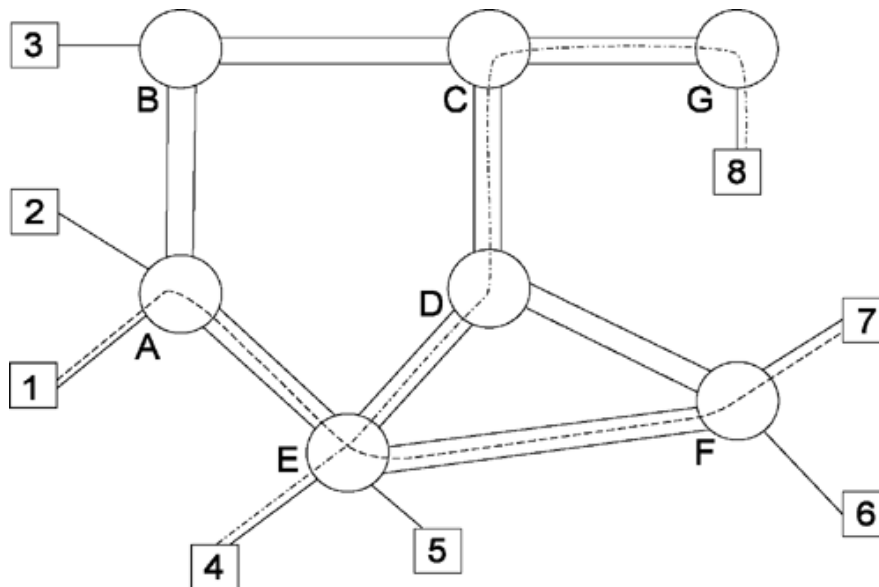


Рис. 5.1. Общая структура сети с коммутацией абонентов

Сети с коммутацией каналов имеют более богатую историю, они произошли от первых телефонных сетей. Сети с коммутацией пакетов сравнительно молоды, они появились в конце 60 - х годов как результат экспериментов с первыми глобальными компьютерными сетями. Каждая из этих схем имеет свои достоинства и недостатки, но по долгосрочным прогнозам многих специалистов, будущее принадлежит технологии коммутации пакетов, как более гибкой и универсальной. При коммутации каналов коммутационная сеть образует между конечными узлами непрерывный составной физический канал из последовательно соединенных коммутаторов промежуточных канальных участков. Условием того, что несколько физических каналов при последовательном соединении образуют единый физический канал, является равенство скоростей передачи данных в каждом из составляющих физических каналов. Равенство скоростей означает, что коммутаторы такой сети не должны буферизовать передаваемые данные. В сети с коммутацией каналов перед передачей данных всегда необходимо выполнить процедуру установления соединения, в процессе которой и создается составной канал. И только после этого можно начинать передавать данные. Например, если сеть, изображенная на рис. 5.1 и на рис.5.2, работает по технологии коммутации каналов, то узел 1, чтобы передать данные узлу 7, сначала должен передать специальный запрос на установление соединения коммутатору А, указав адрес назначения 7. Коммутатор А должен выбрать маршрут образования составного канала, а затем передать запрос следующему коммутатору, в данном случае Е. Затем коммутатор Е передает запрос коммутатору F, а тот, в свою очередь, передает запрос узлу 7. Если узел 7 принимает запрос на установление соединения, он направляет по уже установленному каналу ответ исходному узлу, после

чего составной канал считается скоммутированным, и узлы 1 и 7 могут обмениваться по нему данными.

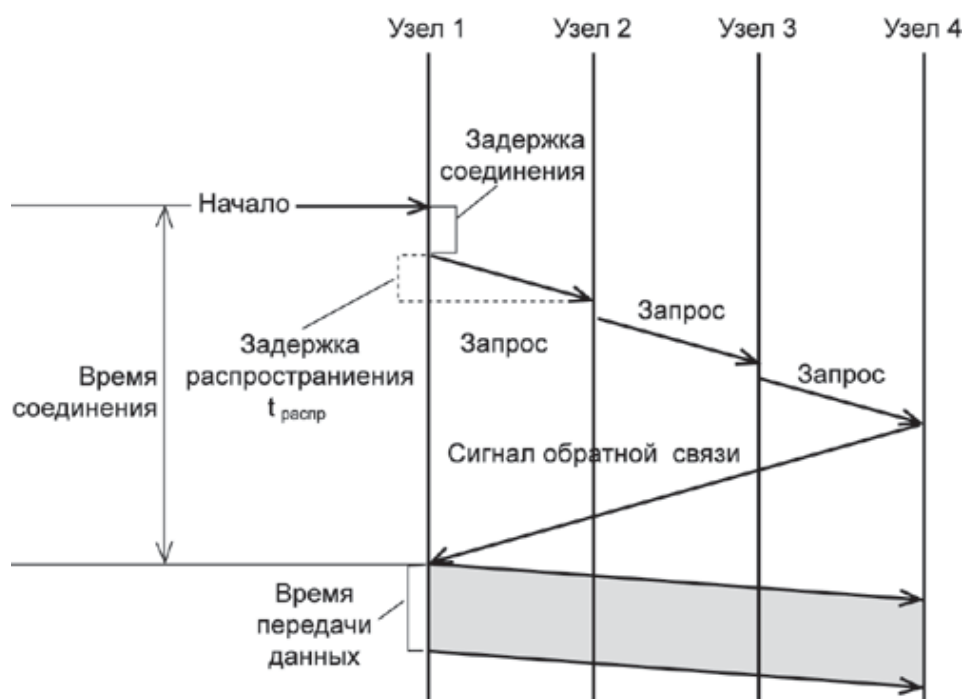


Рис. 5.2. Установление составного канала

Техника коммутации каналов имеет свои достоинства и недостатки.

Достоинства коммутации каналов:

а) постоянная и известная скорость передачи данных по установленному между конечными узлами каналу. Это дает пользователю сети возможности, на основе заранее произведенной оценки необходимой для качественной передачи данных пропускной способности установить в сети канал нужной скорости;

б) низкий и постоянный уровень задержки передачи данных через сеть. Это позволяет качественно передавать данные, чувствительные к задержкам (называемые также трафиком реального времени) - голос, видео, различную технологическую информацию.

