



Инженерный факультет
Кафедра инфокоммуникационных
технологий и систем связи
Учебная дисциплина
«Системы связи и оповещения»

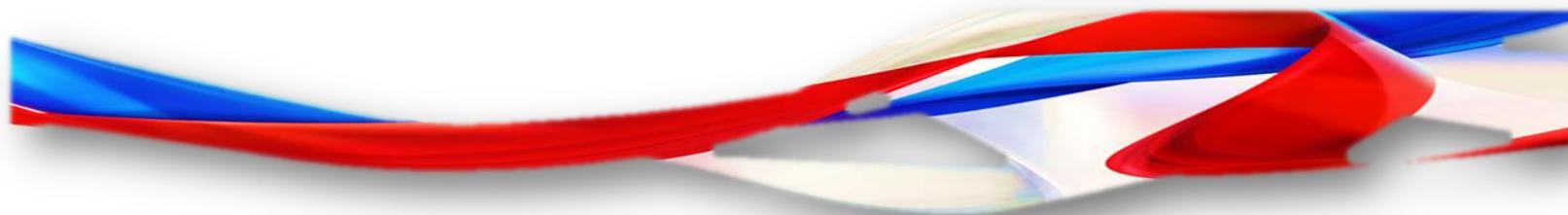
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ВОЕННОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
АКАДЕМИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ МЧС РОССИИ

КАФЕДРА
инфокоммуникационных технологий
и систем связи (№ 35)

ДИСЦИПЛИНА
«Системы связи и оповещения»

Тема 1. Системы связи

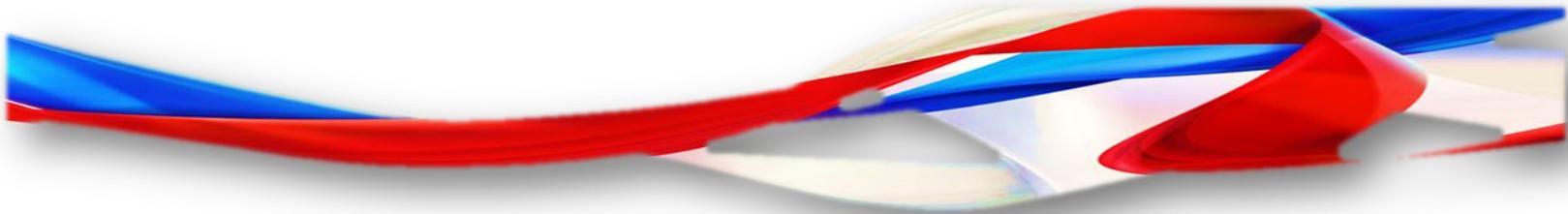
Лекция 2. Сигналы электросвязи



Доцент кафедры
к.в.н., доцент КАРТАШЕВ А.В.

Учебные вопросы:

1. Сигнал и его параметры
2. Первичные сигналы электросвязи
3. Модуляция и кодирование первичных сигналов



Литература

Основная литература:

1. Крухмалев В. И. и др. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей. Учебник. Горячая линия-Телеком, М.: 2008. Инв. 2000у.
2. Папков С.В. и др. Термины и определения связи в МЧС России. – Новогорск: АГЗ. 2011. Инв. 2811к.
3. Методические рекомендации по планированию, организации и обеспечению связи в МЧС России. Управление информационных технологий и связи МЧС России. С-ПБУГПС МЧС России. 2013. Инв. №2744у.

б) дополнительная литература:

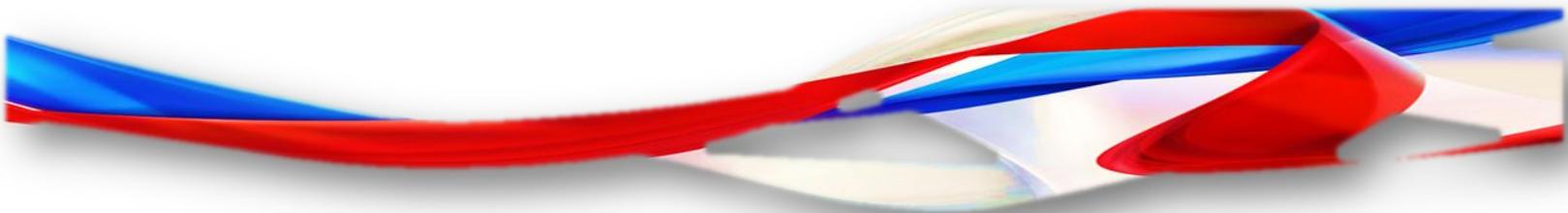
4. Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ (с изменениями) «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
5. Федеральный закон от 12.02.1998 г. №28-ФЗ (с изменениями) «О гражданской обороне».
6. Федеральный закон от 07.07.2003 г. № 126-03 «О связи».
7. Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 г. №794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».
8. Постановление Правительства РФ от 28.03.2005 г. № 161 «Об утверждении Правил присоединения сетей электросвязи и их взаимодействия».

Литература (продолжение)

9. Постановление Правительства РФ от 24.03.1997 г. № 334 «О порядке сбора и обмена в Российской Федерации информацией в области защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера».
10. Постановление Правительства РФ от 3.10.2013 г. № 1007 «О силах и средствах единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуации».
11. Постановление Правительства РФ от 31.12.2004 г. № 895 «Об утверждении Положения о приоритетном использовании, а также приостановке деятельности сетей и средств электросвязи при ЧС природного и техногенного характера».
12. Постановление Правительства РФ от 3. 05. 1994 г. № 420 «О защите жизни и здоровья населения РФ при возникновении и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, вызванных стихийными бедствиями, авариями и катастрофами».
13. Постановление Правительства РФ от 09.12.2014г. № 1342 «О порядке оказания услуг телефонной связи».
14. Постановление Правительства РФ от 06.06.2005г. №353 «Об утверждении Правил оказания услуг связи проводного вещания».
15. Приказ Мининформсвязи РФ от 25.08.2005г. № 104 «Об утверждении положения о функциональных подсистемах информационно-технологической инфраструктуры и электросвязи и почтовой связи РСЧС».

