Министерство связи и информатики РФ

Сибирский Государственный Университет

Телекоммуникаций и Информатики

#### Хабаровский филиал

##### Курсовая работа

По дисциплине: *"Теория электрической связи"*

По теме: *"Расчёт оптимальной системы связи"*

**Задание**

Разработать структурную схему системы связи, предназначенную для передачи данных и передачи аналоговых сигналов методом ИКМ для ЧМ модуляции и НКГ способа приема сигналов. Рассчитать основные параметры системы связи. Указать и обосновать пути совершенствования разработанной системы связи.

**Исходные данные:**

|  |  |
| --- | --- |
| Способ модуляции | ЧМ |
| Способ приема | НКГ |
| Мощность сигнала на входе приемника | Рс = 0,6 В2 |
| Длительность элементарной посылки | Т = 2 мкс |
| Помеха - белый шум с Гауссовским законом распределения |  |
| Спектральная плотность помехи | No = 1⋅10-7 |
| Вероятность передачи сигнала "1" | P1 = 0.25 |
| Число уровней квантования | N = 512 |
| Пик фактор аналогового сигнала | П = 3 |

**Содержание**

Введение

1. Структурная схема системы связи

2. Выбор схемы приемника

3. Расчет вероятности ошибки на выходе приемника

4. Сравнение выбранной схемы приёмника с оптимальным приёмником

5. Передача аналоговых сигналов методом ИКМ

6 Статистическое (эффективное) кодирование

7. Пропускная способност

8. Помехоустойчивое кодирование

Заключение

Литература

**Введение**

Развитие экономики нашей страны требует непрерывного ускорения научно-технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства, повышения производительности труда, совершенствования методов управления хозяйством, дальнейшего повышения образовательного и культурного уровня. Решение этих задач немыслимо без разветвленных и технически совершенных систем передачи информации (СПИ).

Велика роль СПИ в научных исследованиях, в частности в изучении и освоении космического пространства. Радиотехническая СПИ является одной из основных в любом космическом аппарате. Она служит для передачи команд управления, телеметрической информации, визуальной информации из космоса и т.п.

Сегодня быстро развивается наряду со спутниковой и традиционные виды связи. По-прежнему большое внимание уделяется системам коротковолновой связи, обеспечивающем связь с отдаленными, труднодоступными районами страны, системами связи, работающим в ультракоротковолновом диапазоне волн, отличающимся устойчивостью работы. Развивается связь в оптическом диапазоне.

В стране развивается Единая автоматизированная сеть связи (ЕАСС), представляющая собой комплекс технических средств, предназначенных для приема, передачи и обработки информации, распределения ее по каналам, включения резервных линий при повреждении основных. Характерной чертой ее является универсальность. По ней можно передавать сообщения любого вида: телефонные, телеграфные, телевизионные, радиовещательные программы, телеметрические, факсимильные, команды управления. Составной частью этой системы является Общегосударственная система передачи данных, которая должна обеспечивать связь между вычислительными центрами, между вычислительными центрами и абонентскими пунктами.

В данной курсовой работе рассмотрены вопросы передачи аналоговых и цифровых сигналов по каналу связи. Также рассмотрены вопросы помехоустойчивости и эффективности передачи сигналов электросвязи. Подробно рассмотрен вопрос передачи сигналов методом ЧМ-ИКМ.

**1. Структурная схема системы связи**

Понятие информации включает определенные свойства материи, воспринимаемые наблюдателем из окружающего материального мира. При этом в качестве наблюдателя могут выступать человек, живой организм или техническое устройство. Информацию, представленную в определенной форме, называется сообщением.

Общая задача системы связи состоит в передаче сообщений от человека или технического устройства, другому человеку или устройству, не имеющему возможности получить нужные сведения из непосредственных наблюдений. Наблюдаемая материальная система вместе с наблюдателем представляет собой *источник информации*, а человек или устройство, которому передаются результаты наблюдения, *получатель (потребитель) информации*.

Совокупность технических средств, служащих для передачи сообщений от источника к потребителю, называется системой связи. Этими средствами являются передающее устройство, линия связи и приемной устройство.

Структурная схема системы связи показана на рисунке 1.

Поясним назначение основных блоков схемы.

***ФНЧ*** (Фильтр Низких Частот) – на входе, ограничивает спектр сигнала, это упрощает его дискретизацию.

**Х** – Умножитель производит умножение сигнала на тактовые импульсы, поступающие с генератора тактовых импульсов, таким образом происходит дискретизация.

