

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого
Институт компьютерных наук и технологий
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

Отчёт по лабораторной работе

Дисциплина: Телекоммуникационные технологии

Тема: Цифровая модуляция

Выполнил студент группы 33501/4

(подпись) Покатило П.А.

Преподаватель

(подпись) Богач Н.В.

Санкт-Петербург
2017 г.

1 Цель работы

Изучение методов модуляции цифровых сигналов.

2 Постановка задачи

1. Получить сигналы BPSK, PSK, OQPSK, genQAM, MSK модуляторов
2. Построить их сигнальные созвездия
3. Провести сравнение изученных методов модуляции цифровых сигналов

3 Теоретические сведения

В настоящее время большое количество информации в электронных устройствах формируется в цифровом виде. При этом передаваемые величины закодированы числами из дискретного множества. Для передачи таких сигналов возможно использование методов цифровой модуляции (манипуляции). Суть ее в следующем: каждому значению сопоставляется набор значений параметров несущего колебания. Несущим колебанием, в принципе, может быть сигнал произвольной формы, но чаще используют гармонические колебания. Цифровые символы передаются с некоторым периодом T , в течение которого значение не меняется, а значит, не меняются и параметры несущего сигнала. Существует 3 основных вида манипуляции сигналов (или шифтинга) и один гибридный:

1. ASK – Amplitude shift keying (Амплитудная двоичная модуляция).
2. FSK – Frequency shift keying (Частотная двоичная модуляция).
3. PSK – Phase shift keying (Фазовая двоичная модуляция).
4. ASK/PSK.

При частотной манипуляции (FSK) в качестве параметра используется частота несущей. По количеству значений цифрового сигнала выбирается набор частот, каждая из которых сопоставляется одному значению. В общем случае при переходе от одного символа к другому происходит скачок фазы несущего колебания. Это приводит к появлению в спектре сигнала скачков на частотах, кратных символьной скорости. Для борьбы с ними можно использовать частотную манипуляцию с непрерывной фазовой функцией, при которой фазовая функция меняется линейно без скачков за счет интегрирования. Демодуляция производится корреляционным методом. Т.к. разным значениям отсчетов соответствует своя частота, можно рассчитать взаимную корреляцию полученного сигнала с эталонными значениями для каждой из частот и выбрать ту, с которой корреляция максимальна.

Для повышения помехоустойчивости частоты можно выбирать так, чтобы сигналы для различных отсчетов были некоррелированными. В этом случае риск неверно интерпретировать зашумленный сигнал уменьшается. Для реализации требования некоррелированности должны быть выполнены следующие условия:

$$\Delta\omega_{min} = \frac{\pi}{T}, \Delta f_{min} = \frac{1}{2T} = \frac{f_T}{2}$$

Частным случаем такой манипуляции является минимальная частотная манипуляция (MSK), при которой информационный сигнал принимает одно из двух значений, а частоты выбраны с учетом предыдущих требований.

Амплитудная и фазовая манипуляция являются частным случаем квадратурной манипуляции. При квадратурной манипуляции несущее колебание составляется по следующей формуле:

$$C_k \rightarrow (a_k, b_k), s(t) = a_k \cos(\omega_0 t) + b_k \sin(\omega_0 t), kT \leq t < (k+1)T$$

С помощью тригонометрических преобразований эту форму можно привести к виду

$$s(t) = A_k \cos(\omega_0 t + \phi_k)$$

В этой форме сигнал удобно рассматривать как комплексное число $A_k \exp(j\phi_k)$. Отсюда видно, что при изменении только амплитуды или фазы получается амплитудная (ASK) либо фазовая манипуляция (PSK). Фазовая манипуляция, при которой отсчеты принимают одно из двух возможных значений, называется бинарной фазовой манипуляцией (BPSK).

Множество комплексных чисел, соответствующее всем возможным значениям отсчетов, называется сигнальным созвездием. Для возможности сравнения эффективности различных видов модуляции сигнальное созвездие строится для нормированных значений амплитуды и всегда расположено внутри единичной окружности на комплексной плоскости. При этом чем больше расстояние между точками созвездия, тем больше надежность манипуляции.