1-й учебный вопрос

Сигнал и его параметры



Аналоговый сигнал

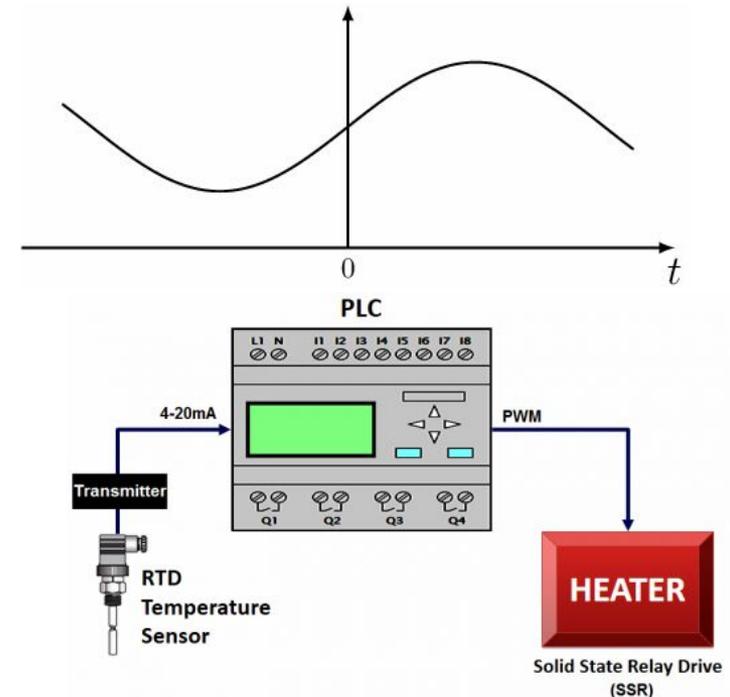
В технических отраслях знаний **термин «сигнал»** (signal, от латинского signum – знак) очень часто используется в широком смысловом диапазоне, без соблюдения строгой терминологии. Под ним понимают:

- и **техническое средство** (материальный носитель) для передачи, обращения и использования информации – электрический, магнитный, оптический сигнал;
- и **физический процесс**, представляющий собой материальное воплощение информационного сообщения – изменение какого-либо параметра носителя информации (напряжения, частоты, мощности электромагнитных колебаний, интенсивности светового потока и т.п.) во времени, в пространстве или в зависимости от изменения значений каких-либо других аргументов (независимых переменных);
- и **смысловое содержание определенного физического состояния или процесса**, как, например, сигналы светофора, звуковые предупреждающие сигналы и т.п.

Если сигнал может принимать любые значения из некоторого интервала, то его называют **непрерывным по значениям (аналоговым)**. Аналоговым называется такой сигнал, который может быть представлен непрерывной линией из множества значений, определенных в каждый момент времени относительно временной оси.

Значения аналогового сигнала произвольны в каждый момент времени, поэтому он может быть в принципе представлен как некая непрерывная функция (зависящая от времени как от переменной) либо как кусочно-непрерывная функция времени.

Аналоговым сигналом можно назвать, например, звуковой сигнал, генерируемый обмоткой электромагнитного микрофона или ламповым акустическим усилителем, поскольку такой сигнал непрерывен и его значения (напряжение или ток) сильно отличаются друг от друга в каждый момент времени.

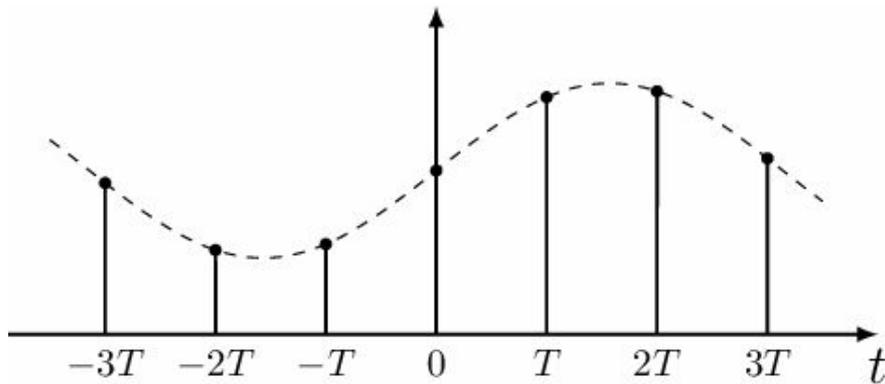


Дискретный сигнал

Если некий сигнал принимает произвольные значения лишь в отдельные моменты времени, то такой сигнал называют **дискретным**. Чаще всего на практике применяются дискретные сигналы, распределенные по равномерной временной решетке, шаг которой называется интервалом дискретизации.

Дискретный сигнал принимает определенные не нулевые значения лишь в моменты дискретизации, то есть он является не непрерывным в отличие от аналогового сигнала. Если из звукового сигнала вырезать небольшие кусочки определенного размера через равные интервалы, такой сигнал можно будет назвать дискретным.

Ниже приведен пример формирования подобного дискретного сигнала с интервалом дискретизации T . Обратите внимание, что квантуется лишь интервал дискретизации, но не сами значения сигнала.



Дискретные сигналы имеют два и более фиксированных значений (количество их значений всегда выражается целыми числами).

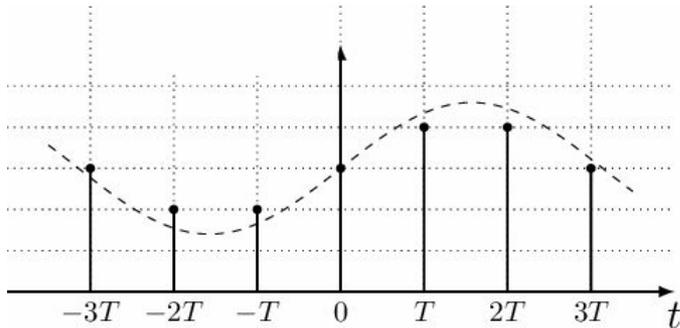


Пример простого дискретного сигнала на два значения: срабатывание путевого выключателя (переключение контактов выключателя в определенном положении механизма). Сигнал с путевого выключателя может быть получен только в двух вариантах – контакт разомкнут (нет действия, нет напряжения) и контакт замкнут (есть действие, есть напряжение).

Цифровые сигналы

Когда дискретный сигнал принимает только какие-то фиксированные значения (которые могут быть расположены по сетке с определенным шагом), такие что они могут быть представлены как количество квантовых величин, такой дискретный сигнал называется **цифровым**. То есть **цифровой сигнал** – это такой дискретный сигнал, который квантован не только по промежуткам времени, но и по уровню.

Практически дискретные и цифровые сигналы в ряде задач отождествляются, и могут быть легко заданы в форме отсчетов с помощью вычислительного устройства.



В качестве примера рассматривается формирование цифрового сигнала на базе аналогового. Причем, значения цифрового сигнала не могут принимать промежуточных значений, а только определенные – целое количество вертикальных шагов сетки.

Цифровой сигнал легко записывается и перезаписывается в память вычислительных устройств, просто считывается и копируется без потери точности, тогда как перезапись аналогового сигнала всегда сопряжена с утратой некоторой, пусть и незначительной, части информации.