Недостатки коммутации каналов:

а) отказ сети в обслуживании запроса на установление соединения. Такая ситуация может сложиться из-за того, что на некотором участке сети соединение нужно установить вдоль канала, через который уже проходит максимально возможное количество информационных потоков. Отказ может случиться и на конечном участке составного канала - например, если абонент способен поддерживать только одно соединение, что характерно для многих телефонных сетей. При поступлении второго вызова к уже разговаривающему абоненту сеть передает вызывающему абоненту короткие гудки - сигнал "занято". Нерациональное использование

пропускной способности физических каналов. Та часть пропускной способности, которая отводится составному каналу после установления соединения, предоставляется ему на все время, т.е. до тех пор, пока соединение не будет разорвано. Однако абонентам не всегда нужна пропускная способность канала во время соединения, например в телефонном разговоре, могут быть паузы, еще более неравномерным во времени является взаимодействие компьютеров. Невозможность динамического перераспределения пропускной способности представляет собой принципиальное ограничение сети с коммутацией каналов, так как единицей коммутации здесь является информационный поток в целом. Обязательная задержка перед передачей данных из-за фазы установления соединения. Достоинства и недостатки любой сетевой технологии относительны. В определенных ситуациях на первый план выходят достоинства, а недостатки становятся несущественными. Так, техника коммутации каналов хорошо работает в тех случаях, когда нужно передавать только трафик телефонных разговоров. Здесь с невозможностью "вырезать" паузы из разговора и более рационально использовать магистральные физические каналы между коммутаторами можно мириться. А вот при передаче очень неравномерного компьютерного трафика эта нерациональность уже выходит на первый план.

б) коммутация каналов подразумевает образование непрерывного составного физического канала из последовательно соединенных отдельных канальных участков для прямой передачи данных между узлами. Отдельные каналы соединяются между собой специальной аппаратурой - коммутаторами, которые могут устанавливать связи между любыми конечными узлами сети. В сети с коммутацией каналов перед передачей данных всегда необходимо выполнить процедуру установления соединения, в процессе которой и создается составной канал.

Например, если сеть, изображенная на рис.5.2, работает по технологии коммутации каналов, то узел 1, чтобы передать данные узлу 7, прежде всего должен передать специальный запрос на установление соединения коммутатору А, указав адрес назначения 7. Коммутатор А должен выбрать маршрут образования составного канала, а затем передать запрос следующему коммутатору, в данном случае Е. Затем коммутатор Е передает запрос коммутатору F, а тот, в свою очередь, передает запрос узлу 7. Если узел 7 принимает запрос на установление соединения, он направляет по уже установленному каналу ответ исходному узлу, после чего составной канал считается коммутированным и узлы 1 и 7 могут обмениваться по нему данными, например, вести телефонный разговор.

Коммутаторы, а также соединяющие их каналы должны обеспечивать одновременную передачу данных нескольких абонентских каналов. Для

этого они должны быть высокоскоростными и поддерживать какую-либо технику мультиплексирования абонентских каналов.

В настоящее время для мультиплексирования абонентских каналов используются две техники:

- техника частотного мультиплексирования (Frequency Division Multiplexing, FDM);
- техника мультиплексирования с разделением времени (Time Division Multiplexing, TDM).

Техника частотного мультиплексирования каналов (FDM) была разработана для телефонных сетей, но применяется она и для других видов сетей, например сетей кабельного телевидения.

Рассмотрим особенности этого вида мультиплексирования на примере телефонной сети.

Речевые сигналы имеют спектр шириной примерно в 10 000 Гц, однако основные гармоники укладываются в диапазон от 300 до 3400 Гц. Поэтому для качественной передачи речи достаточно образовать между двумя собеседниками канал с полосой пропускания в 3100 Гц, который и используется в телефонных сетях для соединения двух абонентов. В то же время полоса пропускания кабельных систем с промежуточными усилителями, соединяющих телефонные коммутаторы между собой, обычно составляет сотни килогерц, а иногда и сотни мегагерц. Однако непосредственно передавать сигналы нескольких абонентских каналов по широкополосному каналу невозможно, так как все они работают в одном и том же диапазоне частот и сигналы разных абонентов смешаются между собой так, что разделить их будет невозможно.

Для разделения абонентских каналов характерна техника модуляции высокочастотного несущего синусоидального сигнала низкочастотным речевым сигналом. Эта техника подобна технике аналоговой модуляции при передаче дискретных сигналов модемами, только вместо дискретного исходного сигнала используются непрерывные сигналы, порождаемые звуковыми колебаниями. В результате спектр модулированного сигнала переносится в другой диапазон, который симметрично располагается относительно несущей частоты и имеет ширину, приблизительно совпадающую с шириной модулирующего сигнала.

Если сигналы каждого абонентского канала перенести в свой собственный диапазон частот, то в одном широкополосном канале можно одновременно передавать сигналы нескольких абонентских каналов.

На входы FDM-коммутатора поступают исходные сигналы от абонентов телефонной сети. Коммутатор выполняет перенос частоты каждого канала в свой диапазон частот. Обычно высокочастотный диапазон делится на полосы, которые отводятся для передачи данных абонентских каналов. Чтобы низкочастотные составляющие сигналов разных каналов не смешивались между собой, полосы делают шириной в 4

кГц, а не в 3,1 кГц, оставляя между ними страховой промежуток в 900 Гц. В канале между двумя FDM-коммутаторами одновременно передаются сигналы всех абонентских каналов, но каждый из них занимает свою полосу частот. Такой канал называют уплотненным.

Выходной FDM - коммутатор выделяет модулированные сигналы каждой несущей частоты и передает их на соответствующий выходной канал, к которому непосредственно подключен абонентский телефон.

