МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение   
высшего профессионального образования

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ   
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

КАФЕДРА №52

ОТЧЕТ   
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| кандидат технических наук, доцент |  |  |  | А.Н.Трофимов |
| должность, уч. степень, звание |  | подпись, дата |  | инициалы, фамилия |

|  |
| --- |
| ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ |
| МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПРИЁМНИКА ДИСКРЕТНЫХ  СИГНАЛОВ В КАНАЛЕ С АБГШ |
| по курсу: ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СВЯЗИ |
|  |
|  |

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| СТУДЕНТ ГР. | 5721 |  |  |  | А.Е.Ковалева |
|  |  |  | подпись, дата |  | инициалы, фамилия |

Санкт-Петербург 2019

**Цель лабораторной работы**

Промоделировать работу приёмника дискретных сигналов в канале с аддитивным белым гауссовским шумом.

Вариант – II фазовая модуляция (ФМ), задание 1.

* = 1200 Гц – несущая частота;
* = 600 Бод – модуляционная скорость;
* = 600 бит/с. – информационная скорость.

**1 Правило оптимального приёма**

Пусть  – множество сигналов, используемых для передачи и заданных на интервале ,

где .

 , ( в моем случае ) – априорное распределение, заданное на этом множестве, где .

Далее будем полагать, что все сигналы передаются равновероятно, тогда вероятность передачи i-го сигнала  для всех .

Сигнал на выходе канала с аддитивным белым гауссовским шумом (АБГШ) имеет вид ,

где ,  – АБГШ со спектральной плотностью .

Задача приёмника состоит в определении номера переданного сигнала по принятому сигналу  .

Пусть  – решение принятое приёмником относительно номера переданного сигнала, . При этом возможно, что решение приёмника будет ошибочным, то есть .

Оптимально построенный приёмник обеспечивает наименьшую вероятность ошибки .

Выберем базис ,для представления сигналов.

Тогда вместо множества сигналов можно рассматривать множество D-мерных вещественных сигнальных векторов (сигнальных точек) , и  , а именно – скалярное произведение i-го сигнала и j-ой базисной функции, где  и .

**2 Построение принятого сигнала**

Для фазовой модуляции имеются базисные функции  и .

Так как размерность сигнального пространства D = 1, следовательно берется только одна ортонормированная функция .

При помощи данной функции можно разложить принятый сигнал , , где .

Следовательно разложение принятого сигнала r(t) по базисным функциям  имеет вид.

Подставив D=1, j=1 получаем , .

Очевидно, что r = s + n, где и , а именно .

Равенство r = s + n представляет собой конечномерное представление равенства .

Случайные величины независимы между собой и имеют гауссовское распределение с нулевым математическим ожиданием, поскольку шум имеет нулевое среднее, и дисперсией .

То есть, . Подставив j и D получаем: 

Эти свойства следуют из свойств белого гауссовского шума.

**3 Определение решающего правила**

Так как сигналы передаются равномерно, то оптимальное решающее правило задаётся правилом максимального правдоподобия, то есть , где - решение, принятое приемником относительно номера переданного сигнала, .

Так как плотности вероятности D-мерного пространства вектора r имеют вид где – постоянный множитель,- евклидово расстояние между точками  и в  ( – обозначение D-мерного евклидова пространства), которое вычисляется при как.

Для сигналов, которые передаются равновероятно, оптимальное решающее правило задается правилом максимального правдоподобия можно представить в эквивалентной форме , которое означает, что в канале с АБГШ при равномерном использовании сигналов оптимальное решение принимается по критерию минимума евклидова расстояния.

**4 Моделирование передачи по каналу и оптимального приёма**

1. Выберем случайный номер сигнала , , а именно 

2. На выходе получаем сигнал, где  − АБГШ.

3. Для принятого сигнала с использованием данных базисных функций получим , а именно .

4. По правилу максимального правдоподобия определим .

5. Сравним выбранный сигнал с сигналом, полученным на выходе канала.

Данные действия повторяем многократно и затем оцениваем вероятность ошибки.   
При большом числе испытаний эта оценка должна быть близка к истинной вероятности ошибки или к её верхней границе.

Указанные шаги выполняются для - набора значений отношения сигнал шум.

Для сравнения рассчитаем теоретическую вероятность ошибки для данного диапазона отношений сигнал шум по формуле:

так как q=2 , то в этом случае вероятность ошибки вычисляется точно , а граница дает оценку . Где , .

Исходными данными для моделирования являются следующие:

– набор значений отношения сигнал шум,

,  – сигнальное множество ,

,  следовательно – функциональный базис ,

,– описание решающих областей .

**Промоделировав работу приёмника, получили следующие данные:**



Рисунок 1 - Облако рассеивания



Рисунок 2 - График теоретической (чёрная линия) и практической (красная линия) вероятностей ошибок от значения отношения сигнал шум

|  |
| --- |
|  |
|  |
|  |

**Вывод**

В данной лабораторной работе был промоделирован канал с АБГШ.

Был разработан приёмник, реализующий алгоритм оптимального приёма.

Было построено облако рассеивания.

Была рассчитана теоретическая вероятность ошибки для разных значений отношения сигнал шум. Для тех же значений отношения сигнал шум, были сосчитаны практические значения вероятности ошибки.

Так как был рассмотрен случай ФМ 2, для которого q=2, то в этом случае Так как q=2 , то в этом случае вероятность ошибки вычисляется точно , а граница дает оценку .

Листинг программы

%Генератор сигналов

SNRdB = 1:10;

Pe=zeros(1,length(SNRdB));

SNRdBtheor = 1:10;

SNRtheor = 10.^(SNRdBtheor/10);

Petheor = qfunc(sqrt(2\*SNRtheor));

nErrMax = 30;

for nSNR = 1:length(SNRdB))

nErr = 0;

nRun = 0;

SNR = 10^(SNRdB(nSNR)/10); %Y

sigma2=(sum(sum(s1.^2)))/(q\*2\*SNR);

sigma=sqrt(sigma2);

while nErr < nErrMax

i = floor(q\*rand)+1;

r = s(i,:)+sigma\*randn(1,length(t));

r1 = sum(r.\*baz1);

for index = 1:q

if(r1<0)

resi=2 ;

if 20 < nRun && nRun < 100

plot(r1,'red.','MarkerSize',5);

title('Облако рассеивания');

end

else

resi=1;

if 20 < nRun && nRun < 100

plot(r1,'b.','MarkerSize',5);

title('Облако рассеивания');

end

end

end

if resi~=i

nErr = nErr + 1;

end

nRun = nRun + 1;

end

disp([SNRdB(nSNR),nErr,nErrMax,nRun]);

Pe(nSNR)=nErr/nRun;

end

figure(2);

axis('square');

semilogy(SNRdBtheor,Petheor,'black',SNRdB,Pe,'red.-','MarkerSize',10);

xlabel('SNRdB')

ylabel('Pe')

hold on;

grid on;