

Санкт-Петербургский государственный технический  
университет  
Институт компьютерных наук и технологий  
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

Отчет по лабораторной работе №6  
Цифровая модуляция  
Телекоммуникационные технологии

Кузьмин Н.А. 33501/1  
Богач Н.В.

Санкт-Петербург 2018

## Содержание

1	Цель	3
2	Постановка задачи	3
3	Ход работы	3
4	Вывод	9

# 1 Цель

Изучение методов модуляции цифровых сигналов.

## 2 Постановка задачи

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

## 3 Ход работы

Построим сигнальные созвездия модулированных разными способами сигналов.

```
%% BPSK
M = 2;
signal = randi([0, M-1], length, 1);
modSignal = pskmod(signal, M);
err = randerr(1, length, errSize) ./ 10;
err = err + randerr(1, length, errSize) ./ -10;
modSignal = modSignal + err';
demodSignal = pskdemod(modSignal, M);
scatterplot(modSignal);
```

Данный код предназначен для выполнения двоичной фазовой манипуляции. При использовании BPSK данные кодируются сменой фазы на 0 или 180 градусов. Сигнальный код представлен на рисунке ниже

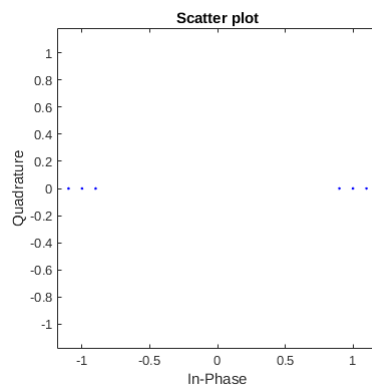


Рис. 1: Сигнальное созвездие BPSK

```

%% QPSK
M = 4;
signal = randi([0, M-1], length, 1);
modSignal = pskmod(signal, M);
err = randerr(1, length, errSize) ./ 10;
err = err + randerr(1, length, errSize) ./ -10;
modSignal = modSignal + err';
demodSignal = pskdemod(modSignal, M);
scatterplot(modSignal);

```

Данный код предназначен для выполнения квадратурной фазовой манипуляции. QPSK использует 4 фазовых сдвига, что позволяет кодировать одновременно 2 бита. Это позволяет либо увеличить скорость передачи, либо уменьшить полосу сигнала. Сигнальный код представлен на рисунке ниже

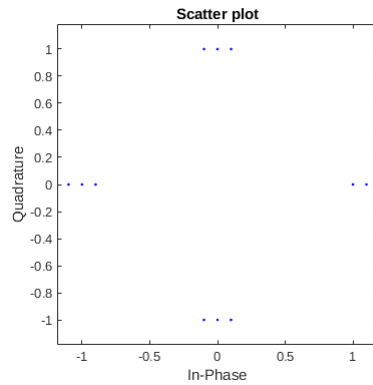


Рис. 2: Сигнальное созвездие QPSK

```

%% OQPSK
M = 4;
signal = randi([0, M-1], length, 1);
modSignal = oqpskmod(signal);
err = randerr(1, length*2 + 1, errSize) ./ 10;
err = err + randerr(1, length*2 + 1, errSize) ./ -10;
modSignal = modSignal + err';
demodSignal = oqpskdemod(modSignal);
scatterplot(modSignal);

```

При квадратурной фазовой манипуляции при одновременной смене двух бит происходит скачок частоты на 180 градусов, из-за чего огибающая на время обращается в ноль. Для избежания этого используется квадратурная фазовая модуляция со сдвигом. При использовании OQPSK сигналы смещены на 90 градусов относительно друг друга, при этом их длительность занимает 2T. При таком подходе скачок фазы может быть только на  $\pm 90$  градусов.