В сетях на основе FDM - коммутации принято несколько уровней иерархии уплотненных каналов. Первый уровень уплотнения образуют 12 абонентских каналов, которые составляют базовую группу каналов, занимающую полосу частот шириной в 48 кГц с границами от 60 до 108 кГц. Второй уровень уплотнения образуют 5 базовых групп, которые составляют супергруппу, с полосой частот шириной в 240 кГц и границами от 312 до 552 кГц. Супергруппа передает данные 60 абонентских каналов тональной частоты. Десять супергрупп образуют главную группу, которая используется для связи между коммутаторами на больших расстояниях. Главная группа передает данные 600 абонентов одновременно и требует от канала связи полосу пропускания шириной не менее 2520 кГц с границами от 564 до 3084 кГц.

Коммутаторы FDM могут выполнять как динамическую, так и постоянную коммутацию. При динамической коммутации один абонент инициирует соединение с другим абонентом, посылая в сеть номер вызываемого абонента. Коммутатор динамически выделяет данному абоненту одну из свободных полос своего уплотненного канала. При постоянной коммутации за абонентом полоса в 4 кГц закрепляется на длительный срок путем настройки коммутатора по отдельному входу, недоступному пользователям.

Принцип коммутации на основе разделения частот остается неизменным и в сетях другого вида, меняются только границы полос, выделяемых отдельному абонентскому каналу, а также количество низкоскоростных каналов в уплотненном высокоскоростном.

Коммутация на основе техники разделения частот разрабатывалась в расчете на передачу непрерывных сигналов, представляющих голос. При переходе к цифровой форме представления голоса была разработана новая техника мультиплексирования, ориентирующаяся на дискретный характер передаваемых данных. Эта техника носит название мультиплексирования с разделением времени (Time Division Multiplexing, TDM). Реже используется и другое ее название - техника синхронного режима передачи (Synchronous Transfer Mode, STM).

Аппаратура TDM-сетей - мультиплексоры, коммутаторы, демультимплексоры - работает в режиме разделения времени, поочередно обслуживая в течение цикла своей работы все абонентские каналы. Цикл работы оборудования TDM равен 125 мкс, что соответствует периоду

следования замеров голоса в цифровом абонентском канале. Это значит, что мультиплексор или коммутатор успевает вовремя обслужить любой абонентский канал и передать его очередной замер далее по сети. Каждому соединению выделяется один квант времени цикла работы аппаратуры, называемый также тайм-слотом. Длительность тайм - слота зависит от числа абонентских каналов, обслуживаемых мультиплексором TDM или коммутатором.

Мультиплексор принимает информацию по N входным каналам от конечных абонентов, каждый из которых передает данные по абонентскому каналу со скоростью 64 Кбит/с - 1 байт каждые 125 мкс. В каждом цикле мультиплексор выполняет следующие действия:

- прием от каждого канала очередного байта данных;
- составление из принятых байтов уплотненного кадра, называемого также обоймой;
- передача уплотненного кадра на выходной канал с битовой скоростью, равной $N \cdot 64$ Кбит/с.

Порядок байт в обойме соответствует номеру входного канала, от которого этот байт получен. Количество обслуживаемых мультиплексором абонентских каналов зависит от его быстродействия. Например, мультиплексор T1, представляющий собой первый промышленный мультиплексор, работавший по технологии TDM, поддерживает 24 входных абонентских канала, создавая на выходе обоймы стандарта T1, передаваемые с битовой скоростью 1,544 Мбит/с.

Демультиплексор выполняет обратную задачу - он разбирает байты уплотненного кадра и распределяет их по своим нескольким выходным каналам, при этом он считает, что порядковый номер байта в обойме соответствует номеру выходного канала.

Коммутатор принимает уплотненный кадр по скоростному каналу от мультиплексора и записывает каждый байт из него в отдельную ячейку своей буферной памяти, причем в том порядке, в котором эти байты были упакованы в уплотненный кадр. Для выполнения операции коммутации байты извлекаются из буферной памяти не в порядке поступления, а в таком порядке, который соответствует поддерживаемым в сети соединениям абонентов.

Сети, использующие технику TDM, требуют синхронной работы всего оборудования, что и определило второе название этой техники - синхронный режим передач (STM). Нарушение синхронности разрушает требуемую коммутацию абонентов, так как при этом теряется адресная информация. Поэтому перераспределение тайм - слотов между различными каналами в оборудовании TDM невозможно, даже если в каком - то цикле работы мультиплексора тайм - слот одного из каналов оказывается избыточным, так как на входе этого канала в этот момент нет данных для передачи (например, абонент телефонной сети молчит).

Существует модификация техники TDM, называемая статистическим разделением канала во времени (Statistical TDM, STDM). Эта техника разработана специально для того, чтобы с помощью временно свободных тайм-слотов одного канала можно было увеличить пропускную способность остальных. Для решения этой задачи каждый байт данных дополняется полем адреса небольшой длины, например в 4 или 5 бит, что позволяет мультиплексировать 16 или 32 канала. Однако техника STDM не нашла широкого применения и используется в основном в нестандартном оборудовании подключения терминалов к мейнфреймам. Развитием идей статистического мультиплексирования стала технология асинхронного режима передачи - АТМ, которая вобрала в себя лучшие черты техники коммутации каналов и пакетов.

Сети TDM могут поддерживать либо режим динамической коммутации, либо режим постоянной коммутации, а иногда и оба эти режима. Так, например, основным режимом цифровых телефонных сетей, работающих на основе технологии TDM, является динамическая коммутация, но они поддерживают также и постоянную коммутацию, предоставляя своим абонентам службу выделенных каналов.

Существует аппаратура, которая поддерживает только режим постоянной коммутации. К ней относится оборудование типа T1/E1, а также высокоскоростное оборудование SDH. Такое оборудование используется для построения первичных сетей, основной функцией которых является создание выделенных каналов между коммутаторами, поддерживающими динамическую коммутацию.

Сегодня практически все данные - голос, изображение, компьютерные данные - передаются в цифровой форме. Поэтому выделенные каналы TDM-технологии, которые обеспечивают нижний уровень для передачи цифровых данных, являются универсальными каналами для построения сетей любого типа: телефонных, телевизионных и компьютерных.

