# Санкт-петербургский государственный

# университет телекоммуникаций

# им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

**ПО КУРСУ ТЭС**

**выполнил:**

#### студент гр. Р-78

**Попов Е.А.**

**проверил:**

**Куликов**

**Санкт-Петербург**

**2000 г.**

# Задание на курсову

# работу

Рассчитать основные характеристики системы передачи сообщений /рис.1/, включающий в себя источник сообщений /ИС/, дискретизатор /Д/, кодирующее устройство /КОД/, модулятор /МОД/, канал связи /КС/, демодулятор /ДЕМ/, декодер /ДЕК/, и фильтр восстановитель /ФВ/.

Д

КОД

МОД

КС

ДЕМ

ДЕК

ФВ

ИС

Рис.1: Структурная схема системы связи.

# Исходные данные

Вариант №88

amin (B) 0

amax (B) 25.6

Fв (Гц) 6\*106

## J 195

Вид модуляции ЧМ

Go (B2/Гц) 4.82\*10-10

Способ приёма оптимальная когерентная обработка сигнала

# 1. Источник Сообщений

Источник выдаёт сообщение a(t), представляющее собой непрерывный стационарный случайный процесс, мгновенные значения которого в интервале от amin до amax равновероятны, а основная доля мощности сосредоточенна в полосе частот от 0 до Fв.

**1.1 Аналитическое выражение и график одномерного закона распределения (плотности вероятности) W(a) мгновенных значений случайного процесса.**

Аналитическое выражение для плотности вероятности W(a) имеет вид:

1/(amax-amin), при amin<а<amax

W(a)=

0 , при amin>а>amax

Т.к. мгновенные значения случайного процесса a(t) в заданном интервале

(0..25.6)(В) равновероятны, то W(a)=const.

**График W(a) W(a)**

1/25.6 , 0<a<25.6

1/25,6 W(a)=

0

0 25.6 **a**

**1.2 Математическое ожидание M и дисперсия D процесса a(t)**

25.6

25.6

0

=12.8



= 54.6

0

# 2. Дискретизатор

Дискретизатор осуществляет квантование сообщения a(t) по времени и по уровню с равномерным шагом. Шаг квантования Δa=0.1 В.

**2.1 Расчёт шага квантования по времени (Δt).**

Согласно теореме Котельникова: Δt=1/2Fв

Δt=1/(2\*6\*106) Δt=(1/12) \*10-6 сек.

**2.2 Расчёт числа уровней квантования по уровню (L).**



Число уровней квантования при равномерном шаге определяется как частное от деления размаха (amax-amin) сигнала на шаг квантования (Δa).

**2.3 Расчёт относительной мощности шума квантования (Pотн).**

Pотн определяется как отношение средней мощности шума квантования (Pш.к.) к средней мощности сигнала (дисперсия).



Pотн=Pш.к./D, где , где W(ε) - закон распределения шума в интервале (aj-Δa/2<ε<aj+Δa/2 )

 W(ε) = const



Ротн=



2.4 Расчёт энтропии (H) и производительности (H`) дискретизатора. (Дискретизатор рассматривается как дискретный источник информации с объёмом алфавита L; отчёты, взятые через Δt, независимы).

Если сообщения передаются независимо друг от друга с различной вероятностью P(aj), то энтропия находится по формуле:

 , где P(aj)=1/L=const P(aj)=1/256

Производительность источника есть суммарная энтропия сообщений, переданная за единицу времени:

H`(a)=H(a)/Δt=8\*12\*106=96\*106 (бит/с)

**3. кодер**

Кодер осуществляет кодирование сообщения. Кодирование происходит в два этапа. На 1-м этапе производится безизбыточное (примитивное) кодирование каждого уровня квантованного сообщения a(ti) k-разрядным равномерным двоичным кодом. На 2-м этапе к полученной k-разрядной двоичной кодовой последовательности добавляется один проверочный символ получаемый путём сложения по модулю 2 всех информационных символов кода. В результате на выходе кодера формируется синхронная двоичная случайная последовательность b(t) (синхронный телеграфный сигнал), состоящая из последовательности биполярных импульсов единичной высоты, причём положительные импульсы соответствуют нулевым символам кодовой комбинации, а отрицательные – единичным.

