

Цель работы:

Разработать и отладить программу с использованием алгоритма моделирования оптимального приемника с белым гауссовским шумом.

1. Задание:

Вариант № 6. Квадратурная амплитудная модуляция (КАМ).

Параметры: несущая частота $f_0 = 1800$ Гц, модуляционная скорость $V_{mod} = 1200$ Бод, информационная скорость $V_{inf} = 4800$ бит/с.

2. Порядок выполнения работы

2.1 Построенные ранее и необходимые для моделирования объекты

Для моделирования оптимального приемника используются:

базис размерности $D = 2$:

$$\begin{aligned}\varphi_1(t) &= \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{T}} \cos 2\pi f_0 t, & 0 < t < T, \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases} \\ \varphi_2(t) &= \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{T}} \sin 2\pi f_0 t, & 0 < t < T, \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases} \end{aligned} \quad (1.1)$$

Вероятность ошибки для сигналов КАМ:

$$P_e = \frac{4(\sqrt{q}-1)}{q} Q\left(\sqrt{\frac{3E}{N_0} \frac{1}{q-1}}\right) \left(\sqrt{q} - (\sqrt{q}-1) Q\left(\sqrt{\frac{3E}{N_0} \frac{1}{q-1}}\right) \right) \quad (1.2)$$

Решающие области с сигнальным созвездием:

