**РАЗДЕЛ 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Тема 1. Телекоммуникационные сигналы и каналы передачи**

1.1. Информация, сообщение, сигнал. Прямое преобразование сообщения в электрический сигнал и соответствующее обратное преобразование.

1.2. Первичный электрический сигнал (ПЭС) как случайный процесс, статистические, временные спектральные и энергетические параметры сигналов. Уровни передачи: абсолютный, относительный, измерительный, диаграмма уровней.

1.3. Основные первичные телекоммуникационные сигналы и их характеристики: телефонный, вещания, телевизионный, видеотелефонный, передачи данных. Кодирование источника сигнала.

***1.1. Информация, сообщение, сигнал. Прямое преобразование сообщения в электрический сигнал и соответствующее обратное преобразование***

**Информация** - это совокупность сведений или данных о каких-либо событиях, явлениях или предметах, то есть это совокупность знаний об окружающем нас мире.

Передача и хранение информации осуществляется с помощью различных знаков (символов), которые позволяют представить её в некоторой форме.

**Сообщение** – это совокупность знаков, отображающих ту или иную информацию.

Сообщения могут иметь различный характер происхождения

- при телефонной связи – звучание речи со всеми ее особенностями;

- при телеграфной связи – бланк с текстом;

- при факсимильной связи – чередование светлых и черных изображений (неподвижные изображения) и т.д.

Передача сообщений (а, следовательно, и информации) на расстояние осуществляется с помощью какого-либо материального носителя, например, бумаги или магнитной ленты или физического процесса, например, звуковых или электромагнитных волн, тока и т.д.

Наиболее часто для передачи получателю информации, сообщения преобразуют в **сигнал**, который является материальным объектом или физическим процессом, отражающий (несущий) передаваемое сообщение. В системах и сетях инфокоммуникаций носителями сообщений являются электрические, электромагнитные и оптические сигналы.

Особый интерес представляют электрические сигналы, называемые сигналами электросвязи и представляющие электрические напряжения или токи, изменение параметров которых во времени отражает передаваемое сообщение.

Особенность электрического сигнала:

- высокая скорость распространения (близка к скорости света);

- легко манипулировать данными сигналами (изменять, передавать).

**Инфокоммуникации** – область техники, которая занимается вопросами передачи сообщения от нескольких источников к получателям сообщений, находящихся на некотором расстоянии.

Функционирование системы инфокоммуникаиций можно представить в виде этапов преобразования сообщений в сигналы.

В общем случае для без искажённого варианта передачи выделяют прямое и обратное преобразования сообщения в сигнал.



**Канал** – совокупность технических средств и среды распространения, обеспечивающих передачу сообщения любого вида от источника к получателю. Если осуществляется передача одного сообщения по одному каналу, то такую систему передачи называют *одноканальной*. Если несколько – *многоканальная*.

Примером реализации прямого и обратного преобразователя сообщения в сигнал в телефонной связи (канале) могут служить микрофон и телефон соответственно.



Рис. 1. Схема включения микрофона (а), эпюры процессов в цепи (б), условное обозначение микрофона на схемах электрических(в).

В простейшей конструкции микрофона (Рис. 1а) между двумя электродами, одним из которых является мембрана, находится графитовый порошок. Под воздействием аку­стического колебания (p) мембрана колеблется, сжимая и разжимая порошок, изменяя тем самым его сопротивление и ток (i) в электрической цепи. Таким образом, в качестве датчика и преобразователя акустических колебаний в электрические выступает переменное сопротивление микрофона.

Принципи­альным для электрической цепи микрофона является наличие источника питания и сопротивления RH, которое представляет собой, как правило, входное сопротивление микрофонного усилителя.

На приемной стороне канала телефонной связи обратное преобразование электрического тока в звуковое давление производится посредством телефона.



а б в

Рис. 2. Схема включения телефона (а), эпюры процессов в цепи (б), условное обозначение динамика на схемах электрических(в).