Для улучшения свойств несущего сигнала используются модификации квадратурной манипуляции. В исходном варианте возможно произвольное одновременное изменение амплитуды и фазы, что может привести к перемещению значения сигнала через ноль комплексной плоскости, а это, в свою очередь, усложняет работу устройств и создает проблемы с синхронизацией. Для избежания таких случаев в квадратурной манипуляции со смещением (OQPSK) вводится дополнительное ограничение на мгновенную смену фазы - оно не должно превышать $\frac{\pi}{2}$. В этом случае полное исчезновение сигнала становится невозможным.

4 Ход работы

4.1 PSK манипуляция

```
M=8;
In_Data_Msk = randi([0, 7],50,1); %message
H_MSK=modem.pskmod('M',M,'PhaseOffset',0,...
    'SymbolOrder','binary','InputType','integer');
Mod_MSK=modulate(H_MSK,In_Data_Msk);
scatterplot(Mod_MSK);
% AWGN
EbNo=20;
k=log2(M);
Msk_rx = awgn(Mod_MSK,EbNo+10*log10(k)-10*log10(1),'measured','dB');
scatterplot(Msk_rx);
HD_MSK=modem.pskdemod('M',M,'PhaseOffset',0,... % Demod
    'SymbolOrder','binary','OutputType','integer',...
    'DecisionType','hard decision');
Demod_MSK_no_noise=demodulate(HD_MSK,Mod_MSK);
Demod_MSK=demodulate(HD_MSK,Msk_rx);
scatterplot(Demod_MSK);
```

Листинг 1: PSK манипуляция

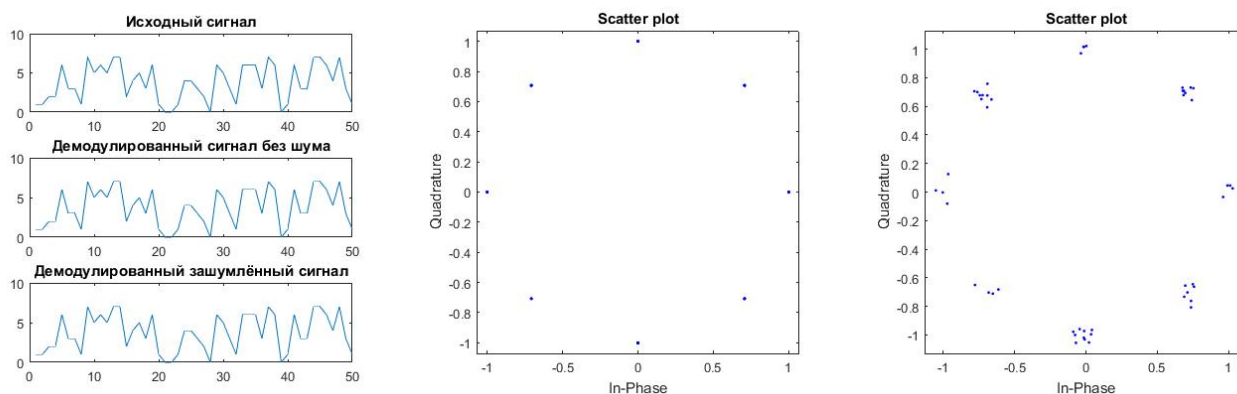


Рис. 1: Форма сигнала, сигнальные созвездия PSK манипуляции и зашумленного сигнала

4.2 BPSK манипуляция

```

M=2;
In_Data_Msk=randi([0, 1],50,1); %message
H_MSK=modem.pskmod('M',M,'PhaseOffset',0,...
    'SymbolOrder','binary','InputType','integer');
Mod_MSK=modulate(H_MSK,In_Data_Msk);
scatterplot(Mod_MSK);
% AWGN chanel
EbNo=20;
k=log2(M);
Msk_rx = awgn(Mod_MSK,EbNo+10*log10(k)-10*log10(1),'measured','dB');
scatterplot(Msk_rx);
% Demod
HD_MSK=modem.pskdemod('M',M,'PhaseOffset',0,...
    'SymbolOrder','binary','OutputType','integer',...
    'DecisionType','hard decision');
Demod_MSK_no_noise=demodulate(HD_MSK,Mod_MSK);
Demod_MSK=demodulate(HD_MSK,Msk_rx);
scatterplot(Demod_MSK);