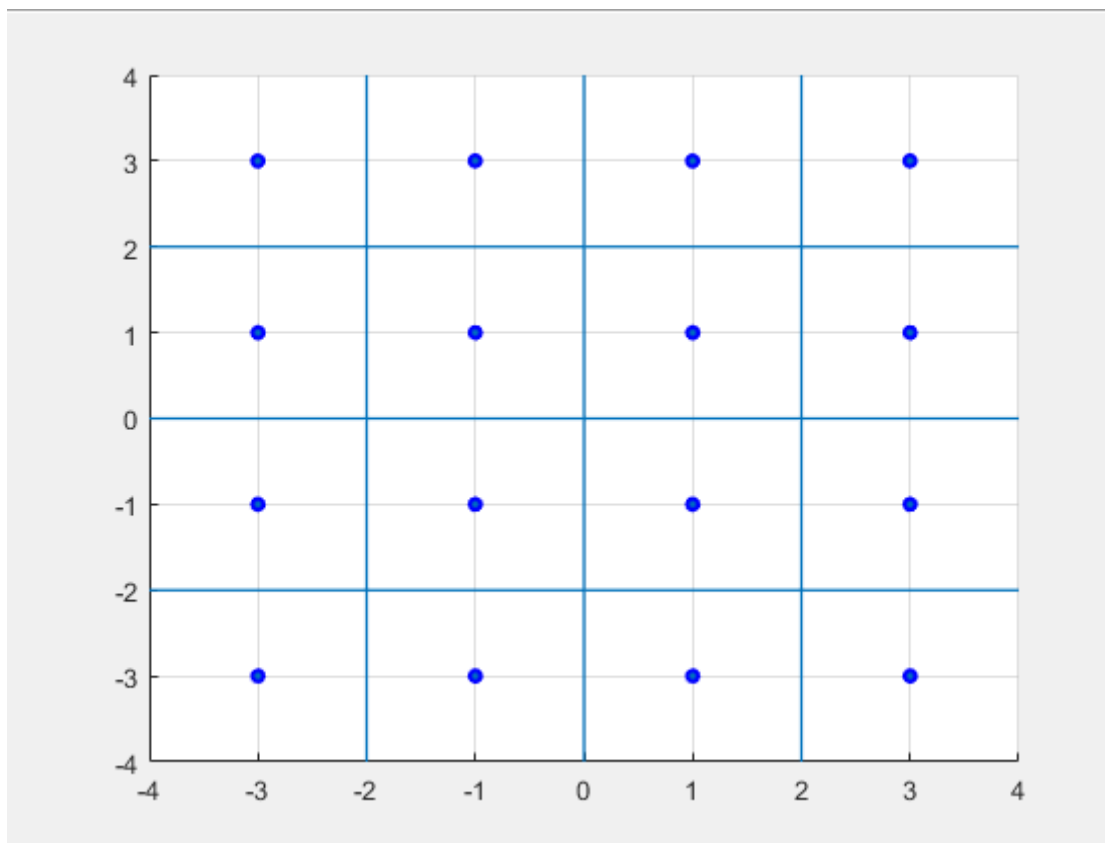


Рисунок 1. Сигнальные точки и решающие области

2.2 Графики данных, полученных с помощью моделирования

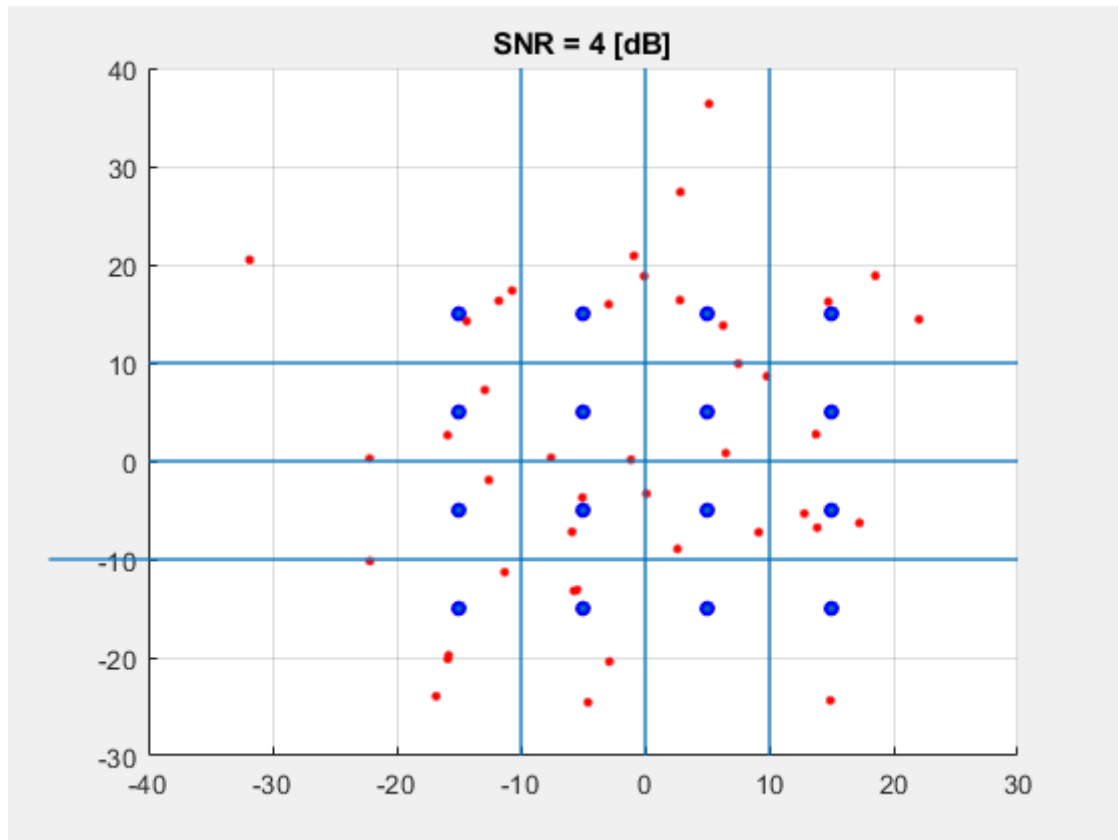


Рисунок 2. Результат моделирования для отношения сигнал/шум равным 4