Телефон со­стоит из постоянного магнита, обмотки, которая намотана на кон­цы стержней этого магнита, и стальной мембраны(Рис.2). Постоянный магнит создает постоянную напряженность магнитного поля, которое притягивает мембрану, стоящую на опорах, и она прогиба­ется. При пропускании тока через обмотки меняется магнитный поток, который суммируется или вычитается из постоянного магнитного поля.

Мембрана колеблется в такт электрическому току i, создавая акустическое колебание p.

***1.2 Первичный электрический сигнал (ПЭС) как случайный процесс, статистические, временные, спектральные и энергетические параметры сигналов. Уровни передачи: абсолютный, относительный, измерительный, диаграмма уровней.***

Электрический сигнал, получаемый на выходе первичного преобразователя сообщения называется **первичным электрическим сигналом** (ПЭС).

Параметр первичного сигнала , изменение величины которого однозначно отображает передаваемое сообщение, называется **информационным параметром**.

В общем случае ПЭС – нестационарный, неэргодический случайный процесс. Это усложняет методы их описания, поэтому при моделировании ПЭС принято рассматривать как стационарный эргодический случайный процесс.

Основные параметры сигналов рассматриваются как числовые характеристики моделированного случайного процесса при усреднении на интервале рассмотрения (-Т/2;Т/2) при Т→∞.

Для реального сигнала измерения параметров проводится в конечных временных интервалах, что приводит к погрешности, которая тем больше, чем меньше интервал измерений. Отсюда следует, что нормируются параметры по-разному на интервалах 1с, 1 мин, 1 час.

**Характеристики сигналов**

1. Длительность первичного сигнала  – определяющая интервал времени, в пределах которого сигнал существует, т.е. тождественно не равен 0.
2. Постоянная составляющая – среднее значение случайного процесса, определяется как математическое ожидание .

Для эргодического процесса усреднение по времени – усреднения по его реализациям



**Примечание.** Постоянная составляющая не зависит от времени, но является случайной величиной для данной реализаций.

1. Переменная составляющая случайного процесса – центрированный случайный процесс.



1. Мощность сигнала – среднее значение квадрата мгновенного значения случайного процесса.



1. Средняя мощность сигнала – мощность переменной составляющей, постоянная составляющая не учитывается, т.к. не несет информации. Совпадает с дисперсией случайного процесса , мерой его разброса около среднего значения.



**Примечание.** Дисперсия численно равна удельной мощности переменной составляющей случайного сигнала на сопротивлении 1 Ом.

1. Максимальная мощность Pmax – мощность эквивалентного гармонического сигнала с амплитудой Um, которая превышается мгновенными значениями переменной составляющей сигнала  с заданной вероятностью ξ= в зависимости от сигнала

**Примечание.** Средняя и максимальная мощности должны быть такими, чтобы при прохождении по каналу передачи не превышались допустимые значения, обеспечивающие неискаженную передачу сигнала.

1. Минимальная мощность Pmin – мощность эквивалентного гармонического сигнала с амплитудой Um, которая превышается мгновенными значениями переменной составляющей случайного сигнала с заданной вероятностью (1-ξ)
2. Динамический диапазон  характеризует возможный разброс мощностей первичного сигнала в конкретной точке канала:

 дБ

1. Пик-фактор  характеризует превышение максимальной мощности над средней:

, дБ

1. Корреляционная функция случайного процесса характеризует скорость изменения случайного процесса

При   и для центрированного случайного процесса =  полной средней мощности случайного сигнала

**Примечание.** При -max, т.к. любой сигнал коррелирован сам с собой.

1. Энергетический спектр функции x(t) <=> спектральная плотность средней мощности – это средняя мощность приходящаяся на 1 Гц при заданной частоте.