4. Задания лабораторной работы

- подготовить бланк отчёта;
- изобразить в рабочей тетради общую структуру сети с коммутацией абонентов;
- описать коммутацию каналов;
- описать коммутацию сообщений;
- описать коммутацию пакетов.

5. Требования к отчету

Отчет должен содержать:

- название и цель работы;
- схему структуры сети с коммутацией абонентов;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод о выполненной работе.

6. Ход работы

ознакомиться с основными теоретическими данными;
по данному варианту составить схему структуры сети с коммутацией абонентов;
описать схему.

7. Контрольные вопросы

что такое коммутация каналов на основе частотного разделения?
что такое коммутация каналов на основе разделения времени?
в каком режиме работает аппаратура TDM - сетей?
какая скорость канала передачи?
какие два основополагающих подхода в решении задачи коммутации абонентов?
какие недостатки коммутации каналов?
какие используют две техники для мультиплексирования абонентских каналов?
что относится к аппаратуре TDM-сетей?

Лабораторная работа №6

«Исследование особенностей работы системы передачи с ВРК» (2 часа)

1. Цель работы: рассмотреть особенности работы системы передачи с временным разделением каналов.

2. Основное оборудование.

Рабочая станция LabVIEW NI ELVIS II

3. Общие теоретические сведения.

Структурная схема трёхканальной системы с ВРК приведена на рис.

6.1. В передающей части системы индивидуальные непрерывные сигналы через ФНЧ, ограничивающие их спектр частотой F_v , поступают на электронные ключи, осуществляющие дискретизацию непрерывных сигналов. Электронные ключи периодически с частотой дискретизации F_d подключают входное напряжение к нагрузке на время длительности импульса τ_i .

Работой ключей управляют подаваемые от распределителя канальных импульсов РКИ последовательности прямоугольных импульсов, сдвинутые относительно друг друга на Δt . Основная последовательность импульсов с частотой дискретизации F_d создаётся в генераторе тактовых импульсов (ГТИ). В сумматоре происходит объединение дискретных отсчётов сигналов и импульсов цикловой синхронизации, вырабатываемых в формирователе импульсов цикловой синхронизации (ФИЦС).

В приёмной части аппаратуры приёмник цикловой синхронизации (ПЦС) выделяет импульсы цикловой синхронизации, которые управляют работой РКИ.

Импульсы последовательности с РКИ поступают на ключи своих каналов и осуществляют временную селекцию КИ из группового АИМ сигнала. Фильтры нижних частот в приёмной части аппаратуры восстанавливают непрерывные сигналы из их дискретных отсчётов. Из-за шумов в линии и ошибок формирования выделенный непрерывный сигнал $C^*(t)$ отличается от входного сигнала $C(t)$.

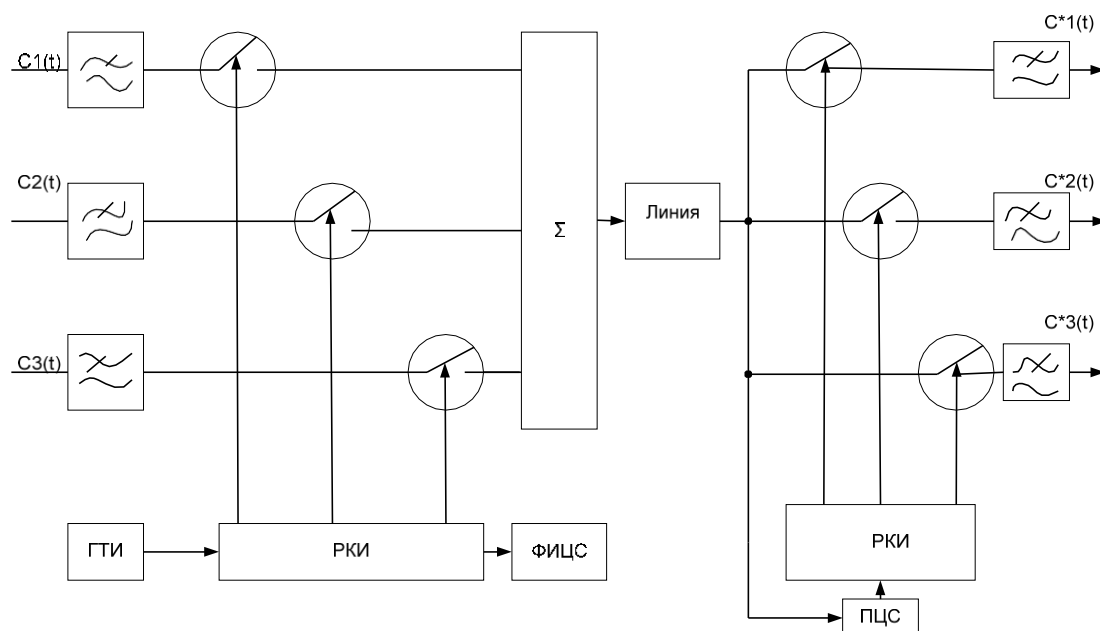


Рис.6.1. Структурная схема системы с ВРК

Все сигналы могут быть подразделены на периодические, значения которых повторяются через определённые промежутки времени, и непериодические. Простейшим периодическим сигналом является гармоническое колебание.

$$S(t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t), \quad (1)$$

где A , ω – амплитуда и угловая частота колебания.

Любой периодический сигнал состоит из гармоник. Значение амплитуд (A_k), частот (ω_k) и начальных фаз (φ_k) которых можно найти, посредством разложения в ряд Фурье:

$$\begin{aligned} S(t) &= A_0 + A_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1) + A_2 \sin(2\omega_1 t + \varphi_2) + A_3 \sin(3\omega_1 t + \varphi_3) + \dots = \\ &= A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \sin(k\omega_1 t + \varphi_k) \end{aligned} \quad (2)$$

Если изобразить амплитуду A_k и фазу φ_k каждой гармоники на рисунке, то получим спектральные диаграммы. Распределение амплитуд

A_k гармоник по частоте называется спектром амплитуд сигнала, а распределение фаз φ_k – спектром фаз. На рис. 6.3 изображены временное и спектральное представления электрических сигналов.