Обработка цифровых сигналов позволяет получать устройства с очень высокими характеристиками благодаря выполнению вычислительных операций совершенно без потерь качества, либо с пренебрежимо малыми потерями.

В силу этих достоинств, именно цифровые сигналы повсеместно распространены сегодня в системах хранения и обработки данных. Вся современная память – цифровая.

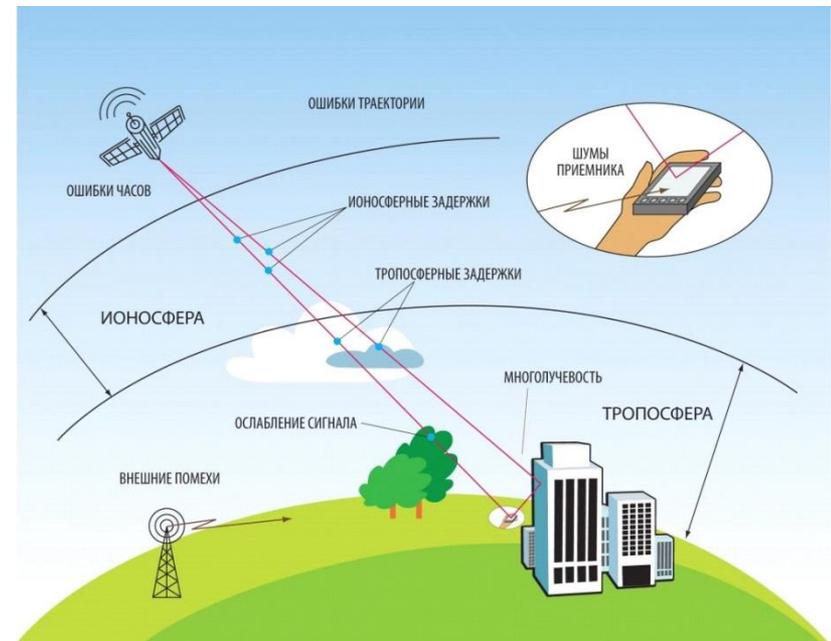
Но даже у цифровых сигналов есть свои недостатки. Их невозможно передать напрямую как есть, ибо передача обычно реализуется посредством непрерывных электромагнитных волн. Поэтому при передаче и приеме цифровых сигналов необходимо прибегать к дополнительной модуляции и аналого-цифровому преобразованию. Меньший динамический диапазон цифровых сигналов (отношение наибольшего значения к наименьшему), обусловленный квантованностью значений по сетке, является еще одним их недостатком.

Существуют и такие области, где аналоговые сигналы незаменимы. Например аналоговый звук никогда не сравнится с цифровым, поэтому ламповые усилители и пластинки до сих пор не выходят из моды, несмотря на обилие цифровых форматов записи звука с самой высокой частотой дискретизации.

Помехи различной природы

При приеме сигналов, несущих информацию, вместе с основным сигналом одновременно регистрируются и мешающие сигналы – шумы и помехи самой различной природы.

Например, линии связи искажают передаваемые сигналы из-за того, что их физические параметры отличаются от идеальных. Если линия связи включает промежуточную аппаратуру, то она также может вносить дополнительные искажения, так как невозможно создать устройства, которые бы идеально передавали сигнал.



Кроме искажений, вносимых внутренними физическими параметрами линии связи, существуют и внешние помехи, которые вносят свой вклад в искажение формы сигналов на выходе. Эти помехи создают различные электрические двигатели, электронные устройства, атмосферные явления и т. д.

Целью обработки сигналов в самом общем смысле можно считать извлечение определенных информационных сведений, которые отображены в этих сигналах (кратко - полезная или целевая информация) и преобразование этих сведений в форму, удобную для восприятия и дальнейшего использования.

Основные характеристики сигналов электросвязи

Целью обработки сигналов в самом общем смысле можно считать извлечение определенных информационных сведений, которые отображены в этих сигналах (кратко – полезная или целевая информация) и преобразование этих сведений в форму, удобную для восприятия и дальнейшего использования.

Анализ сигналов электросвязи осуществляется с целью их адекватной обработки в процессе передачи. Для этого обычно достаточно описать их в виде нескольких параметров, характеризующих основные свойства сигнала.

Если провести аналогию с транспортированием грузов, то для транспортной сети определяющими параметрами груза являются его масса и габариты. Сигнал также является объектом транспортирования, а техника связи – техникой транспортирования (передачи) сигналов по каналам связи.

Сообщение может быть функцией времени (речь, телевизионные сообщения), а может и не быть таковой (текст телеграммы, неподвижное изображение). Сигнал является всегда функцией времени, даже если сообщение таковым не является.

Основные параметры сигнала с точки зрения его передачи:

Длительность сигнала T_c – интервал времени, в пределах которого сигнал существует;

Ширина спектра сигнала ΔF_c – д-н частот, в пределах которого сосредоточена основная часть энергии сигнала;

Динамический диапазон D_c – диапазон изменения уровней сигнала. Выражается в децибелах (дБ):
 $D_c = 10 \lg(P_{\text{max}} / P_{\text{min}})$, где P_{max} и P_{min} – максимальное и минимальное значения мгновенной мощности;
 $P_{\text{ш}}$ – средняя мощность шумов в канале.

Динамический диапазон может быть определен не только по мощности, но и по напряжению или току:
 $D_c = 20 \lg(U_{\text{max}} / U_{\text{min}})$ или $D_c = 20 \lg(I_{\text{max}} / I_{\text{min}})$
где U_{max} , I_{max} и U_{min} , I_{min} – максимальные и минимальные значения мгновенного напряжения или тока.

Обобщающей характеристикой является объем сигнала:

$$V_c = T_c \Delta F_c D_c$$

Объем сигнала пропорционален объему информации, им переносимой. Чем больше объем сигнала, тем больше информации можно «заложить» в этот объем и тем труднее передать такой сигнал по каналу связи с требуемым качеством.