Согласно теореме Винера-Хинчина энергетический спектр и корреляционная функция связаны преобразованием:

- функция четная

Справедливо и обратное преобразование:



Спектральная плотность характеризует – распределение мощности отдельных спектральных компонент сигнала

При τ(0) - полная мощность сигнала

- средняя мощность в конечной полосе частот

**Примечание.** Спектральная плотность – мощность процесса, определена в бесконечно малой полосе частот df вблизи частоты f.

1. Эффективная ширина энергетического спектра сигнала



-max значение спектральной плотности

**Примечание.** Вcегда можно указать частотный диапазон *,* в пределах которого сосредоточена основная энергия сигнала: , где  и -максимальная и минимальная частоты первичного сигнала.

Эффективная ширина энергетического спектра есть *эффективно-передаваемая полоса частот* (ЭППЧ), которая определяется экспериментально исходя из требований качества передачи для конкретного вида первичного сигнала.

1. *Информационная производительность источника* – это количество информации, передаваемое в единицу времени

Для цифрового сигнала по формуле Шеннона

, [бит/с]

где *-*число разрешенных уровней

*-*тактовая частота отсчетов

*-* вероятность появления отсчета с *i*-ым уровнем

Для аналогового сигнала: может быть представлена последовательностью дискретных отсчетов согласна теореме Котельникова ():

, [бит/с]

где *-* частота дискретизации сигнала

*-*верхняя граничная частота сигнала

*-*средняя мощность сигнала

*-* средняя мощность шумовой реализации

1. Объем первичного сигнала :

|  |
| --- |
|  |

где  эффективно-передаваемая полоса частот

динамический диапазон сигнала

время существования сигнала

**Уровни передачи: абсолютный, относительный, измерительный, диаграмма уровней.**

При измерениях помимо *абсолютных* единиц (мощность, напряжение, ток) используют *относительные* единицы, которые выражаются в логарифмической форме и называются *уровнями передачи.*

Уровень передачи выраженный относительно *эталонных значений* (известных точно) называют ***абсолютным уровнем передачи (сигнала)*** и измеряется как:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| , [дБм] | , [дБн] | , [дБт] |
| , [Нп] | ,[Нп] | , [Нп] |

где *Р*, *U*, *I* – величины мощности, напряжения и тока в рассматриваемых точках , , - величины, принятые за исходные при определении уровней передачи.

В качестве эталонных единиц в инфокоммуникациях приняты:

=1 мВт на нагрузке R=600, 150, 75 Ом.

Каждому из сопротивлений соответствует своё значение  и .

**; .**

При =1мВт иОм: =775 мВ, =1,29 мА.

В общем случае, уровни по мощности, напряжению и току не совпадают. Связь между ними:

 дБм

 дБм

При , .

Связь между абсолютными и относительными:



1мВт



775мВ



1,29мА

**Примечание.** Расчеты в неперах (Нп), а также значения для уровней передачи по току применяются редко.

Уровень передачи называется ***относительным****,* если в качестве , ,  выбраны значения мощности, напряжения и тока в точке цепи, принятой за отсчётную (начало, вход цепи, например ).



Относительный уровень выражается в дБ: , [дБ]

ТНОУ – точка нулевого относительного уровня: 

Отн. уровень через точку ТНОУ:



**Пример:**

Пусть абсолютный уровень сигнала -15 дБм, в этой же точке -15дБ. Определить 

Решение .

**Пример:**

Пусть относительный уровень сигнала -15 дБ, в этой же точке -15дБ. Определить 

Решение .

**Д./ З.:**

Мощность сигнала в ТНОУ составляет 100 мкВт.

Определить мощность и напряжение этого сигнала в точке *x*, где относительный уровень составляет -13 дБ, а сопротивление в этой точке 75 Ом.

Режимы работы четырехполюсника (ЧП): усиление и затухание



*Усиление*:

, [дБ] значит усиливает (активный ЧП)

или по напряжению . Обозначение: 

*Затухание*:

, [дБ] значит ослабевает (пассивный ЧП)

Связь между усилением и затуханием:

, т.е. , усиление есть обратная величина затуханию.