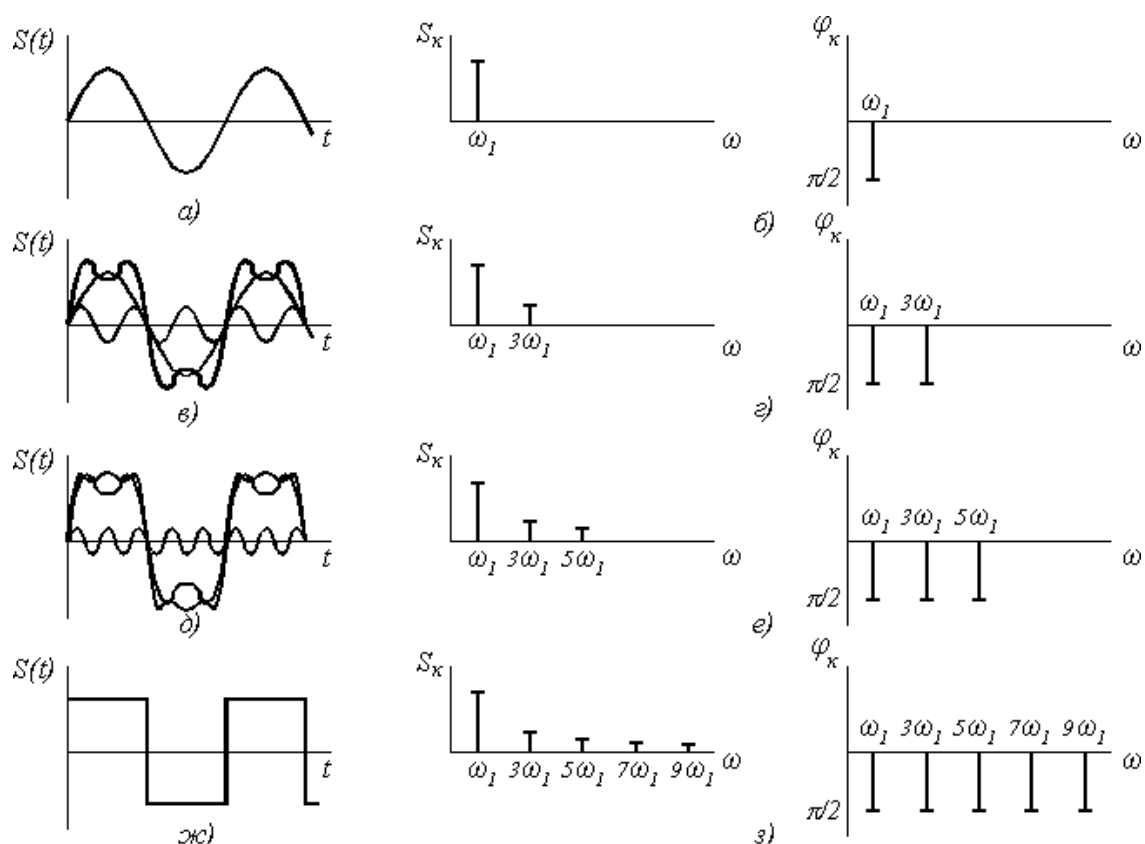


Рис. 6.3. Временное и спектральное представления электрических сигналов

Непериодический сигнал легко получить из периодического, увеличивая период вплоть до бесконечности (на рисунке 6.4 показано последовательное двукратное увеличение периода). Спектральные диаграммы, соответствующие каждому периоду приведены на рисунке 6.5.

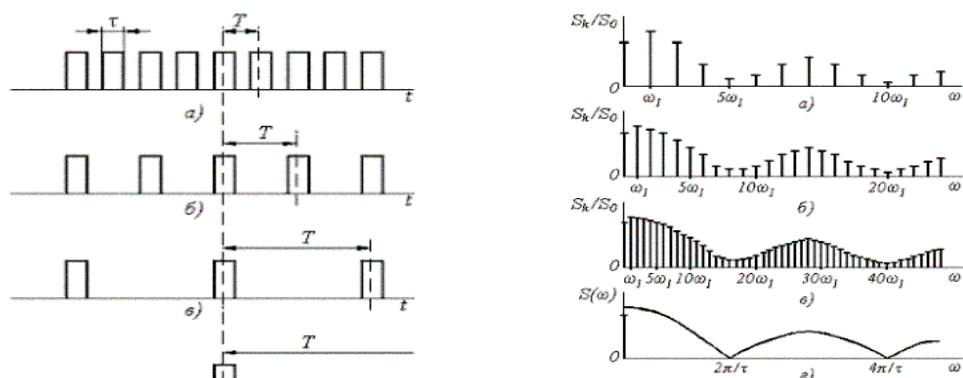


Рис. 6.4. Увеличение периода последовательности прямоугольных импульсов

Рис. 6.5. Переход к спектральной плотности одиночного прямоугольного импульса

При увеличении периода сигнала частота первой гармоники понижается, и спектральные линии становятся гуще. Амплитуды гармоник уменьшаются, так как энергия сигнала перераспределяется между возросшим числом гармоник. Понятие спектра амплитуд заменяется понятием спектральной плотности амплитуд (аналогично возникает понятие спектральной плотности фаз), которая указывает на удельный вес бесконечно малой амплитуды синусоидального колебания в любой бесконечно узкой полосе частот (рисунок 6.5). Таким образом, спектр непериодического сигнала является в общем случае не дискретным, а непрерывным.

4. Задания лабораторной работы

- подготовить бланк отчёта;
- варианты задания в таблице 6.1;

Таблица 6.1

Количество каналов в схеме

№п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3	5	4	8	6	7	8	9	10	11

- собрать схему на учебной станции;
- проанализировать работу схемы с помощью графиков на осциллографе;
- изобразить схему своего варианта в рабочей тетради;
- изобразить полученные графики сигналов в рабочей тетради;
- сделать вывод.