Другие характеристики сигнала:

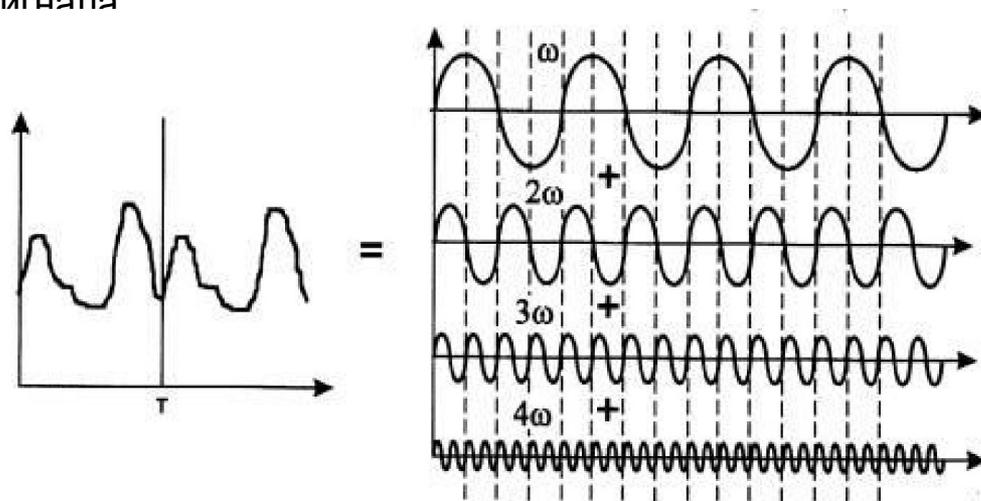
- база сигнала: $B_c = \Delta F_c T_c$. Если $B_c \leq 1$, то сигнал называют узкополосным, если $B_c \gg 1$ – широкополосным;

- коэффициент амплитуды сигнала: $K_A = 10 \lg(P_{\text{max}} / P_{\text{cp}})$,

где P_{cp} – средняя мощность сигнала.

Спектры сигналов электросвязи

Кроме привычного представления сигналов и функций в виде зависимости их значений от определенных аргументов (времени, координаты и т.п.) широко используется математическое описание сигналов по обратным аргументам. Так, например, для времени обратным аргументом является частота. Возможность такого описания определяется тем, что любой сложный по своей форме сигнал можно представить в виде суммы более простых сигналов, и, в частности, в виде суммы простейших гармонических колебаний, что выполняется при помощи преобразования Фурье. Соответственно, математическое разложение сигнала на гармонические составляющие описывается значениями амплитуд и начальных фаз колебаний по непрерывному или дискретному аргументу. Совокупность амплитуд гармонических колебаний разложения называют *амплитудным спектром* сигнала, а совокупность начальных фаз – *фазовым спектром*. Оба спектра вместе образуют полный частотный спектр сигнала, который по точности математического представления тождественен динамической форме описания сигнала.

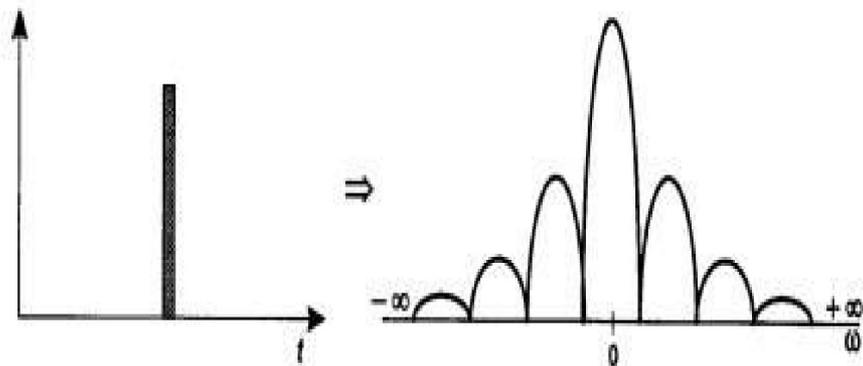


Каждая составляющая синусоида называется также гармоникой, а набор всех гармоник называют спектральным разложением исходного сигнала.



Спектры сигналов электросвязи

Спектральное разложение идеального импульса (единичной мощности и нулевой длительности) имеет составляющие всего спектра частот, от $-\infty$ до $+\infty$



Такой выбор имеет ряд достоинств:

а) Разложение на гармоники реализуется достаточно легко математически (путем использования преобразования Фурье).

б) При воздействии гармонического сигнала на любую линейную цепь его форма не изменяется (остается гармонической). Сохраняется также частота сигнала. Амплитуда и фаза, конечно, изменяются, но их можно сравнительно просто рассчитывать.

в) В технике широко используются резонансные системы, позволяющие экспериментально выделять одну гармонику из сложного сигнала.

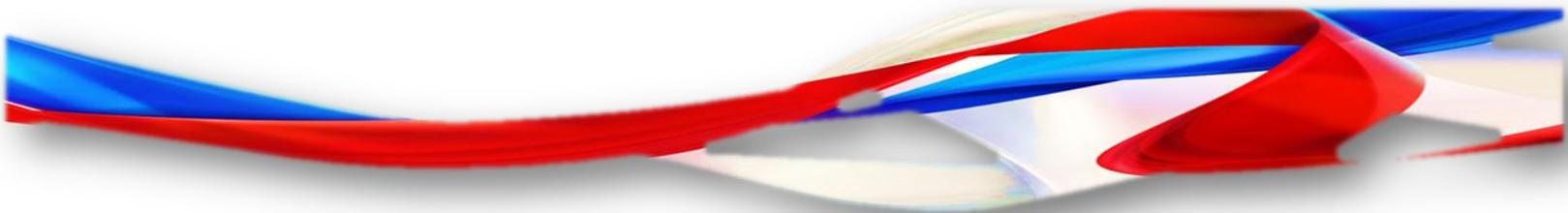
Таким образом, **ширина (частотного) спектра ΔF** дает представление о скорости изменения сигнала внутри интервала его существования.

Ширина спектра сигнала, в пределах которого сосредоточена основная (не менее 90%) энергия сигнала называют **эффективно передаваемой полосой частот** и его устанавливают экспериментально, исходя из требований качества передачи для конкретного вида сигнала.

Кроме того, сигналы могут быть **узкополосными** или **широкополосными** (в зависимости от отношения граничных частот ЭПЧ первичного сигнала).

2-й учебный вопрос

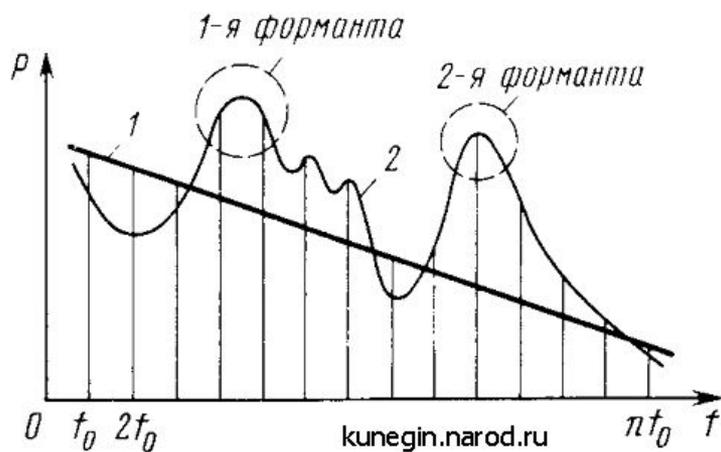
Первичные сигналы электросвязи



Телефонный речевой сигнал

Описание сигналов электросвязи некоторым образом необходимо для их адекватной обработки в процессе передачи. Описанием сигнала может служить некоторая функция времени. Определив так или иначе данную функцию, определяем и сигнал. Однако такое полное определение сигнала не всегда требуется. Достаточно описание в виде нескольких *параметров*, характеризующих основные свойства сигнала с точки зрения его передачи.