***Измерительный уровень* –** абсолютный уровень сигнала в рассматриваемой точке канала, если на его вход подключен источник гармонического сигнала с мощностью 1мВт и частотой 800 Гц и который рассеивает данную мощность на сопротивлении 600 Ом.

***Диаграмма уровней –*** график изменения измерительных уровней сигнала в тракте передачи между отдельными блоками многоканальной системы передачи.



Если изменяется уровень сигнала на входе системы (например, при смене одного абонента другим), диаграмма уровней смещается параллельно в зависимости от соотношений  и .

Минимально допустимый уровень сигнала определяется требуемым превышением сигнала над помехой – помехозащищённостью:

.

***1.3. Основные первичные телекоммуникационные сигналы и их характеристики: телефонный, вещания, телевизионный, видеотелефонный, передачи данных. Кодирование источника сигнала.***

В технике инфокоммуникаций используют 4 основных класса сигналов (первичных):



1. Аналоговые сигналы – произвольные по величине и непрерывные по времени
2. Дискретные сигналы – произвольные по величине, но дискретные во времени
3. Релейные сигнал – квантованный по величине и непрерывный во времени
4. Цифровой сигнал – квантованный по уровню и дискретный во времени.

**Характерситики основных первичных телекоммуникационных сигналов**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Вид сигнала* | *Спектр частот ∆F,*  *Гц* | *Динамический диапазон D,*  *дБ* | *Пик-фактор Q, дБ* | *Информационная производительность I, бит/с* |
| *Телефонный сигнал (ТФ)* | *0,3-3,4 кГц* | *25-35* | *10-12* | *8 кбит/с* |
| *Звуковое вещание (ЗВ): первый,*  *второй,*  *третий класс* | *0,03-15*  *0,05-10*  *0,1-6,4* | *45-55* | *10-15* | *180 кбит/с* |
| *Телевизионный (ТВ)* | *25Гц-6МГц* | *40* | *5* | *80 Мбит/с* |
| *Факсимильный сигнал (ФС)* | *0-0,764 кГц*  *0-1,1 кГц*  *0-1,465 кГц* | *25* | *4,5* | *2,8 кбит/с* |
| *Передача данных (ПД)* | *0-(0,5+1)В, где В –скорость передачи* | *-* | *-* | *-* |

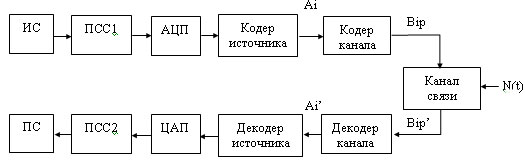
**Кодирование источника сигнала**

Процесс перехода от первичного сигнала к кодовому отображению называется кодированием. Набор элементов и правило, в соответствии с которым осуществляется переход от первичного сигнала ко вторичному отображению называется кодом.

Основными задачами кодирования являются повышение помехоустойчивости передаваемых сообщений, удаление избыточности и защита информации от несанкционированного доступа.

Автоматическое кодирование осуществляется в устройстве называемом кодером, а обратный процесс декодирование происходит в декодере. Устройство, объединяющее кодер и декодер называется кодек.

Обобщенная система передачи сообщений с кодированием



ИС - источник сообщения;

ПСС1(2) - преобразователь сообщения в сигнал;

АЦП - аналого-цифровой преобразователь, предназначен для преобразования аналогового сигнала в цифровой;

Кодер источника – из закодированного сообщения удаляет избыточность, что позволяет увеличить скорость передачи информации в канале;

Аi, Аi’ – кодовые последовательности без и с ошибкой;

Bip, Bip’ – линейные кодовые последовательности без и с помехой;

Кодер канала – осуществляется кодирование с целью повышения помехоустойчивости сигнала;

N(t) – случайный сигнал (помеха);

Декодер канала – осуществляется декодирование и исправление (коррекцию) ошибок.