5. Требования к отчету

- Отчет должен содержать:
- название и цель работы;
 - структурную схему системы с ВРК;
 - полученные графики сигналов;
 - вывод о выполненной работе.

6. Ход работ

- ознакомиться с теоретическими сведениями;
- собрать схему системы с ВРК своего варианта;
- проанализировать работу схемы;
- рассмотреть полученные графики сигналов на осциллографе;

7. Контрольные вопросы

- назначение фильтра нижних частот;
- для чего нужны электронные ключи?
- что управляет работой ключей?
- что происходит в сумматоре?
- какую работу выполняет ФИЦС?
- почему отличается сигнал на выходе от сигнала на входе?
- что является простейшим периодическим сигналом;

что происходит с частотой первой гармоники при увеличении периода сигнала.

Лабораторная работа №7

«Исследование перехода аналогового сигнала в цифровой сигнал»

(2 часа)

1. Цель работы: научиться исследовать преобразование аналогового сигнала в цифровой сигнал.

2. Основное оборудование.

Настольная рабочая станция NI ELVIS II.

3. Общие теоретические сведения.

Во всем мире сейчас активно развивается цифровая телефония. Качество цифровой телефонной связи значительно выше, чем обычной, поскольку цифровые сигналы меньше боятся всякого рода помех. Цифровой телефон позволяет предоставить нам массу дополнительных услуг. Появляется возможность к одной и той же телефонной линии подключить, казалось бы, внешне совершенно различные устройства - телефонный аппарат и персональный компьютер. Через цифровую телефонную сеть владельцам персональных компьютеров открывается доступ к банкам данных с широким ассортиментом информации. В наши дома приходит цифровое кабельное телевидение, дающее необыкновенную четкость изображения и сочность красок; на прилавках магазинов мы можем увидеть аппаратуру цифровой звуко- и видеозаписи, обеспечивающую уникальное качество звука и изображения. Что же такое цифровой сигнал? Впервые мы столкнулись с ним, когда обсуждали факсимильный сигнал, полученный с черно-белого изображения, не содержащего полутонов. Цифровыми сигналами являются телеграфные сигналы и сигналы передачи данных, вырабатываемые компьютерами. Таким образом, можно сказать, что цифровой сигнал - это последовательность импульсов. Если принять условно факт наличия импульса за 1, а факт его отсутствия за 0, то импульсную последовательность можно представить как чередование двух цифр: 0 и 1. Отсюда и появилось название «цифровой сигнал». Число, которое принимает только два значения: 0 и 1, называется «двоичной цифрой». В переводе на английский это звучит как «binary digit». В практику широко вошло сокращение, составленное из начальных и конечных букв английского словосочетания, т.е. слово «bit», что на английском читается, как бит. Итак, одна позиция в цифровом сигнале есть 1 бит; это может быть либо 0, либо 1. Восемь позиций в цифровом сигнале объединяется понятием байт. При передаче цифровых сигналов естественным образом вводится понятие скорости передачи - это количество бит, передаваемых в единицу времени, чаще всего, в секунду. По своей природе многие сигналы (телефонные, факсимильные, телевизионные) не являются

цифровыми. Это аналоговые, или непрерывные, сигналы. Можно ли «переложить» живую человеческую речь на язык нулей и единиц, сохранив при этом все богатое разнообразие красок человеческого голоса, всю гамму человеческих эмоций? Другими словами, речь идет о том, как заменить непрерывный процесс, последовательностью цифр, не потеряв при этом информации о непрерывном процессе.

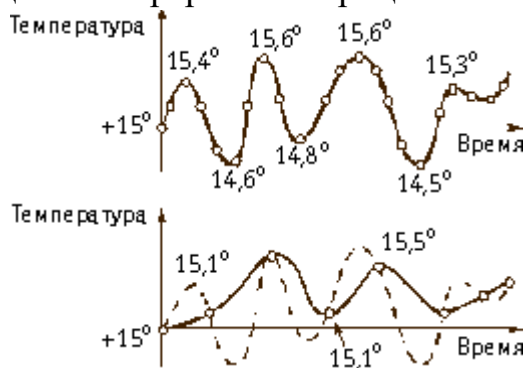


Рис.7.1 Дискретное измерение температуры

С подобной проблемой мы сталкиваемся в жизни довольно часто. Если через очень короткие промежутки времени (скажем, через 1с) наносить значения температуры воздуха на график, то получим множество точек, отражающих изменение температуры (рис. 7.1). Таким образом, имеем дело не с непрерывной кривой изменения температуры, а лишь с ее значениями, отсчитанными через определенные промежутки времени. По сути говоря, описан некоторый непрерывный процесс последовательностью десятичных цифр. Подобный процесс называется дискретизацией непрерывного сигнала. Невьясненным остался вопрос, как часто следует брать отсчетные значения непрерывной кривой, чтобы отследить все ее изменения. Так, при более длительных промежутках времени между наблюдениями за температурой воздуха не удастся отследить все ее быстрые изменения.

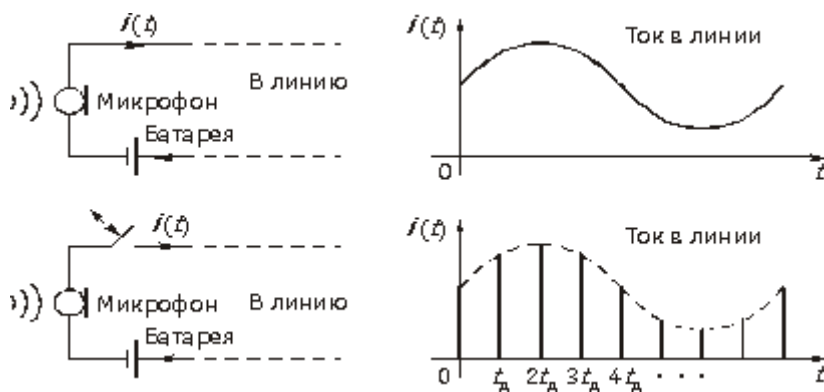


Рис.7.2. Дискретизация телефонного сигнала

Аналогичный подход лежит в процессе дискретизации телефонного сигнала. Если в цепь микрофона (рис. 7.2), где ток является непрерывной функцией времени, встроить электронный ключ и периодически на короткие мгновения замыкать его, то ток в цепи будет иметь вид узких импульсов с амплитудами, повторяющими форму непрерывного сигнала, и представлять собой не что иное, как дискретный сигнал.