Основными первичными сигналами электросвязи являются: телефонный, звукового вещания, факсимильный, телевизионный, телеграфный, передачи данных.



Телефонный (речевой) сигнал. Звуки речи образуются в результате прохождения воздушного потока из легких через голосовые связки и полости рта и носа. Частота импульсов основного тона (f_0) лежит в пределах от 50..80 Гц (бас) до 200..250 Гц (женский и детский голоса). Импульсы основного тона содержат большое число гармоник (до 40) ($2f_0, \dots, nf_0$), причем их амплитуды убывают с увеличением частоты со скоростью приблизительно 12 дБ на октаву (кривая 1). (Октавой называется диапазон частот, верхняя частота которого в два раза выше нижней. Т.о. амплитуда гармоники $2f_0$ на 12 дБ больше, чем гармоники $4f_0$ и т.д.). При разговоре частота основного тона f_0 меняется в значительных пределах.

В процессе прохождения воздушного потока из легких через голосовые связки и полости рта и носа образуются звуки речи, причем мощность гармоник частоты основного тона меняется (кривая 2). Области повышенной мощности гармоник частоты основного тона называются формантами. Различные звуки речи содержат от двух до четырех формант. Высокое качество передачи телефонного сигнала характеризуется уровнем громкости, разборчивостью, естественным звучанием голоса, низким уровнем помех. Эти факторы определяют требования к телефонным каналам.

Параметры телефонного сигнала

Основными параметрами телефонного сигнала являются:

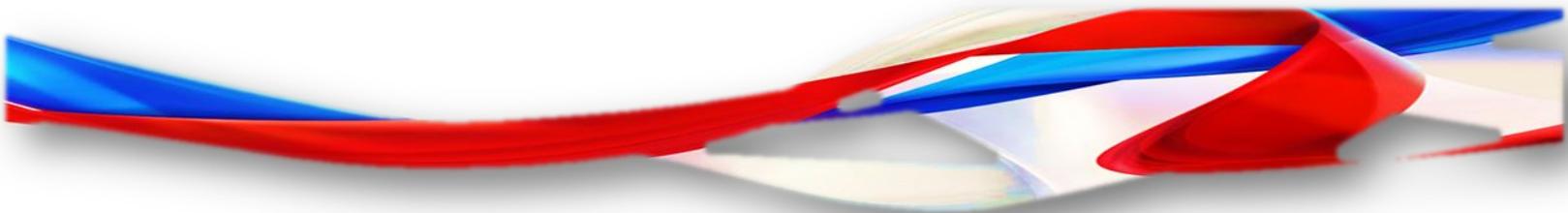
- мощность телефонного сигнала $P_{\text{ТлФ}}$. Согласно данным МСЭ-Т средняя мощность телефонного сигнала в точке с нулевым измерительным уровнем на интервале активности составляет 88 мкВт. С учетом коэффициента активности (0,25) средняя мощность телефонного сигнала $P_{\text{СР}}$ равна 22 мкВт. Кроме речевых сигналов в канал связи могут поступать сигналы управления, набора номера и пр. С учетом этих сигналов среднюю мощность телефонного сигнала принимают равной 32 мкВт, т.е. средний уровень телефонного сигнала составляет $p_{\text{СР}} = 10 \lg (32 \text{ мкВт}/1 \text{ мВт}) = -15 \text{ дБм0}$;
- коэффициент активности телефонного сообщения, т.е. отношение времени, в течение которого мощность сигнала на выходе канала превышает заданное пороговое значение, к общему времени занятия канала для разговора. При разговоре каждый из собеседников говорит приблизительно 50% времени. Кроме того, отдельные слова, фразы отделяются паузами. Поэтому коэффициент активности составляет 0,25..0,35;
- динамический диапазон определяется выраженным в децибелах отношением максимальной и минимальной мощности сигнала $D_C = 10 \lg \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{min}}}$. Динамический диапазон телефонного сигнала составляет $D_C = 35 \dots 40 \text{ дБ}$.
- пик-фактор сигнала $Q = 10 \lg \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{СР}}}$ равен составляет 14 дБ. При этом максимальная мощность, вероятность превышения которой исчезающе мала, равна 2220 мкВт (+3,5 дБм0):
- энергетический спектр речевого сигнала – область, в которой сосредоточена основная энергия сигнала, $G_{\Pi^2}(f)$ – спектральная плотность среднего квадрата звукового давления; Π_0 – порог слышимости (минимальное звуковое давление, которое начинает ощущаться человеком с нормальным слухом на частотах 600...800 Гц).

Качество речи получается вполне удовлетворительным при ограничении спектра частотами 300..3400 Гц. Эти частоты приняты МСЭ-Т в качестве границ эффективного спектра речи. При указанной полосе частот слоговая разборчивость составляет около 90%, разборчивость фраз – более 99% и сохраняется удовлетворительная натуральность звучания.



3-й учебный вопрос

Модуляция и кодирование первичных сигналов



Порядок использования и виды модуляции

Под **модуляцией** понимается воздействие на какой-либо параметр ЭМ колебания – переносчика информационным сигналом (кодом), в результате чего в изменениях этого параметра оказывается присутствующим передаваемый сигнал. В электросвязи переносчиком является ЭМ гармоническое колебание или периодическая последовательность коротких ЭМ импульсов.

Таким образом, **модуляция** (лат. modulatio – размеренность, ритмичность) – процесс изменения одного или нескольких параметров модулируемого несущего сигнала при помощи модулирующего сигнала.

Передаваемая информация заложена в модулирующем сигнале, а роль переносчика информации выполняет высокочастотное колебание, называемое несущим (модулируемым). Модуляция, таким образом, представляет собой процесс «посадки» информационного колебания на заведомо известную несущую с целью получения нового модулированного сигнала.