```

Листинг 2: BPSK манипуляция

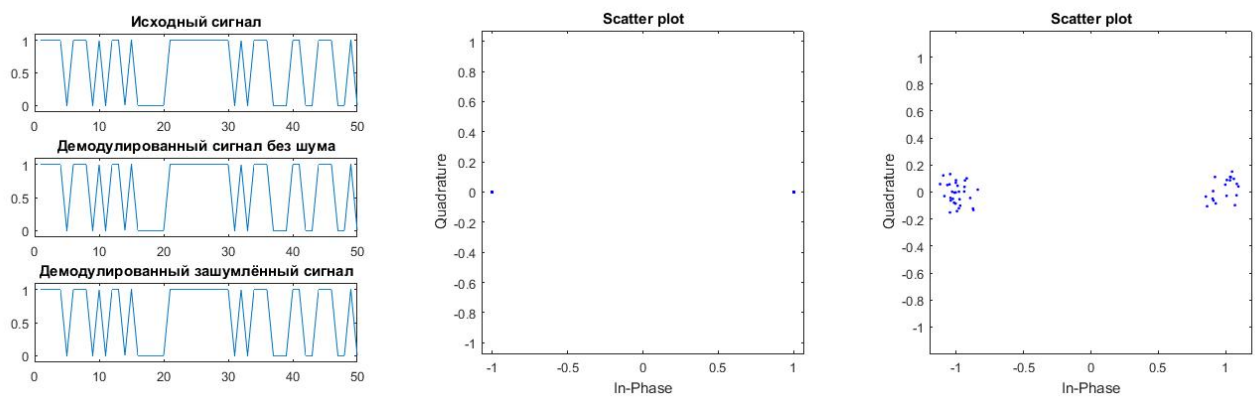


Рис. 2: Форма сигнала, сигнальные созвездия BPSK манипуляции и зашумленного сигнала

4.3 OQPSK манипуляция

```

M=2;
In_Data_Oqpsk=randi([0, 1],50,1);
H_OQPSK=modem.oqpskmod('M',M,'PhaseOffset',pi/8,...
    'SymbolOrder','gray','InputType','bit');
Mod_Oqpsk=modulate(H_OQPSK,In_Data_Oqpsk);
scatterplot(Mod_Oqpsk(:));
% AWGN chanel
EbNo=15;
k=log2(M);
Oqpsk_rx=awgn(Mod_Oqpsk,EbNo+10*log10(k)-10*log10(2),'measured','dB');
% Demod
HD_OQPSK=modem.oqpskdemod('M',M,'PhaseOffset',pi/4,...
    'SymbolOrder','gray','OutputType','bit',...
    'DecisionType','hard decision');
Demod_OQPSK=demodulate(HD_OQPSK,Oqpsk_rx);
scatterplot(Oqpsk_rx(:));
Demod_OQPSK_no_noise=demodulate(HD_OQPSK,Mod_Oqpsk);