***ГТИ*** – Генератор Тактовых Импульсов.

***КВ*** – квантователь, квантует сигнал по уровням.

***АЦП*** – производит преобразование ИКМ сигнала в бинарный код, который в последствии модулируется в ЧМ

***ГВЧ*** – Генератор Высокой Частоты

***ПК*** – Преобразователь Кода, кодирует сигнал для повышения помехоустойчивости.

Потом промодулированный сигнал поступает на усилитель, который его усиливает, в линии связи на этот сигнал накладываются различные помехи.

На приемном конце происходит демодуляция полученного сигнала частотным детектором (ЧМ), декодирование (ПК), с помощью ЦАП сигнал преобразуется в ИКМ сигнал, из которого в последствии с помощью ФНЧ получают аналоговый сигнал. На данной схеме предусмотренный вход и выход для передачи не только аналоговых сигналов, но и данных.

Устройство, преобразующее сообщение и сигнал, называется передающим устройством, а устройство, преобразующее принятый сигнал обратно в сообщение, - приемным устройством. Передающее устройство включает в себя преобразователь сообщения в первичный сигнал и передатчик. Соответственно приемное устройство состоит из приемника и преобразователя сигнала в сообщение.

С помощью преобразователя и передающем устройстве сообщение *а*, которое может иметь любую физическую природу преобразуется в первичный электрический сигнал *b(t).*В канале передачи данных производится помехоустойчивое или оптимальное (статистическое) кодирование в кодопреобразователе. В передатчике первичный сигнал b(t) (обычно низкочастотный) преобразуется во вторичный (высокочастотный) сигнал u(t), пригодный для передачи по используемому каналу. Такое преобразование осуществляется посредством модуляции.

Преобразование сообщения в сигнал должно быть обратимым. В этом случае по выходному сигналу можно, в принципе, восстановить входной первичный сигнал, т.е. получить всю информацию, содержащуюся и переданном сообщении. Если же преобразование необратимо, то часть информации будет потеряна при передаче, даже в тех случаях, когда сигнал доходит до приемного устройства без искажений.

Линией связи называется среда, используемая для передач сигнала от передатчика к приемнику. При передаче сигнал может искажаться и на него могут накладываться помехи *n(t).*

Приемное устройство обрабатывает принятое колебание z(t)=s(t)+n(t) и восстанавливает по нему переданное сообщение а’. Другими словами, приемник должен на основе анализа суммарного колебания пришедшего искаженного сигнала s(t), также помехи n(t) определить, какое сообщение a передавалось. Поэтому приемное устройство является одним из наиболее ответственных и сложных элементов системы связи.

Каналом связи называется совокупность технических средств, обеспечивающих передачу сигнала от некоторой точки А системы до другой точки В. Точки А и В могут быть выбраны произвольно, лишь бы между ними проходил сигнал. Вся часть системы связи , расположенная до точки А, является источником сигнала для этого канала. На первом этапе происходит преобразование сообщения в код, а на последнем обратная операция (код в сообщение). При передаче аналогового сигнала не происходит кодирование непрерывного сигнала и он сразу, минуя кодек идет на модем, а далее все также как и для дискретного сообщения.

ФНЧ

Х

КВ

АЦП

ПК

ЧМ

ГТИ

ГВЧ

Линия связи

ЧД

ПК

ЦАП

ФНЧ

ГВЧ

Получатель аналогого сигнала

Получатель цифрового сигнала

Рисунок 1. - Структурная схема системы связи.

# 2. Выбор схемы приемника

Сигнал на входе приемника представляет собой сложное колебание, в котором для передачи информации используется изменение значения частоты сигнала. При некогерентной обработке высокочастотных сигналов (обработке по огибающей) снижаются требования к точности установления границ посылок элементарных канальных сигналов длительностью Т. Все же для реализации оптимальной схемы средняя частота заполнения сигналов должна быть известна с высокой точностью. При приеме сигналов двоичной ЧМ распространена схема, изображенная на рисунке 2.1.

S1(t)=A cos ω1t и S0(t)= A cos ω0t

Правило решения для такого приемника

S1(t) - S0(t)>0 то S1

#### ПФ­­­1

###### ЧД

#### ФНЧ

###### РУ

#### ПФ0

###### ЧД

#### \_\_

Z(t) = Si(t)+n(t)

S0(t)

S1(t)

1

0

Рисунок 2.1 Схема неоптимального некогерентного приемника ЧМ сигналов

Здесь ПФ – разделительные полосовые фильтры, пропускающие без существенных искажений соответственно сигналы S1(t), S0(t). ЧД – частотный детектор. Разностный сигнал двух детекторов подвергается фильтрации в ФНЧ, а результат для выбора сравнивается с нулевым порогом.