Использование модуляции позволяет:

- ✓ согласовать параметры сигнала с параметрами линии;
- ✓ повысить помехоустойчивость сигналов;
- ✓ увеличить дальность передачи сигналов;
- ✓ организовать многоканальные системы передачи (МСП с ЧРК);

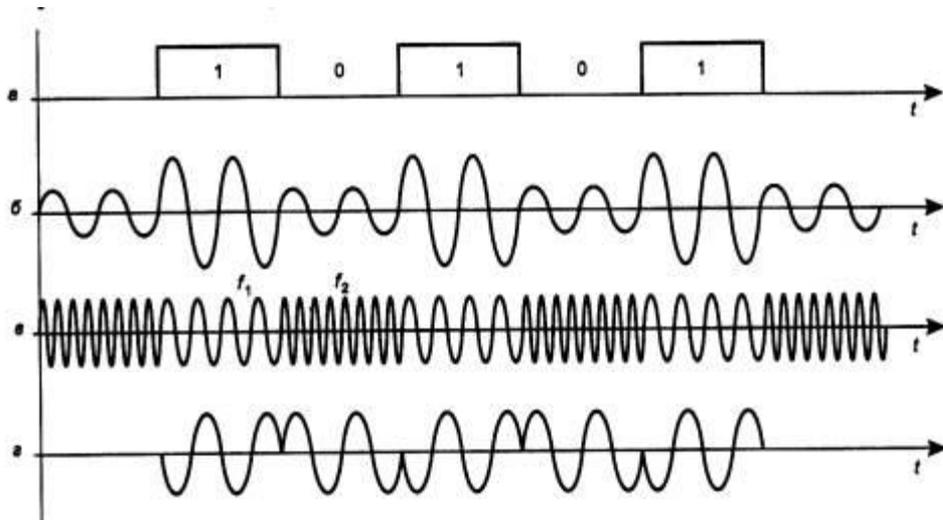
Виды модуляции:

- ✓ **амплитудная модуляция (АМ)**, происходит изменение амплитуды несущего колебания;
- ✓ **частотная модуляция (ЧМ)**, происходит изменение частоты несущего колебания;
- ✓ **фазовая модуляция (ФМ)**, происходит изменение фазы несущего колебания.

Методы аналоговой модуляции

Аналоговая модуляция является таким способом физического кодирования, при котором информация кодируется изменением амплитуды, частоты или фазы синусоидального сигнала несущей частоты.

Амплитудная модуляция – процесс изменения амплитуды несущего сигнала в соответствии с мгновенными значениями модулирующего сигнала. При амплитудной модуляции (рисунок 5, б) для логической единицы выбирается один уровень амплитуды синусоиды несущего колебания, а для логического нуля – другой. Этот способ редко используется в чистом виде на практике из-за низкой помехоустойчивости (воздействие помех в канале связи приводит к искажению амплитуды передаваемого сигнала и, соответственно, к искажению передаваемой информации), но часто применяется в сочетании с другим видом модуляции – фазовой модуляцией (квадратурная амплитудная модуляция в модемах с повышенной скоростью передачи данных).



Частотная модуляция – процесс изменения частоты несущего сигнала в соответствии с мгновенными значениями модулирующего сигнала.

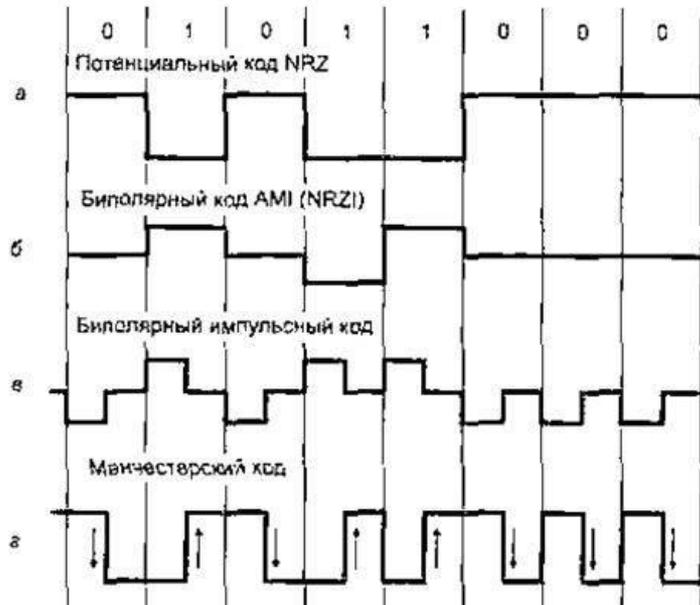
При частотной модуляции значения 0 и 1 исходных данных передаются синусоидами с различной частотой – f_1 и f_2 . Этот способ модуляции не требует сложных схем в модемах и обычно применяется в низкоскоростных модемах, работающих на скоростях 300 или 1 200 бит/с.

Фазовая модуляция – процесс изменения фазы несущего сигнала в соответствии с мгновенными значениями модулирующего сигнала. При фазовой модуляции значениям данных 0 и 1 соответствуют сигналы одинаковой частоты и амплитуды, но с различной фазой, например 0 и 180 градусов или 0, 90, 180 и 270 градусов.

Методы цифровой модуляции

В сетях применяются так называемые самосинхронизирующиеся коды, сигналы которых несут для передатчика указания о том, в какой момент времени нужно осуществлять распознавание очередного бита (или нескольких бит, если код ориентирован более чем на два состояния сигнала). Любой резкий перепад сигнала – так называемый фронт – может служить хорошим указанием для синхронизации приемника с передатчиком.

При использовании синусоид в качестве несущего сигнала результирующий код обладает свойством самосинхронизации, так как изменение амплитуды несущей частоты дает возможность приемнику определить момент появления входного кода.



Метод потенциального кодирования, называемый также кодированием без возвращения к нулю (Non Return to Zero, NRZ). Последнее название отражает то обстоятельство, что при передаче последовательности единиц сигнал не возвращается к нулю в течение такта. Метод NRZ прост в реализации, обладает хорошей распознаваемостью ошибок, но не обладает свойством самосинхронизации. Даже при наличии высокоточного тактового генератора приемник может ошибиться с моментом съема данных, так как частоты двух генераторов никогда не бывают полностью идентичными. Другим недостатком метода NRZ является наличие низкочастотной составляющей, которая приближается к нулю при передаче длинных последовательностей единиц или нулей. Из-за этого многие каналы связи, не обеспечивающие прямого гальванического соединения между приемником и источником, этот вид кодирования не поддерживают. В результате в чистом виде код NRZ в сетях не используется.

Переносчиком информации является периодическая последовательность импульсов. Она характеризуется такими параметрами, как амплитуда, длительность (ширина) импульса, частота следования импульсов, положение (фаза) каждого импульса на оси времени по отношению к так называемым тактовым точкам. Соответственно различают амплитудно-импульсную (АИМ), широтно-импульсную (ШИМ), частотно-импульсную (ЧИМ) и фазово-импульсную (ФИМ) модуляцию. В ряде случаев непрерывные сигналы квантуются по времени и уровню. Полученные при этом дискретные значения преобразуют в кодовые комбинации, состоящие из импульсов равной амплитуды и длительности, (по существу, в цифровую форму), обеспечивая кодово-импульсную модуляцию (КИМ или ИКМ). Видеоимпульсами КИМ может осуществляться амплитудная, частотная, фазовая и другая модуляция несущего колебания.