Интервал времени, t_d через который отсчитываются значения непрерывного сигнала, называется интервалом дискретизации. Обратная величина $1/t_d$ (обозначим ее f_d) называется частотой взятия отсчетов, или частотой дискретизации.

Отсчеты непрерывного сигнала, так же, как и отсчеты температуры, следует брать с такой частотой (или через такой интервал времени), чтобы успевать отследить все, даже самые быстрые, изменения сигнала. Иначе при восстановлении этого сигнала по дискретным отсчетам часть информации будет потеряна, и форма восстановленного сигнала будет отличаться от формы исходного (рис. 7.3).

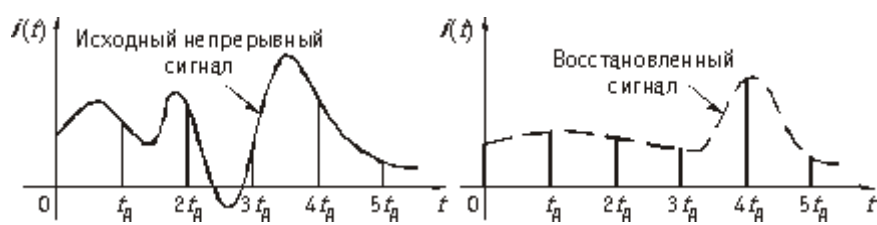


Рис.7.3. Искажение формы восстановленного сигнала

Это означает, что звук на приеме будет восприниматься с искажениями. Чтобы разобраться с этим вопросом, начнем с колебания струны. Вы тронули струну, она стала вибрировать и своим движением то сжимать, то разряжать окружающий воздух или, другими словами, то повышать, то понижать его давление. Слои воздуха повышенного и пониженного давления начали разбегаться во все стороны от колеблющегося тела. Образовалась звуковая волна. Нечто похожее наблюдаем, когда бросаем камни в воду и смотрим на расходящиеся кругами волны. Гребни этих волн можно сравнить с областью сжатого воздуха, впадины - с областью разреженного воздуха. Давление звуковой волны, распространяющейся от струны, изменяется во времени по закону синусоиды. Чтобы отследить все ее изменения, очевидно, достаточно брать отсчетные значения в моменты, соответствующие максимумам и минимумам синусоиды т.е. с частотой, превышающей по крайней мере вдвое частоту звукового колебания. Например, если струна совершает 20 колебаний/с (частота 20 Гц), то максимальное звуковое давление будет наблюдаться через каждый $1/20$ с, т.е. через 50 мс. Максимумы и минимумы кривой звукового давления разделены интервалами в 25 мс.

Значит, отсчетные значения по кривой должны следовать не реже, чем через 25 мс, или с частотой 40 отсчетов/с (40 Гц). Обычно отсчетные значения на кривой берут «с запасом»: не в 2 раза чаще, чем колеблется звук, а скажем, в 10 раз. В этом случае они очень хорошо передают форму кривой. Интересен случай, когда звуковые волны излучают две одновременно колеблющиеся струны. На рис. 7.4 показаны три варианта: вторая струна колеблется в 2, 3 и 10 раз чаще, чем первая. Давления двух звуковых волн на пластину, помещенную на их пути, складываются. График результирующего давления уже не является синусоидой. Мы видим, что быстрые изменения в этой кривой обусловлены более высокочастотным колебанием (в данном случае колебанием второй струны). Для того чтобы отследить все быстрые изменения результирующего звукового давления, отсчетные значения следует брать с частотой, по крайней мере вдвое превышающей частоту колебания второй струны. В последнем варианте частота взятия отсчетных значений должна превышать 400 Гц. Это означает, что отсчетные значения должны следовать не реже, чем через $1/400 = 0,0025 \text{ с} = 2,5 \text{ мс}$, а лучше - еще чаще, например через 0,5 мс. При изучении речи мы выяснили, что голосовые связки у человека играют роль струн. Самое высокочастотное колебание этих «струн», которое по рекомендации МСЭ необходимо еще учитывать, имеет частоту 3400 Гц. При переходе от аналогового речевого сигнала к цифровому это значение обычно округляют до 4000 Гц. Это значит, что при замене непрерывной кривой электрического тока на выходе микрофона телефонного аппарата отсчетными значениями последние необходимо брать с частотой 8000 Гц или, другими словами, не реже, чем через $1/8000 = 0,000125 \text{ с} = 125 \text{ мкс}$.