Вид сигнала при ЧМ показан на рисунке 2.2.

Спектр сигнала при ЧМ изображен на рисунке 2.3

t

t

a(t)

ЧМ

1

1

0

0

Рисунок 2.2 Вид сигнала при ЧМ

М = 1

   

М = 5

Рисунок 2.3 Спектры сигналов ЧМ при различных индексах модуляции М

# 3. Расчет вероятности ошибки на выходе приемника

Необходимо рассчитать вероятность ошибки для аналогового и дискретного сигналов. Так как приёмник не является оптимальным, то вероятность ошибки на его выходе будет зависть от типа модуляции (ЧМ), от вида приёма (некогерентный), от мощности полезного сигнала на входе приёмника и от полосы пропускания полосовых фильтров.

Расчёт вероятности ошибки для аналогового сигнала.

Вычислим мощность шума на выходе приемника по формуле:

, где



- полоса пропускания приемника для ЧМ; N0 – спектральная плотность мощности помехи; так как П = 3 (речь), то *Fc* =3,4 кГц



Отношение мощности сигнала к мощности шума (h2):

; ,где



Pc – мощность приходящего сигнала;

Для расчёта вероятности ошибки на выходе приёмника воспользуемся формулой:



Как видно, отношение мощности сигнала к мощности шума (h2 = 164,706) – велико, то *Рош → 0.*

Расчёт вероятности ошибки для дискретного сигнала.

Вычислим мощность шума на выходе приемника по формуле:

, где



- полоса пропускания приемника для ДЧМ; где T – длительность сигнала;



Отношение мощности сигнала к мощности шума (h2):

; ,



где Pc – мощность приходящего сигнала;

Для расчёта вероятности ошибки на выходе приёмника воспользуемся формулой:



Построим зависимость вероятности ошибки от отношения мощности сигнала к мощности шума (h) будем менять от 0 до 5 с шагом 0,5.Результаты расчетов сведены в таблицу 3.1 График зависимости Рош от h2, изображен на рисунке 3.1

Таблица 3.1



1



h

|  |  |
| --- | --- |
| h | Pош |
| 0 | 0,5 |
| 0,5 | 0,441 |
| 1 | 0,303 |
| 1,5 | 0,162 |
| 2 | 0,068 |
| 2,5 | 0,022 |
| 3 | 5,56 10-3 |
| 3,5 | 1,09 10-3 |
| 4 | 1,68 10-4 |
| 4,5 | 2 10-5 |
| 5 | 1,86 10-6 |

Рош

Рисунок 3.1

# 4. Сравнение выбранной схемы приемника с оптимальным приемником

Решая вопрос о помехоустойчивости системы связи следует вначале остановиться на выборе *критерия помехоустойчивости*. Таких приборов может быть предложено достаточно много: минимума вероятности ошибочного приёма, минимума среднего риска или среднеквадратичного отклонения от передаваемого сообщения и т.д. Эта задача усложняется, если рассматривать возможность безошибочного распознавания множества символов. Поэтому рассмотрим наиболее простой (но и наиболее общий для любого числа символов) случай распознавания бинарных сигналов, а для оценки качества – предложенный В.А. Котельниковым, критерий идеального наблюдателя, который обеспечивает минимум вероятности ошибочного приёма.

Если имеются два сигнала S0 и S1 поражённых аддитивной помехой n(t), то напряжение на выход приёмника Z(t) = S(t) + n(t), где S(t) может принимать два значения.

Графически области условной вероятности событий S0 и S1 будут иметь вид:

S(t)

S0

W(S/Z)

S1

W(S0/Z)

W(S1/Z)

Рисунок 4.1. – Условная вероятность.

где W(S0/Z) и W(S1/Z)- условные плотности вероятности появления сигналов "0" и "1" соответственно, при наличии смеси: сигнал + шум.

S0 и S1 – соответственно ожидаемые (или точно известные) значения сигнала "1" и "0".

Вероятность события P(S) = ∫ W(S/Z)dt. Тогда для нормального закона распределения плотности условных вероятностей событий будем иметь:



где G – среднеквадратичное значение уровня шума. Найдём совместное решение этих уравнений в виде отношений правдоподобия:



взяв натуральные логарифмы от числителя и знаменателя:



Это выражение – наиболее классический алгоритм решения задачи оптимального приёма, соответствующая ему функциональная схема носит название идеального приёмника Котельникова.