Физическое кодирование

Физическое кодирование (линейное кодирование, манипуляция сигнала, модуляция, импульсно-кодовая модуляция) – представления дискретных сигналов, передаваемых по цифровому каналу связи, с целью передачи данных, представленных в цифровом виде, на расстояние по физическому каналу связи (такому как оптическое волокно, витая пара, коаксиальный кабель, инфракрасному излучению). Физическое кодирование также применяется для записи данных на цифровой носитель. При физическом кодировании уделяют внимание на характеристики формируемого сигнала: ширину полосы частот, гармонический состав сигнала, способность к синхронизации приемника с передатчиком. При физическом кодировании решаются вопросы синхронизации, управления полосой пропускания сигнала, скорость передачи данных и расстояние на которое необходимо передать данные.

Различают виды передачи дискретных сигналов:

□ **синхронный способ передачи данных – когда приемник и передатчик работают синхронно (в один такт);**

□ **асинхронный способ передачи данных – когда приемник и передатчик работают несинхронно;**

Система кодирования сигналов имеет иерархию.

Нижним уровнем в иерархии кодирования является физическое кодирование, которое определяет число дискретных уровней сигнала (амплитуды напряжения, амплитуды тока, амплитуды яркости).

Физическое кодирование рассматривает кодирование только на самом низшем уровне иерархии кодирования – на физическом уровне и не рассматривает более высокие уровни в иерархии кодирования, к которым относятся логические кодирования различных уровней.

С точки зрения физического кодирования цифровой сигнал может иметь два, три, четыре, пять и т. д. уровней амплитуды напряжения, амплитуды тока, амплитуды света.

Ни в одной из версий технологии Ethernet не применяется прямое двоичное кодирование бита 0 напряжением 0 вольт и бита 1 – напряжением +5 вольт, так как такой способ приводит к неоднозначности. Если одна станция посылает битовую строку 00010000, то другая станция может интерпретировать ее либо как 10000, либо как 01000, так как она не может отличить «отсутствие сигнала» от бита 0. Поэтому принимающей машине необходим способ однозначного определения начала, конца и середины каждого бита без помощи внешнего таймера. Кодирование сигнала на физическом уровне позволяет приемнику синхронизироваться с передатчиком по смене напряжения в середине периода битов.

Логическое кодирования

Вторым уровнем в иерархии кодирования является самый нижний уровень логического кодирования с разными назначениями.

В совокупности физическое кодирование и логическое кодирование образуют систему кодирования низкого уровня.

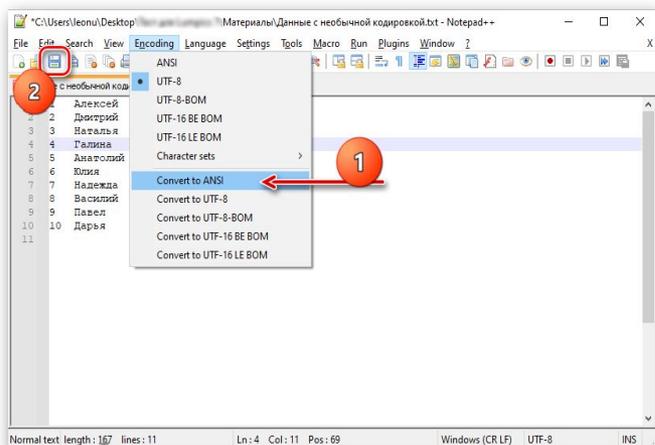
Каждый бит кодового слова передается или записывается с помощью дискретных сигналов, например, импульсов. Способ представления исходного кода определенными сигналами определяется форматом кода. Известно большое количество **форматов**, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки и предназначен для использования в определенной аппаратуре.

- ✓ Формат БВН (без возвращения к нулю) – единичный бит передается в пределах такта уровень не меняется. Положительный перепад означает переход из 0 к 1 в исходном коде, отрицательный – от 1 к 0. Отсутствие перепадов показывает, что значения предыдущего и последующего битов равны. Для декодирования кодов в формате БВН необходимы тактовые импульсы. Соответствующий коду формата БВН сигнал содержит низкочастотные компоненты (при передаче длинных серий нулей или единиц перепады не возникают).
- ✓ Формат БВН-1 (без возвращения к нулю с перепадом при передаче 1) – является разновидностью формата БВН. Перепады сигнала формируются при передаче 1, при передаче 0 уровень сигнала не меняется.
- ✓ Формат БВН-0 (без возвращения к нулю с перепадом при передаче 0) – является разновидностью формата БВН. Перепады сигнала формируются при передаче 0, при передаче 1 уровень сигнала не меняется. Применяется в многодорожечных системах записи цифровых сигналов. Возможным вариантом является запись двух дополнительных сигналов, соответствующих кодам в форматах БВН-1 и БВН-0.
- ✓ Формат ВН (с возвращением к нулю) – требует передачи импульса, занимающего только часть тактового интервала (например, половину), при одиночном бите. При нулевом бите импульс не формируется.

Логическое кодирования (продолжение)

- ✓ Формат ВН-П (с активной паузой) – означает передачу импульса положительной полярности при единичном бите и отрицательной – при нулевом бите. Сигнал этого формата имеет в спектре компоненты тактовой частоты. Он применяется в ряде случаев для передачи данных по линиям СВЯЗИ.
- ✓ Формат ДФ-0 (двухфазный со скачком фазы при передаче 0) – соответствует способу представления, при котором перепады формируются в начале каждого такта. При единичных битах сигнал в этом формате меняется с тактовой частотой, то есть в середине каждого такта происходит перепад уровня. При передаче нулевого бита перепад в середине такта не формируется, то есть имеет место скачок фазы. Код в данном формате обладает возможностью самосинхронизации и не требует передачи тактовых сигналов.

Направление перепада при передаче сигнала единицы не имеет значения. Поэтому изменение полярности кодированного сигнала не влияет на результат декодирования. Он может передаваться по симметричным линиям без постоянной составляющей. Это также упрощает его магнитную запись. Этот формат известен также под названием «Манчестер 1». Он используется в адресно-временном коде SMPTE, широко применяющемся для синхронизации носителей звуковой и видеоинформации.