```

Листинг 3: OQPSK манипуляция

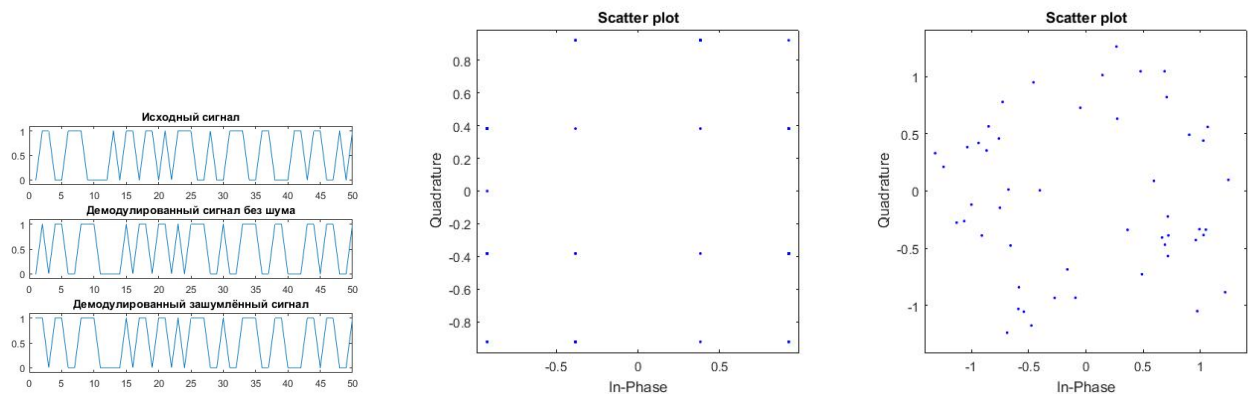


Рис. 3: Форма сигнала, сигнальные созвездия OQPSK манипуляции и зашумленного сигнала

4.4 MSK манипуляция

```
In_Data_Msk=randi([0 1],50,1);
H_MSK=modem.mskmod('Precoding','off',...
    'SamplesPerSymbol',1,'InputType','Bit');
Mod_MSK=modulate(H_MSK,In_Data_Msk);
scatterplot(Mod_MSK(:));
% AWGN chanel
EbNo=10;
k=log2(2);
Msk_rx = awgn(Mod_MSK,EbNo+10*log10(k)-10*log10(1),'measured','dB');
% Demod
HD_MSK=modem.mskdemod('Precoding','off',...
    'SamplesPerSymbol',1,'OutputType','Bit',...
    'DecisionType','hard decision');
Demod_MSK=demodulate(HD_MSK,Msk_rx);
Demod_MSK_no_noise=demodulate(HD_MSK,Mod_MSK);
scatterplot(Msk_rx(:));
```

Листинг 4: MSK манипуляция

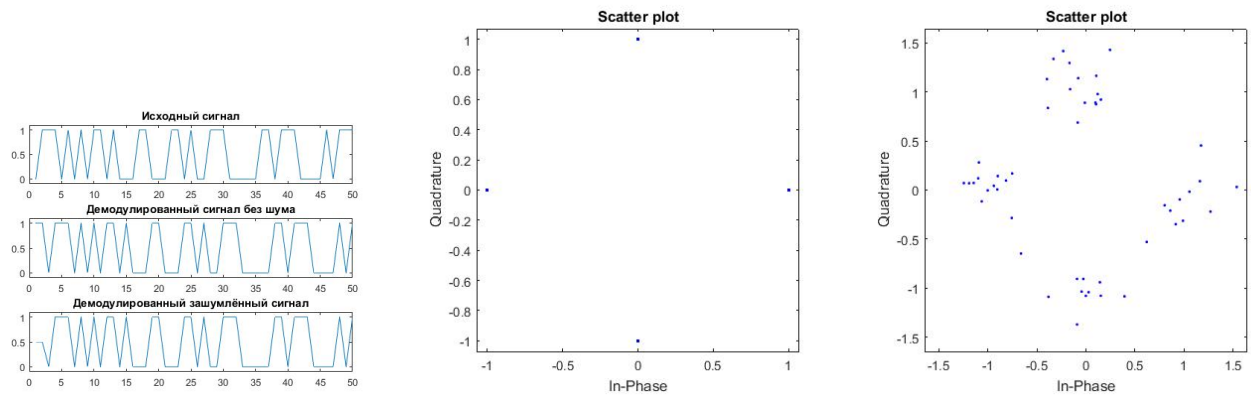


Рис. 4: Форма сигнала, сигнальные созвездия MSK манипуляции и зашумленного сигнала