Декодер источника – восстанавливает (имитирует) избыточность закодированного сообщения;

ЦАП - цифро-аналоговый преобразователь, предназначен для восстановления аналогового сигнала из цифровой последовательности.

ПС – приёмник сообщения.

**Параметры кодов**

Основание кода (m) — соответствует количеству элементов, из которых состоит вторичный алфавит, соответствует системе счисления. Например в двоичном коде символы могут принимать два значения «0» и «1».

Разрядность кодовой комбинации (n) — соответствует количеству элементов, из которых состоит кодовая комбинация. Например, для кодовой комбинации 10011010 разрядность составляет 8 (в основном применяется в ТК).

Емкость кода (N0) — соответствует количеству возможных кодовых комбинаций при заданном основании и разрядности:

N0=mn.

Данный показатель применяют к равномерным кодам.

Количество сообщений, которые необходимо закодироватьNа — соответствует количеству символов первичного алфавита. Например для русского алфавита *Nа* = 33.

Относительная скорость кода (Rк) — показывает относительное число разрешенных комбинаций кода.

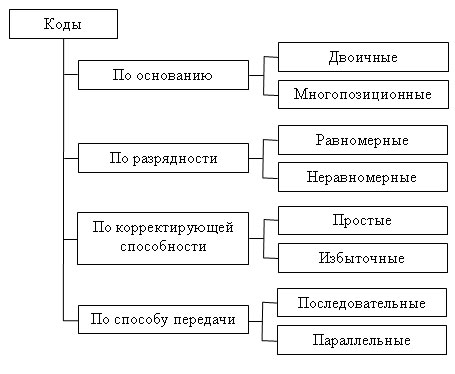
Rк =log2Na/log2N0.

Избыточность кода (cк) — показывает относительное число запрещенных комбинации кода.

cк= 1 –Rк.

Корректирующая способность кода — определяется кратностями обнаруживаемых (qо ош) и исправляемых (qи ош) ошибок, под которыми понимают гарантированное число обнаруживаемых и исправляемых ошибок в кодовых комбинациях кодом. Например, если qо ош = 1, то код способен обнаружить ошибку в любом разряде принятой комбинации, при условии, что она одна, а если qи ош = 1 то код способен исправить одну ошибку в любом разряде принятой комбинации, при условии, что она одна.

**Классификация кодов**



Двоичные — это коды, основание которых равно двум (m=2), примерами таких кодов может являться, линейный двоичный код NRZ (Non Return to Zero).

Многопозиционные — это коды, основание которых больше двух (m>2), например код QAM (Quadrature Amplitude Modulation (QAM).

Равномерные — это коды, все кодовые комбинации которых имеют одинаковую разрядность (n=const), примерами таких кодов могут являться циклические коды.

Неравномерные — это коды, кодовые комбинации которых имеют различную разрядность (n – not const), примерами таких кодов могут являться код Шеннона-Фано, код Хафмена, код Морзе.

Простые — это коды, в которых все возможные кодовые комбинации используются для передачи сообщения (N0=Na).

Избыточные — это коды, в которых часть кодовых комбинаций используется для передачи сообщений (разрешенные комбинации), а остальные комбинации не используется для передачи сообщений (запрещенные комбинации), т. е. у таких кодов N0>Na. Такие коды способны обнаруживать и исправлять ошибки в кодовых комбинациях.

Последовательные — это коды, разряды кодовых комбинаций которых передаются последовательно друг за другом. Такие коды используются для передачи сообщений в каналы связи (HDB-3).

Параллельные — это коды, разряды кодовых комбинаций которых передаются одновременно. Такие коды используются в микропроцессорной технике, а также к ним можно отнести многочастотные коды, используемые в координатных АТС.