НЕ

###### КВ

∫

НЕ

###### КВ

∫

###### РУ

S1

S0

1

0

Z(t)

Рисунок 4.2. – Идеальный приёмник Котельникова.

На рисунке 4.2. обозначены:

НЕ – инвертор (вычитающее устройство)

КВ – квадратор

∫ - интегратор

РУ – решающее устройство

т.о. оптимальный приёмник для разделения бинарных сигналов состоит из двух одинаковых ветвей, на которые заводятся ожидаемые (или известные) значения уровней сигналов "0" и "1" и решающее устройство перебрасывается в сторону большего значения среднего уровня мощности в той или иной ветви.

Но решение задачи возможно и другими способами:

Пологая (минимум ошибки) и раскрывая скобки в подынтегральных выражениях (смотри формулу выше) получим:



где Е1 = S12 – энергия сигнала "1"

Е0 = S02 – энергия сигнала "0"

В этом выражении решение оптимального приёма осуществляется за счёт перемножения смеси входного сигнала на известную функцию S0(t) и S1(t) с последующим накоплением (интегрированием). Такой способ приёма (по виду математической обработки) носит название корреляционного. Соответствующая сема на рисунке 4.3.

X

###### ∫

НЕ

X

###### ∫

НЕ

###### РУ

S1(t)

S0(t)

1

0

Z(t)

0,5Е1

0,5Е0

Рисунок 4.3.

Выражение представленное выше может быть ещё более упрощено, если ввести понятие разности сигналов S∆(t) = S1 – S0 тогда



где - пороговый уровень различения.



Тогда функциональная схема одноканального оптимального приёмника бинарных сигналов будет иметь вид Рисунок 4.4.

X

###### ∫

НЕ

###### РУ

S∆(t)

1

0

Z(t)

л

Рисунок 4.4.

Решение задачи в пользу сигнала 1 будет в том случае, если сигнал на выходе интегратора > л.

Обратим внимание, что функция корреляции смеси сигнала с полезной информацией может быть получена, когда в точке приёма точно известен принимаемый сигнал. Если последнее условие трудно осуществить, то можно осуществить необходимую значимость путём приёма исходного сигнала Z(t) на согласованный фильтр, переходная характеристика которого .



Таким образом, схема рисунок 4.4. для не полностью известного сигнала в точке приёма будет рисунок 4.5.

СФ

###### ∫

НЕ

###### РУ

1

0

Z(t)

л

Рисунок 4.5.

Следует отметить, что задачей согласованного фильтра является не восстановление формы сигнала искаженной шумом, а получение одного отсчета, по которому можно было бы судить о присутствии или отсутствии на входе фильтра сигнала известной формы.



Сигналы "0" и "1" равны по амплитуде, но отличаются по частоте, при этом спектральные линии полезной информации различаются на π/2 (выполняется условие ортогональности) - S1 и SO комплексно сопряжены.

S1(t)=*Acosω1t;* S0(t)*= Acosω0t; 0 < t < Т*

Так как сигналы S1 и S2 взаимоортогональны, то их функция взаимокорреляции BS1S0(0) = 0E1=Е0 EЭ=2Е1

Значит:



Окончательная формула:



Для оптимального приемника отношение мощностей сигнал/шум:



Для неоптимального приемника отношение мощностей сигнал/шум:

,



то есть оптимальный приемник дает четырехкратный выигрыш по мощности в сравнении с заданным неоптимальным.

# 5. Передача аналоговых сигналов методом ИКМ

Для передачи непрерывных сообщений очень выгодно воспользоваться дискретным каналом. Для этого необходимо преобразовать непрерывное сообщение в дискретный (цифровой) сигнал, для чего наиболее часто используется импульсно-кодовая модуляция (ИКМ).

Для преобразования непрерывных сообщений в дискретную форму используются операции дискретизации и квантования. Полученная таким образом последовательность квантовых отчетов кодируется и передается по дискретному каналу, как всякое дискретное сообщение. На приемной стороне после декодирования восстанавливается (с той или иной точностью) непрерывное сообщение.