Кодировка ASCII

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	2A	2B	2C	2D	2E	2F
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	3A	3B	3C	3D	3E	3F
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F
50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	6A	6B	6C	6D	6E	6F
70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	7A	7B	7C	7D	7E	7F
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	9A	9B	9C	9D	9E	9F
A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	AA	AB	AC	AD	AE	AF
B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	BA	BB	BC	BD	BE	BF
C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CA	CB	CC	CD	CE	CF
D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	DA	DB	DC	DD	DE	DF
E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	EA	EB	EC	ED	EE	EF
F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	FA	FB	FC	FD	FE	FF

Кодировка KOI8 – Код обмена информацией, 8-битный. (Применялась еще в 70-ые годы на компьютерах серии ЕС ЭВМ, а с середины 80-х стала использоваться в первых русифицированных версиях операционной системы UNIX.)

Кодировка CP 1251 – "CP" означает "Code Page", "кодовая страница". (кодировка Microsoft Windows)

Одному и тому же коду в различных кодировках соответствуют различные символы

Преобразование файла

Из формата:

- Только текст
- Кодированный текст**
- Текст в формате RTF
- Документ HTML
- Веб-страница в одном файле
- XML-документ
- Восстановление текста из любого файла
- WordPerfect 5.x
- WordPerfect 6.x
- Документ Works 6 - 9

OK Отмена

Метод потенциального кодирования

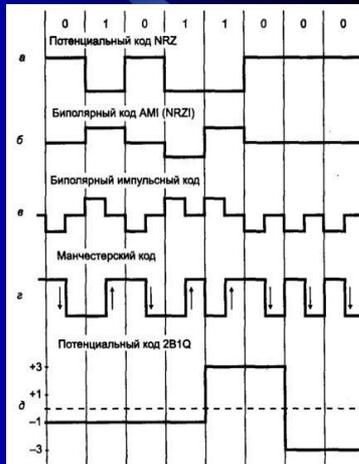
Простейший метод кодирования информации – это метод потенциального кодирования (NRZ, называемый также кодированием без возвращения к нулю). Этот метод хорошо работает внутри компьютера, но для передачи информации по сети возникает ряд трудностей. При высоких скоростях обмена данными и длинных последовательностях единиц или нулей небольшое рассогласование тактовых частот генераторов приемника и передатчика может привести к ошибке в целый такт и, соответственно считыванию некорректного значения бита. Для использования потенциального кодирования в компьютерных сетях этот метод кодирования был улучшен, новые методы потенциального кодирования исключают длительные последовательности единиц.

Методы цифрового кодирования

Одной из модификаций метода NRZ является метод биполярного кодирования с альтернативной инверсией (Bipolar Alternate Mark Inversion, AMI)

Код AMI частично ликвидирует проблемы постоянной составляющей и отсутствия самосинхронизации, присущие коду NRZ

В целом, для различных комбинаций бит на линии использование кода AMI приводит к более узкому спектру сигнала



Проблему с длинными последовательностями нулей решает логическое кодирование информации. Два основных метода логического кодирования это – избыточные коды (основаны на введении избыточных бит в исходные данные) и скремблирование (перемешивание данных) исходных данных.

Логическое кодирование используется для улучшения потенциальных кодов типа AMI, NRZI или 2Q1B. Логическое кодирование заменяет длинные последовательности нулей, приводящие к постоянному потенциалу, вкраплениями единиц. Улучшенные потенциальные коды обладают более узким спектром, чем импульсные, поэтому они находят применение в высокоскоростных технологиях, таких как **FDDI**, **Fast Ethernet**, **Gigabit Ethernet**.

Избыточные коды

Избыточные коды основаны на разбиении исходной последовательности бит на порции, которые часто называют символами. Затем каждый исходный символ заменяется на новый, который имеет большее количество бит, чем исходный. Например, логический код 4В/5В, используемый в технологиях FDDI и FastEthernet, заменяет исходные символы длиной в 4 бита на символы длиной в 5 бит. Символы кода 4В/5В длиной 5бит гарантируют, что при любом их сочетании, на линии не могут встретиться более трех нулей подряд. Использование таблицы перекодировки является очень простой операцией, поэтому этот подход не усложняет сетевые адаптеры и интерфейсные блоки коммутаторов и маршрутизаторов.

Таблица соответствия исходных и результирующих кодов 4В/5В.

Исходный код	Результирующий код	Исходный код	Результирующий код
0000	11110	1000	10010
0001	01001	1001	10011
0010	10100	1010	10110
0011	10101	1011	10111
0100	01010	1100	11010
0101	01011	1101	11011
0110	01110	1110	11100
0111	01111	1111	11101

Для обеспечения заданной пропускной способности линии передатчик, использующий избыточный код, должен работать с повышенной тактовой частотой. Для передачи кодов 4В/5В со скоростью 100 Мбит/с передатчик должен работать с тактовой частотой 125МГц. При этом спектр сигнала на линии расширяется, но несмотря на это он оказывается уже спектра манчестерского кода, что оправдывает этап*логического кодирования.

Скрэмблирование

Скрэмблирование (перемешивание данных скремблером) это второй способ логического кодирования. Методы скремблирования заключаются в побитном вычислении результирующего кода на основании бит исходного кода и полученных в предыдущих тактах бит результирующего кода. Скремблер может реализовать следующее соотношение:

$$B_i = A_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5}$$

где B_i – двоичная цифра результирующего кода, полученная на i -м такте работы скремблера, A_i – двоичная цифра исходного кода, поступающая на i -м такте на вход скремблера;

\oplus - операция исключающего ИЛИ (сложение по модулю 2). Например, для исходной последовательности 110110000001 скремблер даст следующий результирующий код:

$$B_1 = A_1 = 1$$

$$B_2 = A_2 = 1$$

$$B_3 = A_3 = 0$$

$$B_4 = A_4 \oplus B_1 = 1 \oplus 1 = 0$$

$$B_5 = A_5 \oplus B_2 = 1 \oplus 1 = 0$$

$$B_6 = A_6 \oplus B_3 \oplus B_1 = 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$$

$$B_7 = A_7 \oplus B_4 \oplus B_2 = 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$$

$$B_8 = A_8 \oplus B_5 \oplus B_3 = 0 \oplus 0 \oplus 0 = 0$$

$$B_9 = A_9 \oplus B_6 \oplus B_4 = 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$$

$$B_{10} = \dots\dots\dots$$

Таким образом, на выходе скремблера появится последовательность 110001101111.

Дескремблер восстанавливает исходную последовательность на основании обратного соотношения: $C_i = B_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5} =$

$$\oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5} \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5} = A_i$$

Различные алгоритмы скремблирования отличаются количеством слагаемых, дающих цифру результирующего кода, и сдвигом между слагаемыми.



Инженерный факультет
Кафедра инфокоммуникационных
технологий и систем связи
Учебная дисциплина
«Системы связи и оповещения»