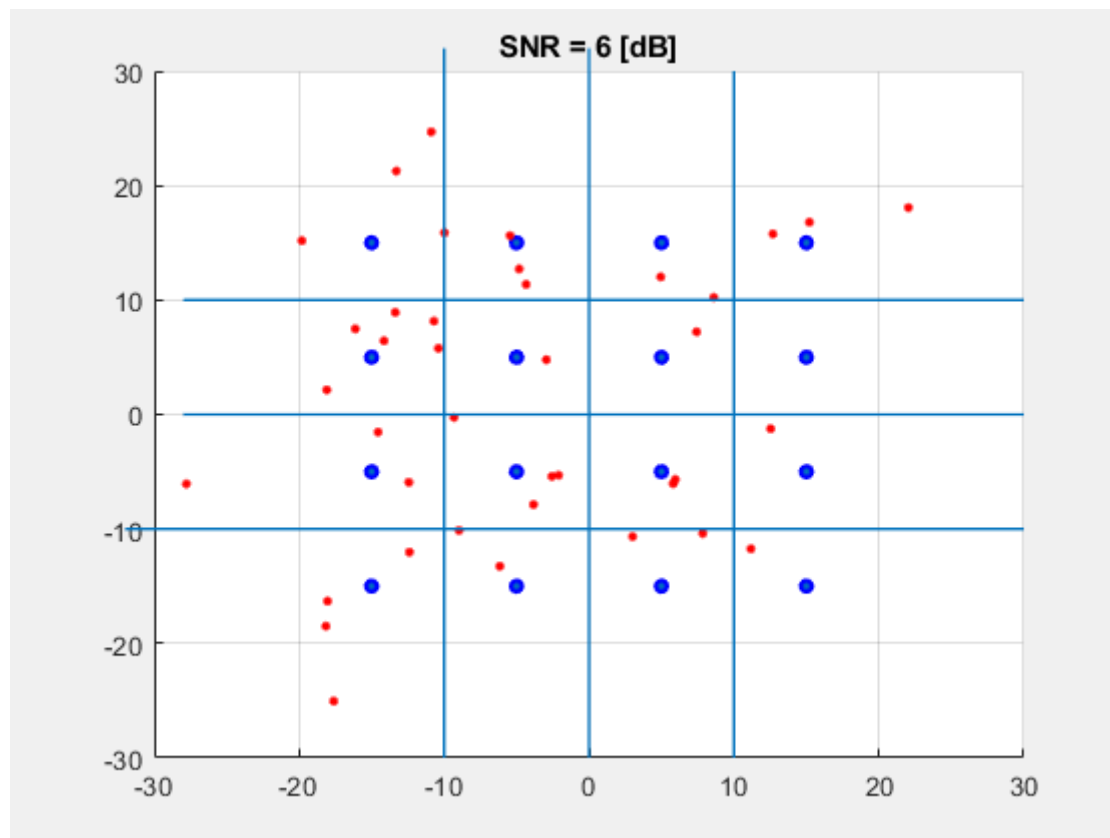


Рисунок 3. Результат моделирования для отношения сигнал/шум равным 6

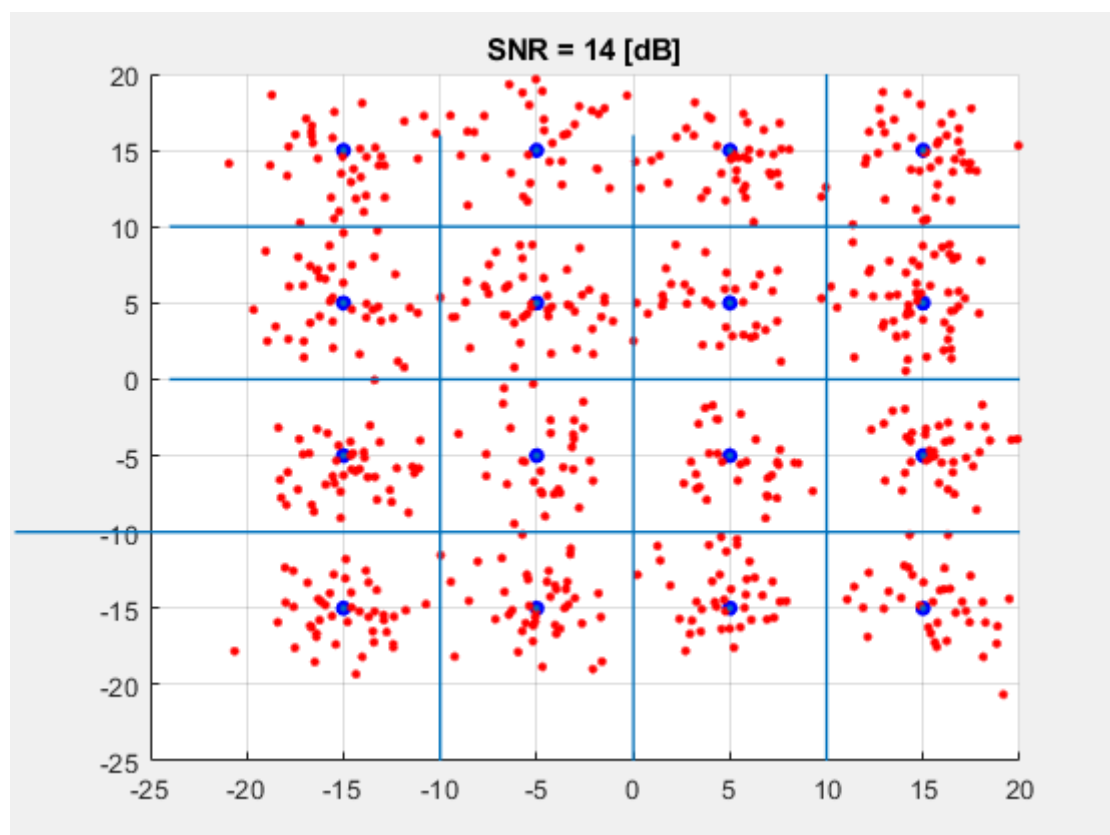


Рисунок 4. Результат моделирования для отношения сигнал/шум равным 14

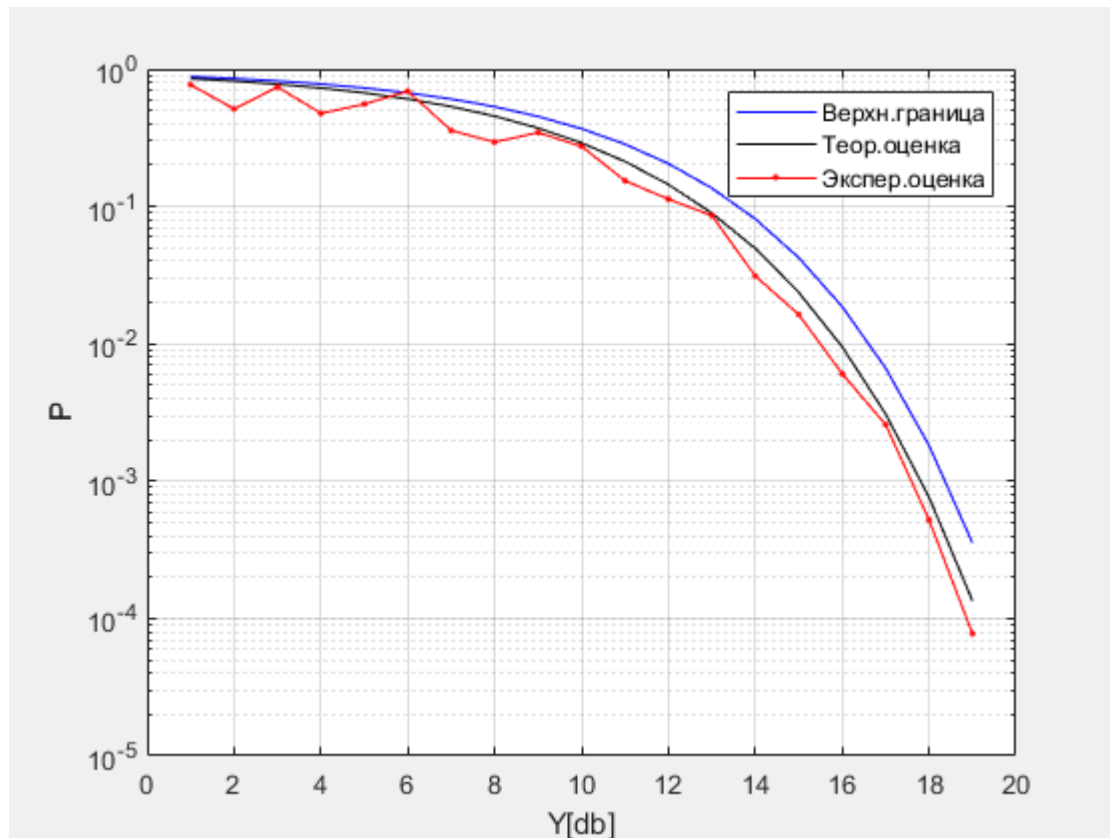


Рисунок 5. Полученная вероятность ошибки при моделировании

Вывод

В ходе данной лабораторной работы было выполнено моделирование оптимального приемника и были построены графики для нескольких значений отношения сигнал/шум и значений вероятности ошибки. При увеличении SNR вероятность ошибки уменьшается.