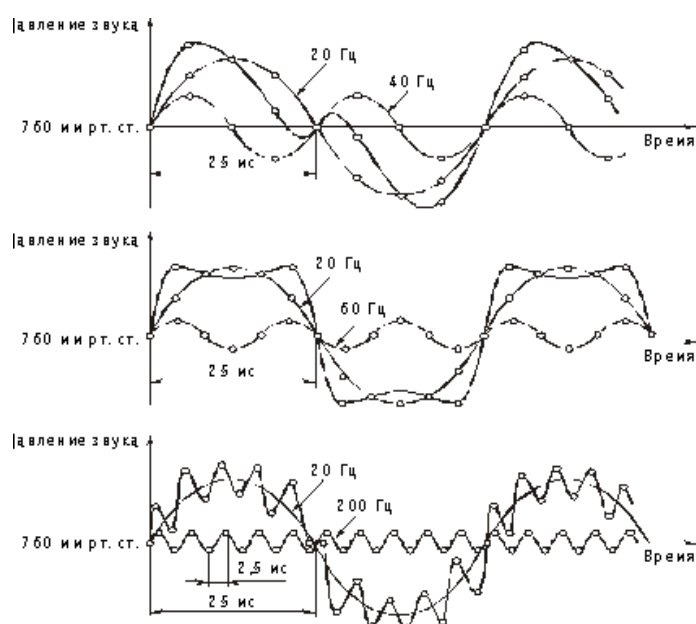


Рис.7.4. Дискретизация кривых звукового давления при различных

Чтобы восстановить исходный сигнал из дискретного, достаточно пропустить дискретный сигнал через фильтр нижних частот с граничной частотой полосы пропускания F и подавить все «боковые» спектры. На выходе такого фильтра появится исходный непрерывный сигнал. При слишком редкой дискретизации (низкая частота дискретизации f_d и большой интервал дискретизации t_d) будет иметь место наложение на спектр исходного сигнала «бокового» спектра. Это приведет к искажению формы исходного спектра, и значит, к отличию восстановленного сигнала от исходного. Наоборот, более частая дискретизация позволит легко восстановить непрерывный сигнал из дискретного с помощью несложного фильтра нижних частот. Таким образом, для безискаженного восстановления непрерывного сигнала из дискретного необходимо частоту дискретизации f_d выбирать не ниже удвоенной ширины его спектра. Для телефонного сигнала, как мы это видим, $f_d = 8$ кГц. В 1933 году в работе «О пропускной способности «эфира» и проволоки в электросвязи» В.А. Котельников доказал теорему, ставшую основополагающей в теории и технике цифровой связи. Суть этой теоремы состоит в том, что непрерывный сигнал, у которого спектр ограничен частотой F , может быть полностью и однозначно восстановлен по его дискретным отсчетам, взятым с частотой $f_d = 2F$, т.е. через интервалы времени $t_d = 1/2F$.

Непрерывный аналоговый сигнал от источника информации ИИ поступает на дискретизатор Д, в котором преобразуется в дискретные по времени отсчёты. В квантующем устройстве КУ осуществляется квантование временных отсчётов сигнала по амплитуде.

Аналого - цифровой преобразователь АЦП осуществляет преобразование дискретного по времени и амплитуде аналогового сигнала в цифровой. На приёме в цифро-аналоговом преобразователе ЦАП происходит обратное преобразование цифрового сигнала в дискретный по времени и амплитуде аналоговый сигнал, а устройство восстановления УВ восстанавливает непрерывный сигнал, поступающий в приёмник информации ПИ (рис.7.5).

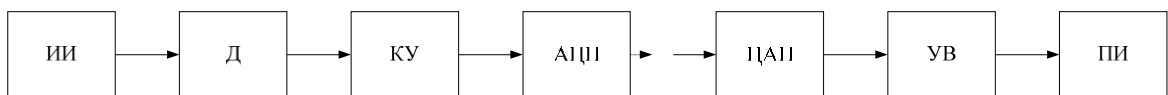


Рис.7.5. Структурная схема цифровой системы передачи.

4. Задания лабораторной работы

- собрать схему на рабочей станции;
- посмотреть дискретное измерение температуры;
- посмотреть дискретизацию телефонного сигнала;
- сравнить входной сигнал с восстановленным сигналом;
- изобразить все результаты работы в рабочей тетради.

5. Требования к отчету

Отчет должен содержать:

название и цель работы;
схему цифровой системы передачи;
все графики исследований;
вывод о выполненной работе.

6. Ход работы

ознакомиться с теорией данной темы;
собрать схему на стенде рабочей станции;
исследовать графики дискретного измерения температуры;
исследовать дискретизацию телефонного сигнала;
исследовать искажение формы восстановленного сигнала.

7 Контрольные вопросы

что такое цифровой сигнал?
с какой частотой следует дискретизировать аналоговый сигнал?
для чего необходим фильтр нижних частот?
что называется интервалом дискретизации?
как восстановить аналоговый сигнал из цифрового?

Список литературы

1 Основная:

1. Берлин, А.Н. Коммутация в системах и сетях связи. Учебник:– М: Эко-Трендз, 2006.-250с.
2. Битнер, В. И. Нормирование качества телекоммуникационных услуг [Текст] : учеб. пособие / В.И. Битнер, Г.Н. Попов; под ред. В.П. Шувалова. - 2-е изд., стереотип. - М. : Горячая линия-Телеком, 2009. - 312с.
3. Павлова, Е. В. Оборудование цифровой системы коммутации АХЕ - 10. Учебное пособие - М: УМЦ СПО ФАС, КТ МТУСИ, 2006.-250с.
4. Павлова, Е. В. Оборудование цифровых систем коммутации. Учебное пособие - М: УМЦ СПО ФАС, КТ МТУСИ, 2006.-300с.
5. Родина, О.В. Волоконно-оптические линии связи. Учебник: - М: Горячая линия - Телеком, 2009.-300с.
6. Росляков, А.В. Оконечное оборудование сети ISDN: Учебное пособие для вузов - М: Горячая линия - Телеком, 2008.-250с.

2 Дополнительная:

1. Семенов, Ю. А. Алгоритмы телекоммуникационных сетей. Ч.1. Алгоритмы и протоколы каналов и сетей передачи данных [Текст] : учеб. пособие / Ю. А. Семенов. - М.: Интернет-Ун-т Инфор. Технологий: М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2007. - 637с.
2. Хамадулин, Э. Ф. Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах: Учебное пособие для вузов - М.: Юрайт-Издат, 2009. - 246 с.

Учебное издание

ОСНОВЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Методические указания
по выполнению лабораторных работ
для обучающихся по специальностям:
210709 «Многоканальные телекоммуникационные системы»
210721 «Радиосвязь, радиовещание и телевидение»
очной формы обучения

Составитель:
Кониловская Светлана Александровна

Подписано в печать 06.06.2013. Формат 60x90 1/16. Усл. печ. л. 2,75.
Тираж 45 экз. Заказ № 1131.

Библиотечно-издательский комплекс
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего профессионального образования
«Тюменский государственный нефтегазовый университет».
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательского комплекса.
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.