При ИКМ из передаваемого сообщения берутся отчеты с интервалом ТД, таким, чтобы по отчетам можно было с требуемой точностью восстановить сообщение. Отчеты квантуются по уровню, и передаче подлежат номера уровней квантования, представляемые, как правило, тем или иным двоичным кодом. Значность кода ***к*** и число уровней квантования N в данном случае связаны соотношением



В результате непрерывное сообщение преобразуется в поток двоичных символов, которые поступает на вход дискретного канала связи. Операции, связанные с преобразованием непрерывного сообщения, поступающего от источника, осуществляются в аналого-цифровом преобразователе (АЦП). Двоичные символы с выхода дискретного канала связи подаются на цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), преобразующий кодовые комбинации в отчетах, по которым и производится восстановление переданного непрерывного сообщения, предназначенного для получателя.

Для передачи двоичных символов могут использоваться различные виды модуляции: амплитудная, фазовая и частотная. В соответствии с этим производится классификация систем: АМ-ИКМ, ФМ-ИКМ, ЧМ-ИКМ.

Ошибки передачи непрерывных сообщений цифровыми методами связаны с дискретизацией непрерывных сообщений по времени, квантования отчётов по уровням и неверной передачей отдельных символов цифрового потока по дискретному каналу связи. Далее считается, что причиной ошибок передачи цифровых символов является шум, действующий в канале.

Цифровые методы передачи обладает рядом преимуществ перед аналоговыми. Из основных можно указать следующие:

* малое влияние аппаратурных погрешностей на точность передачи сообщения;
* высокая помехоустойчивость;
* возможность регенерации сигналов (восстановление их формы) при ретрансляции;
* высокие технико-экономические показатели – широкое использование элементов цифровой техники, низкие требования к линейности общего тракта и т.д.

Шум квантования не связан с помехами в канале и целиком определяется выбором числа уровней квантования. Его можно сделать сколь угодно малым, увеличивая число уровней. При этом придется увеличивать число кодовых символов, приходящихся на каждый отсчет, а следовательно, сокращать длительность символа и расширять спектр сигнала в канале. Таим образом, так же, как и при помехоустойчивых аналоговых видах модуляции, снижение этого шума достигается за счет расширения спектра сигнала.

Поскольку при ИКМ верность передачи определяется числом уровней квантования, то увеличение верности сопровождается расширением спектра ИКМ сигнала по логарифмическому закону.

ИКМ ведет себя как идеальная система. Более подробный анализ приводит к выводу, что при одинаковой ширине спектра выигрыш в ИКМ приблизительно на 8 Дб меньше, чем в теоретически идеальной системе. В настоящее время не существует систем модуляции, более близких к идеальной, если спектр передаваемого сообщения равномерный. Поэтому система с ИКМ широко используется в тех случаях, когда высокую верность необходимо обеспечить с минимальной затратой мощности передатчика, например в спутниковых системах.

Определим число разрядов необходимых для обеспечения требуемого по условию числа уровней квантования N = 128:





А сейчас необходимо определить какую часть t занимает мое кодовое слово. Для этого найду длительность кодового слова во временном интервале.

где n-длина кодового слова

T0-длительность элементарной посылки



Определим количество разрядов, которые можно теоретически передавать по каналу связи при использовании ИКМ-ЧМ модуляции.



Видно, что данный канал позволяет использовать при передаче сообщения в цифровом виде дополнительные разряды (например, для помехоустойчивого кодирования).

a(t)

7

6

5

4

3

2

1

0

b(k∆t)

a(t)

b(t)

t

t

t

t

∆Tд

Рисунок 5.1. - Преобразование непрерывного сообщения в последовательность двоичных импульсов

**6. Статистическое (эффективное) кодирование**

Статистическое кодирование – прямая противоположность помехоустойчивому кодированию.

При помехоустойчивом кодировании увеличивается избыточность за счет введения дополнительных элементов в кодовой комбинации (например, проверка на четность) благодаря чему повышается избыточность кода.

При статистическом кодировании наоборот, уменьшается избыточность, наиболее часто встречающиеся сообщения (с большей вероятностью) представляются в виде коротких комбинаций, реже встречающимся сообщениям присваиваются более длинные комбинации, благодаря чему уменьшается избыточность кода.

Производительность источника сообщений определяется количеством передаваемой информации за единицу времени.

Энтропия является мерой количества информации, переносимой в среднем одной буквой сообщения, является также и мерой неопределенности, существовавшей до появления очередного сообщения, что устраняло эту неопределенность.