**3.1 Расчёт минимального значения разрядности кода (k) необходимого для кодирования всех L уровней квантованного сообщения a(ti).**

k=logmL=log2256=8

**3.2 Расчёт избыточности кода с одной проверкой на чётность (Pk).**

Рк=1-к/n=1-8/9=1/9

(где n=9-количество символов в коде с одной проверкой на чётность)

**3.3 Расчёт двоичной кодовой комбинации, соответствующей передаче aj-го уровня сигнала. (aj- му уровню сигнала сопоставляется двоичная кодовая комбинация, представляющая собой запись числа j в двоичной системе счисления)**

j=195 j(2)=11000011

****определим проверочный символ:

(mod 2)=0

1 1 0 0 0 0 1 1 0

информационные символы проверочный символ

**3.4 Расчёт числа двоичных символов, выдаваемых кодером в секунду (Vk), и длительности двоичного символа (T).**

Vk=n/Δt=(k+1)/Δt=9\*12\*106=108\*106

T=1/Vk=(1/108)\*10-6 (c)

**4. модулятор**

В модуляторе синхронная двоичная случайная последовательность биполярных импульсов b(t) осуществляет манипуляцию гармонического переносчика

 (Uo=1B, ƒo=100\*Vk). Вид модуляции ЧМ

**4.1 Временные диаграммы модулирующего b(t) и манипулированного S(t) сигналов, соответствующие передаче**

**aj-го уровня сообщения a(t).**

При ЧМ:S1(t)=Uc\*cos(2\*\*f0-f\*t) S2(t)=Uc\*cos(2\*\*f0+f\*t)

**4.2 Выражение и график корреляционной функции модулирующего сигнала b(t)-Bb(τ).**

U2\*(1-|τ|/T), |τ|<T где T – тактовый интервал

Bb(τ)= T=(1/108)\*10-6, с

0, |τ|>T

Bb(τ), В2

1

-Т 0 Т τ, с

**4.3 Выражение и график спектральной плотности мощности модулирующего сигнала b(t)->Gb(f).**

Учитывая, что функция корреляции чётная, спектральную плотность мощности можно найти по формуле:

**4.4 Расчёт ус****ловной ширины энергетического спектра модулирующего сигнала ΔFв.**

ΔFв

ΔFв=α\*Vk, где α=1..3 , α=2

ΔFв=2\*108\*106=216\*106 Гц

**4.5 Запись аналитического выражения для модулированного сигнала S(t)=F[b(t)].**

“0”-(b(t)=1) S1(t)= Uc\*cos(2\*\*f0-f\*t)

“1”-(b(t)=-1) S2(t)= Uc\*cos(2\*\*f0+f\*t)

S(t)=Uc\*cos(2\*\*(f0+f(b(t))\*t)

**4.6 Выражение и график энергетического спектра модулированного сигнала Gs(f).**

 (при к=2)

**4.7 Расчёт условной ширины энергетического спектра модулированного сигнала (ΔFs).**

ΔFs=2ΔFв+2\*Δf=4/T+2\*k/T=8/T ΔFs =8.64\*108Гц

**5. Канал Связи**

Передача сигналов S(t) осуществляется по неискажающему каналу с постоянными параметрами и аддитивной флуктуационной помехой n(t) с равномерным энергетическим спектром Go /”белый шум”/. Сигнал на выходе такого канала можно записать следующим образом:

Z(t)=μ S(t)+n(t) /примем μ=1/

**5.1 Расчёт мощности шума Рш в полосе частот Fк=ΔFs.**

Fk=ΔFs=8.64\*108 (Гц), Go=4.82\*10-10 (В2/Гц)

Рш=Go\*Fk=8.64\*4.82\*10-10\*108=0,416 (B2)

**5.2 Расчёт отношение Рс/Рш средней мощности сигнала Рс к мощности шума Рш.**

Для двоичных равновероятностных сигналов S1(t) и S2(t) их средняя мощность равна: Ро=(*Е*1+*Е*2)/2Т , где



* энергия сигналов S1(t) и S2(t);

T – длительность сигналов.



Т.к. второе слагаемое равно нулю то Е1=(1/2)\*Uo2\*T

Аналогично получим выражение для Е2 (Е1=Е2); таким образом:



=0.5 В2

Рс/Рш=1/(2\*0,416)=1.2

**5.3 Расчёт по формуле Шеннона пропускной способности канала C в полосе Fк.**

С=Fк\*log2(1+(Pc/Рш))=Fк\*log2(1+1.2)=9.83 \*108 (бит/с)

**5.4 Определение эффективности использования пропускной способности канала Кс, которая определяется как отношение производительности источника Н` к пропускной способности канала С.**

Кс=Н`/С=(96\*106)/(9.83 \*108)=0.1

**6. ДЕМОДУЛЯТОР**

Демодулятор осуществляет оптимальную по критерию максимального правдоподобия не когерентную обработку принимаемого сигнала Z(t)=S(t)+n(t).

**6.1 Запись правила решения демодулятора, оптимального по критерию максимального правдоподобия.**

Пусть в интервале времени [0,T] на вход демодулятора приходит некоторый элемент сигнала. Правило решения для критерия идеального наблюдателя в случае двоичной системы имеет вид:

P(1)\*W(Z|1)>P(0)\*W(Z|0)

при выполнении которого регистрируется символ “1”, в противном случае “0”.

**6.2 Структурная схема и запись алгоритма работы оптимального демодулятора для ЧМ и оптимальной когерентной обработки сигнала.**

Алгоритм, соответствующий работе оптимального демодулятора следующий:



Т.е. при выполнении приведенного условия считается что пришёл сигнал Si(t), в противном случае принят сигнал Sj(t).