4.5 genQAM манипуляция

```

M = 8;
k = log2(M);
A = 1;
N = 0.02;
n = 3e4;
msg = randi([0 1],n,1);
nSamp = 1;
inphase = [A/2 0 A A*cos(pi/4) 0 -A/2 -A*cos(pi/4) -A];
quadr = [0 A/2 0 A*sin(pi/4) -A/2 0 -A*sin(pi/4) 0];
const = inphase + 1i*quadr
scatterPlot = commscope.ScatterPlot('SamplesPerSymbol',1,...
    'Constellation',const);
scatterPlot.PlotSettings.Constellation = 'on';
scatterPlot.PlotSettings.ConstellationStyle = '.';
title('genQAM');
hMod = modem.genqammod('Constellation',const);
hDemod = modem.genqamdmod(hMod); % Create a My-QAM modulator\demodulator
xsym = bi2de(reshape(msg,k,length(msg)/k).','left-msb');
% Modulation
y = modulate(hMod,xsym)
% Demodulation
zsym = demodulate(hDemod,y);
Es = 1/M*(4*(A/2)^2 + 4*A^2);
EsNo = Es/N;
SNR = 10*log10(EsNo) - 10*log10(nSamp);

yNoisy = awgn(y,SNR,'measured');
scatterplot(yNoisy);
Demod_MSK = demodulate(hDemod,y);

```

Листинг 5: genQAM манипуляция

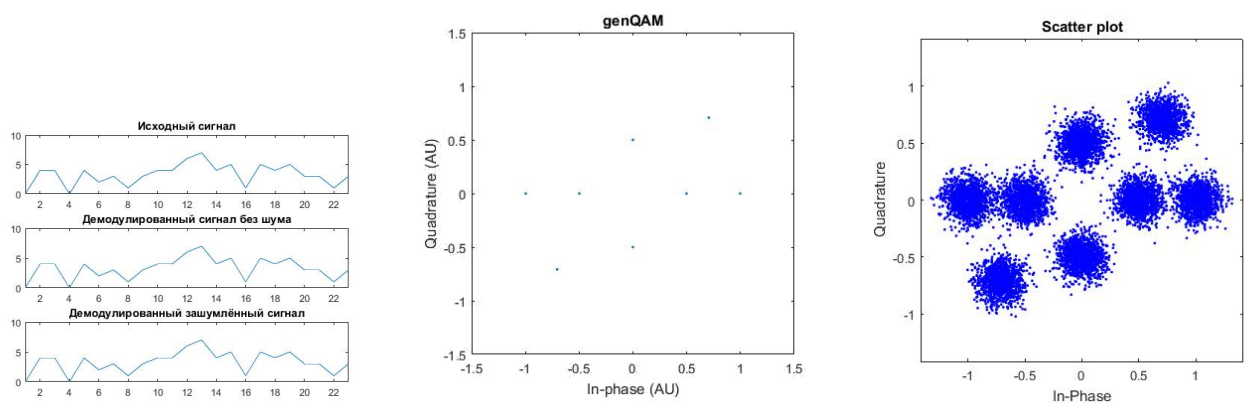


Рис. 5: Форма сигнала, сигнальные созвездия QAM манипуляции и зашумленного сигнала

5 Выводы

Цифровой сигнал обладает большим числом преимуществ. Однако при передаче на дальние расстояния он начинает терять одно из своих самых важных свойств: помехозащищенность. Для решения этой и остальных проблем используют различные методы модуляции цифровых сигналов, которые мы рассмотрели в данной лабораторной работе.

Уровень модуляции определяет количество состояний несущей, используемых для передачи информации, от него зависят скоростные возможности помехоустойчивость модулированного сигнала. Число бит, передаваемых одним состоянием, определяется как $\log_2 N$, где N — уровень модуляции. Таким образом, чем выше уровень модуляции, тем больше данных мы можем передать (или потерять) за единицу времени.

Самой надёжной считается квадратурная манипуляция, так как информацию можно изменять сразу по двум параметрам. Для повышения скорости передачи могут быть использованы PSK или QAM манипуляции с большим количеством точек, что в свою очередь негативно скажется на помехоустойчивости вследствие их близкого расположения друг относительно друга.