Вычислим энтропию источника с учетом вероятности передачи элементов "1" и "0" и его производительность

Р(1) = 0.1 - вероятность передачи сигнала "1"

Р(0) = 0.9 - вероятность передачи сигнала "0"

Т = 5 мкс - длительность элементарной посылки

Энтропия источника равна



H(A) = - 0.1 log2 0.1 - 0.9log2 0.9 = 0.469 бит

Методика Шеннона-Фано не всегда приводит к однозначному построению кода. От указанного недостатка свободна методика построения кода Хаффмана. Она гарантирует однозначное построение кода с наименьшим, для данного распределения вероятностей, средним числом символов на группу.

Суть его сводится к тому, что наиболее вероятным исходным комбинациям присваиваются более короткие преобразованные комбинации, а наименее вероятным - более длинные. За счет этого среднее время, затраченное на посылку одной кодовой комбинации, становится меньше.

Для двоичного кода методика сводится к следующему:

1. Буквы алфавита выписываются в основной столбец в порядке убывания вероятностей.

2. Две последние буквы, с наименьшими вероятностями, объединяют в одну и приписывают ей суммарную вероятность объединяемых букв.

3. Буквы алфавита сортируются заново.

4. Операции 1-3 повторяются.

Процесс повторяется до тех пор, пока не получим единственную букву с вероятностью равной 1.

Таблица 6.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Комбинации | Вероятности | Вспомогательные столбцы | | | | | | |
|  |  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 000 | 0,729 | 0,729 | 0,729 | 0,729 | 0,729 | 0,729 | 0,729 | 1 |
| 001 | 0,081 | 0,081 | 0,081 | 0,081 | 0,109 | 0,162 | 0,271 |  |
| 010 | 0,081 | 0,081 | 0,081 | 0,081 | 0,081 | 0,109 |  |  |
| 100 | 0,081 | 0,081 | 0,081 | 0,081 | 0,081 |  |  |  |
| 011 | 0,009 | 0,01 | 0,018 | 0,028 |  |  |  |  |
| 101 | 0,009 | 0,009 | 0,01 |  |  |  |  |  |
| 110 | 0,009 | 0,009 |  |  |  |  |  |  |
| 111 | 0,001 |  |  |  |  |  |  |  |

Согласно таблице 6.1. строим граф кодового дерева по следующему правилу:

Из точки с вероятностью "1" направляем две ветви. Ветви с большей вероятностью приписываем 1 и откладываем влево, а ветви с меньшей вероятностью приписываем 0 и откладываем вправо. Такое последовательное ветвление продолжим до тех пор, пока не дойдем до вероятности каждой отдельной буквы. Кодовое дерево изображено на рисунке 6.1. Теперь двигаясь по кодовому дереву с верху вниз можно для каждой буквы записать новую кодовую комбинацию.

1

1

1

1

1

1

1

0

0

0

0

0

0

0

0,729

0,081

0,081

0,009

0,162

0,271

0,081

0,009

0,018

0,01

0,028

0,109

0,001

0,009

А3

А2

А1

А4

А5

А6

А7

А8

### Рисунок 6.1 Граф кодового дерева.

Получили новые кодовые комбинации:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 |
| 1 | 011 | 010 | 001 | 00011 | 00010 | 00001 | 00000 |

Определим среднюю длину кодовых комбинаций.



 где n-количество разрядов кодовой комбинации

р - вероятность

Т - длительность импульса





Производительность источника находится по формуле:



Статистическое кодирование прямая противоположность помехоустойчивому кодированию. При помехоустойчивом кодировании увеличивается избыточность за счет введения дополнительных элементов в кодовые комбинации. При статистическом кодировании наоборот, уменьшается избыточность, благодаря чему повышается производительность источника сообщений.

# 7. Пропускная способность

Пропускная способность канала характеризует потенциальные возможности передачи информации. Пропускная способность канала при применении наилучших способов передачи и приема (выбор типа сигналов, их полная известность на приеме, применение оптимальных методов приема, постоянство характеристик передачи канала и отсутствие искажений, наличие только белого шума, применение лучших способов кодирования, согласование производительности источника информации с пропускной способностью канала) измеряется в битах в секунду (бит/с) и определяется известной формулой Шеннона.



где Fк - ширина полосы пропускания канала, Гц;

Рс – средняя мощность сигнала, Вт;

Рш - средняя мощность шума, Вт.

Это выражение дает верхний, физически недостижимый предел для скорости передачи информации, так как при его выводе сделана предпосылка об идеальном помехоустойчивом кодировании, требующем для своей реализации бесконечно большого времени и, следовательно, приводящем к бесконечно большому времени передачи информации.