Листинг программы

```

clear;
close all;
f0 = 1800;
Vm = 1200;
Vi = 4800;
T = 1 / Vm;
q = pow2(Vi/Vm);
T = T * 4;
Ns = 100;
dt = (1 / f0) / Ns;
t = 0:dt:T;

index = 1;
SS1 = zeros(1, 16);
SS2 = zeros(1, 16);
A = 15;
for i1 = 0:1:sqrt(q)-1
for i2 = 0:1:sqrt(q)-1
s1 = 1-2*i1/(sqrt(q)-1);
s2 = 1-2*i2/(sqrt(q)-1);

s1 = A*s1;
s2 = A*s2;
SS1(index) = s1;
SS2(index) = s2;
index = index + 1;
end
end

s = zeros(q,length(t));
%формирование сигналов КАМ
for i = 1:q
s(i,:) = (SS1(i)*sqrt(2/T).*cos(2*pi*f0*t)) + (SS2(i)*sqrt(2/T).*sin(2*pi*f0*t));
end
fi1 = sqrt(2/T)*cos(2*pi*f0*t);%1я базисная функция
fi2 = sqrt(2/T)*sin(2*pi*f0*t);%2я базисная функция
sij = zeros(q,2);
%разложение сигнала по базису
for i = 1:q
sij(i,1) = trapz(t,s(i,:).*fi1);
sij(i,2) = trapz(t,s(i,:).*fi2);
end

Ydb = 1 : 1 : 19;
Pe = zeros(1, length(Ydb));
Pmax = zeros(1, length(Ydb));
Pteor = zeros(1,length(Ydb));
Emid = sum(s .* s) / (q);
Nerrmax = 20;

figure(1);
hold on;
grid on;
plot(sij(:,1), sij(:,2), 'b.', 'MarkerSize',20);
for n = 1 : length(Ydb)
Y = 10^(Ydb(n)/10);

```

```

N0 = Emid/Y;
sigma = sqrt(sum(Emid / (2 * Y)));
Nerr = 0;
Ntest = 0;
while (Nerr < Nerrmax)
i = randi([1,q]);
r = s(i,:) + sigma.* randn(1,length(s(i,:)));
r1 = trapz(t, r.* fi1);
r2 = trapz(t, r.* fi2);
d = zeros(1, q);
for j = 1:q %считаем расстояния
d(1,j) = sqrt((r1 - sij(j,1))^2 + (r2 - sij(j,2))^2);
end
d_min = Inf;
minIdx = 0;
for j = 1:q %ищем минимальное расстояния
if (d(1,j) < d_min)
d_min = d(1,j);
minIdx = j;
end
end

if(n == 14)
title(['SNR = ',num2str(Ydb(n)), ' [dB]']);
plot(r1, r2, 'r.','MarkerSize', 10);
end

if(minIdx ~= i)
Nerr = Nerr + 1;
end
Ntest = Ntest + 1;
end
Pe(n) = Nerr/Ntest;
Pteor(n) = 1-(1-2*qfunc(sqrt(3*Emid/N0/(q-1))))*(1-2*qfunc(sqrt(3*Emid/N0/(q-1))));
Pmax(n) = exp(-3/(2*(q - 1))*Y);
end
%axis([-5 5,-5,5]);
set(voronoi(sij(:,1),sij(:,2)),'LineWidth',1);
figure(2);
semilogy(Ydb, Pmax, 'blue-', Ydb, Pteor, 'black-', Ydb, Pe, 'red.-', 'MarkerSize', 5);
legend('Верхн. граница','Теор. оценка','Экспер. оценка');
grid on;
xlabel('Y[db]');
ylabel('P');

```