- Структурная схема оптимального когерентного демодулятора -

b1



РУ

-

X

0.5E1

S1(t)



-

X

0.5E2

S2(t)

**6.3 Вычислить вероятность ошибки Р оптимального демодулятора.**

Вероятность ошибки Р оптимального демодулятора определяется следующим выражением:P=0.5\*(1-Ф(x))



=E1 +E2=2\*E

X=

=

2.19

Ф(x)=0.98574

P=0.5\*(1-0.98574)=0.00713

**6.4 Определить, как нужно изменить энергию сигнала (Еэ), чтобы при других видах модуляции и заданном способе приёма обеспечить вычисленное в п.3 значение вероятности ошибки Р.**

При АМ h2=E/2Go /Еэ=2Е/

при ФМ h2=2E/Go /Еэ=0.5Е/

, где Е – энергия исходного сигнала.

**7. декодер**

Декодер осуществляет процесс декодирования. Процесс происходит в два этапа:

1. Обнаружение ошибок в кодовой комбинации.
2. Если ошибок нет, то из принятой кодовой посылки выделяются k информационных символов, а затем к - разрядный двоичный код преобразуется в импульс, высота которого равна квантованному уровню переданного сообщения.

В случае обнаружения ошибки исправляется наиболее ненадёжный символ. Информация о степени надёжности поступает в декодер из демодулятора.

**7.1 Оценка обнаруживающей qo и исправляющей qu способности кода (n,n-1) с одной проверкой на чётность.**

Обнаруживающая и исправляющая способность кодов определяется dmin – минимальным расстоянием по Хеммингу между кодовыми комбинациями.

dmin определяется минимальным весом по всем кодовым комбинациям, в нашем случае dmin=2 /одна проверка на чётность/.

В общем случае: qo<dmin; qu<dmin/2

следовательно, qo=1; qu=0, т.е. данный код позволяет лишь обнаружить ошибку, но не исправить её.

**7.2 Алгоритм обнаружения ошибок.**

Код с одной проверкой на чётность получается из примитивного кода добавлением в его конец проверочного символа, который определяется результатом побитного сложения элементов кода по модулю 2. Т.е. указывает чётное или нечётное кол-во единиц в примитивном коде. Если в процессе декодирования выясняется несовпадение, то принятая кодовая последовательность считается ошибочной.

**7.3 Расчёт вероятности необнаруженной ошибки Рн.**

При использовании кодирования с одной проверкой на чётность вероятность необнаруженной ошибки складывается из вероятности появления 2-х ошибок, 4-х, 6-и, 8-и ошибок. Также появление 2-х ошибок возможно в нескольких вариантах: 1 и 2-й символы приняты ошибочно, 1 и 3-й, 2 и 4-й и т.д. Также, в симметричном канале без памяти вероятность приёма символа b^j, если передавался символ bi (i≠j), равна p/(m-1), где m-основание кода (m=2). Таким образом, вероятность получения на выходе канала комбинации b^j ,если передавалась комбинация bi , равна:

P(b^j | b^i )=[p/(m-1)]d(i;j)(1-p)n-d(i;j)

где n - число символов в коде, d(i;j) - расстояние Хемминга между bi и bj

Следовательно, в нашем случае, аналитическая запись для расчёта необнаруженной ошибки будет иметь вид:

2 2 n-2 m

Рн.о.=С\*Р\*(1-Р) n=9 C=n!/m!\*(n-m)! Р=0.00713

n n

Pн.о.=1.741 \*10-3

**8. ФИЛЬТР-ВОССТАНОВИТЕЛЬ**

Фильтр-восстановитель представляет собой фильтр нижних частот с частотой среза Fср.

**8.1 Расчёт Fср.**

Согласно т. Котельникова, для восстановления аналогового сигнала без искажений следует применять фильтр восстановитель с частотой среза равной верхней частоте исходного сигнала, т.е. Fср=Fв=6\*106 Гц.

**8.2 Графики АЧХ и ФЧХ идеального фильтра восстановителя.**

H(jw)

θ(w)

1

0

w, Гц

w, Гц

wср=2πFср

1, 0<w<2πFср

АЧХ: |H(jw)|=

0, w>Fср

ФЧХ: θ(w)=-wt

**8.3 Импульсная реакция g(t) идеального фильтра-восстановителя.**





**Список используемой литературы:**

1. "Теория передачи сигналов", А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, М.В. Назаров, Л.М. Финк; М. Радио и связь, 1986г.
2. "Методические указания к курсовой работе по дисциплинам "Теория электрической связи" и "Радиотехнические цепи и сигналы"".

Г.И. Смирнов; ЛЭИС.-Л.,1991г.

1. "Интеграл вероятностей", А.К. Митропольский; Лен. Университет 1972г.