Шеннон также показал, что сообщения всякого дискретного источника могут быть закодированы сигналами z (t) на входе канала и восстановлены по сигналам на выходе канала z ‘(t) с вероятностью ошибки, сколь угодно близкой к нулю при H’(x)<C, а при H’(x)>C это невозможно. Здесь H’(x) – производительность источника с заданнной скоростью или производительность передатчика для управляемого источника. Следовательно, для того, чтобы система передачи дискретной информации была экономична ( эффективна ), необходимо согласовать источник сообщения с каналом. Поскольку производительность источника информации H’ бывает обычно задана, то наибольший интерес представляет два случая : H’(x)<= С и H’(x)< С. В первом случае передатчик и приемник могут быть весьма простыми, а следовательно, и дешевыми, так как при большом превышении пропускной способностью канала произволительности источника можно ограничиться самыми простыми методами передачи (кодирование, модуляция ) и приема (решающие схемы ) и получить достаточную верность. Однако при этом используется весьма дорогой канал, так как широкая полоса частот или высокое отношение сигнал/шум покупаются дорогой ценой.

Во втором случае может быть использован более дешевый канал с меньшей пропускной способностью, но требуются более совершенные методы передачи и приема, т. е. более дорогие передатчик и приемник. Из вышеизложенного следует, что должно существовать оптимальное соотношение С и H’, при котором суммарная стоимость системы передачи дискретной информации оказывается минимальной. При определении этого минимума следует учитывать, что, во-первых, с развитием электронной техники стоимость приемопередатчиков снижается быстрее, чем стоимость каналов связи, т.е. со временем отношение С/ H’ уменьшается.



Таким образом, пропускная способность для непрерывного и ИКМ каналов равна

Как сказано выше, пропускная способность канала должна превышать производительность источника т.е.



В данном случае пропускная способность канала больше производительности источника, что позволяет сделать вывод: рассчитанный канал удовлетворяет условию Шеннона и может реально использоваться для передачи аналоговых и цифровых сигналов

# 8. Помехоустойчивое кодирование

Обеспечение верности информации, передаваемой из пункта в пункт, а также при записи считывании в системах телемеханики, связи и передаче данных и в других информационных системах является одной из основных задач, решаемых при создании и эксплуатации этих систем.

Если канал передачи информации включает в себя решающее устройство, которое при больших значениях помех может давать ошибочные решения, то такой канал является дискретным с ошибками. Критерием оценки качества передачи в этих случаях служит вероятность ошибочной передачи, при поэлементном приеме – вероятность ошибки при приеме одного элемента ре и распределение ее во времени.

Одно из основных достижений теории информации – доказательство возможности практически безошибочной передачи сообщений по каналам, в которых отдельные элементы сообщений передаются с ошибками. Средством достижения этой возможности является введение избыточности кодированием, обеспечивающим выполнение условия Н<С за счет снижения скорости передачи по каналу. Такое кодирование называют помехоустойчивым.

Классификация кодов (помехоустойчивых):

1. По основанию кода m. Наиболее простые – двоичные (бинарные); m=2.

2. Блочные и непрерывные. Блочные – последовательность элементарных сообщений источника разбивается на отрезки, каждый из них преобразуется в последовательность (блок) кодовых импульсов. В непрерывных кодах последовательность кодовых символов не распределяется на кодовые комбинации: в процессе кодирования символы определяются всей последовательностью элементов сообщения..

3. Блочные бывают: равномерными и неравномерными. В равномерных кодах каждый блок содержит одинаковое количество разрядов.

4. Блочные равномерные бывают: линейными и нелинейными.

Способность системы связи обеспечивать верную передачу при наличии помех в цепях и каналах называют помехоустойчивостью. Помехоустойчивость системы повышается при применении более совершенных способов преобразование сигналов и помехоустойчивого кодирования.

Последовательности, используемые при кодировании, называются разрешенными кодовыми комбинациями, а все другие последовательности – запрещенными. На вход канала поступают только разрешенные комбинации. Если при передачи кодовой комбинации помехи не вызовут ошибок. То на выходе канала возникает та же разрешенная комбинация. Если же один или несколько символов принимается ошибочно, то на входе канала может возникнуть одна из запрещенных комбинаций.

Таким образом. Если комбинация на выходе оказывается запрещенной, то это указывает на то, что при передаче возникла ошибка. Отсюда видно, что избыточный код позволяет обнаружить, в каких принятых кодовых комбинациях имеются ошибочные символы. Безусловно, не все ошибки могут быть обнаружены. Существует вероятность того, что, несмотря на возникшие ошибки, принятая последовательность кодовых символов окажется разрешенной комбинацией (но не той, которая передавалась). Однако при разумном выборе кода вероятность необнаруженной ошибки (т.е. ошибки, которая переводит разрешенную комбинацию в другую разрешенную комбинацию) может быть сделана очень малой.

Эффективность помехоустойчивого кода возрастает при увеличении его длины. Так как вероятность ошибочного декодирования уменьшается при увеличении длины кодируемого сообщения.

Основное направление теории помехоустойчивого кодирования заключается в поисках таких классов кодов, для которых кодирование и декодирование осуществляется не перебором таблицы, а с помощью некоторых регулярных правил, определенных алгебраической структурой кодовых комбинаций. Один из таких классов представляют линейные коды, которые, в свою очередь, содержат, различные подклассы кодов, отличающиеся теми или иными свойствами. Некоторые из них позволяют существенно упростить построение кодера и декодера.

Ранее в курсовой работе было определено, что рассчитываемый канал связи позволяет передавать кодовую комбинацию до 58 разрядов.

Исправление ошибок кодом возможно только тогда, когда переданная разрешенная комбинация переходит в запрещенную. При этом вероятность неисправления ошибки находится по следующей формуле [7]:



где р(t,n) – вероятность t-ой ошибки в n-разрядной кодовой комбинации.

Определим вероятность не обнаружения однократной ошибки при n = k + r =11, где k = 7 – число информационных разрядов, r = 4 – число проверочных разрядов.



Вероятность неисправления ошибки получилась маленькой, а это говорит о том, что помехоустойчивое кодирование даёт выигрыш.

**Заключение**

В данной курсовой работе был рассчитана система связи, по полученным результатам можно сделать вывод, что данная система имеет неплохие характеристики.

Современная теория передачи сообщений позволяет достаточно полно оценить различные системы связи по их помехоустойчивости и эффективности и тем самым определить, какие из этих систем являются наиболее перспективными. Теория достаточно четко указывает не только возможности совершенствования существующих систем связи, но и пути создания новых, более совершенных систем.

Также улучшение качества передачи может осуществляться при помощи новейших средств связи.

Дальнейшее повышение эффективности системы связи возможно при применении следующих способов передачи и обработки сигналов:

* разнесённый приём – передача одной и той же информации по параллельным каналам;
* приём в целом – демодулятор строится сразу на всё кодовое слово, что позволяет в сравнении с посимвольным приёмом, повысить верность (для коротких кодов);
* обратная связь – система с решающей обратной связью является примером согласованного подхода к кодированию и модуляции с учётом свойств канала связи;
* адаптивная коррекция – осуществление адоптивной коррекции характеристики канала позволяет повысить скорость передачи информации за счёт ослабления межсимвольных искажений;
* эффективное кодирование источника – кодирование источника со сжатием данных позволяет сократить избыточность сигналов и тем самым повысить эффективность СПИ.

В связи с бурным развитием вычислительной техники в системах передачи находят, и будут находить все более широкое применение цифровые методы формирования и обработки сигналов.

Вполне очевидно, что все более важную роль будут играть спутниковые системы связи, управления и навигации, а также оптико-волоконная техника. Именно спутниковые системы связи и управления, а также волоконно-оптические линии связи должны открыть новую эпоху в развитии систем передачи разнообразной информации.

**Литература**

1. Кловский Д.Д. Теория передачи сигналов. – М.: Связь. 1973
2. Зюко А.Г. и др. Теория передачи сигналов. Учебник для вузов. –М.: Радио и связь 1986.
3. Зюко А.Г., Коробов. Ю.Ф. Теория передачи сигналов. – М.: Связь, 1972
4. Дальняя связь. Под ред. А. М .Зинчеренко –М .: "Связь", 1970
5. Дальняя связь. Под ред. В. Н .Листова –М .: "Транспорт", 1964
6. Конспект лекций по ТЭС. - Хабаровск:2000
7. В. П. Шувалов, В.О. Шварцман и др. Передача дискретных сообщений-

М.: "Радио и связь", 1990

1. В.О. Шварцман, Г.А. Емельянов. Теория передачи дискретной информации. М.: Связь 1979
2. Радиотехнические системы передачи информации. Под редакцией В.В. Калмыкова. М.: Радио и связь, 1990.