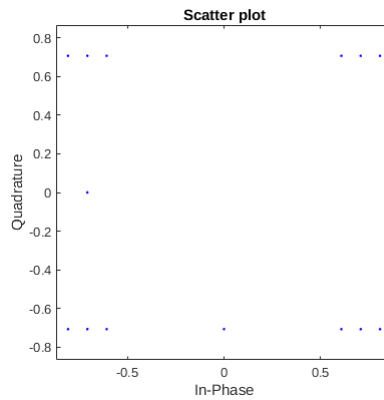


Рис. 3: Сигнальное созвездие OQPSK

```

%% genQAM
inphase = [1/2 1 1 1/2 1/2 2 2 5/2]; %from matlab help
quadr = [0 1 -1 2 -2 1 -1 0];
inphase = [inphase;-inphase]; inphase = inphase(:);
quadr = [quadr;quadr]; quadr = quadr(:);
const = inphase + 1i*quadr;
M = 16;
signal = randi([0, M-1], length, 1);
modSignal = genqammod(signal, const);
err = randerr(1, length, errSize) ./ 10;
err = err + randerr(1, length, errSize) ./ -10;
modSignal = modSignal + err';
demodSignal = genqamdemod(modSignal, const);
scatterplot(modSignal);

```

Данный код предназначен для выполнения квадратурной манипуляции. Это разновидность амплитудной модуляции, при которой сигнал представляет собой сумму двух одинаковых по частоте несущих колебаний, но при этом сдвинутых относительно друг друга на 90 градусов. Это позволяет увеличить количество информации, передаваемой одним сигналом. Сигнальный код представлен на рисунке ниже

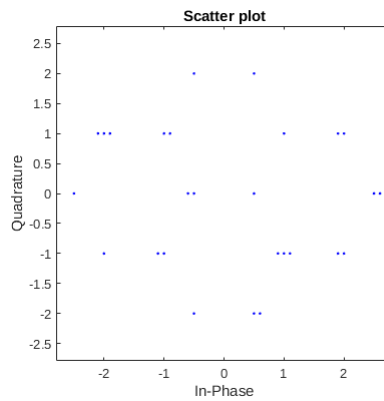


Рис. 4: Сигнальное созвездие genQAM

```

%% MSK
M = 1;
signal = randi([0, 1], length, 1);
modSignal = mskmod(signal, 2);
err = randerr(1, length * 2, errSize) ./ 10;
err = err + randerr(1, length * 2, errSize) ./ -10;
modSignal = modSignal + err';
demodSignal = msksdemod(modSignal, 2);
scatterplot(modSignal);

```

Данный код предназначен для выполнения минимальной частотной манипуляции. При использовании данного метода получается непрерывная огибающая. Сигнальный код представлен на рисунке ниже

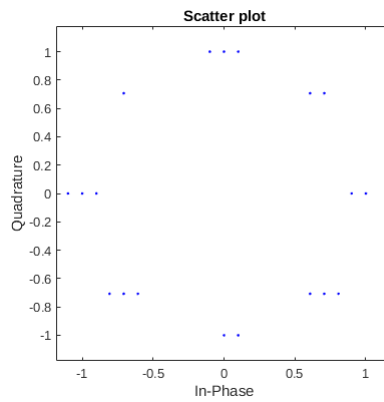


Рис. 5: Сигнальное созвездие MSK

```

%% M-FSK
M = 4;
freqsep = 8;
nsamp = 8;
Fs = 32;

signal = randi([0, M-1], length, 1);
modSignal = fskmod(signal, M, freqsep, nsamp, Fs);
err = randerr(1, length*nsamp, errSize) ./ 10;
err = err + randerr(1, length*nsamp, errSize) ./ -10;
modSignal = modSignal + err';
demodSignal = fskdemod(modSignal, M, freqsep, nsamp, Fs);
scatterplot(modSignal);

```

Данный код предназначен для выполнения многочастотной манипуляции. Данный вид модуляции является вариацией частотной манипуляции (FSK) и использует более двух частот. Сигнальный код представлен на рисунке ниже

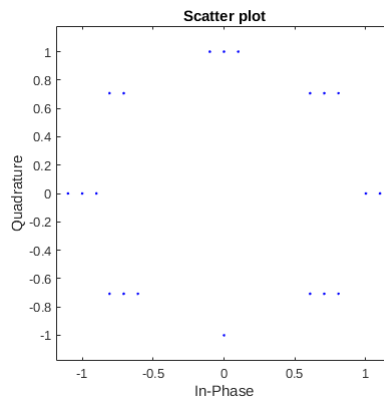


Рис. 6: Сигнальное созвездие M-FSK



## 4 Вывод

В ходе выполнения работы мы рассмотрели работу амплитудной модуляции при помощи сигнальных созвездий. Сигнальное созвездие - это представление всех возможных значений комплексной амплитуды манипулированных сигналов на комплексной плоскости. По сигнальным созвездиям можно судить о виде модуляции, уровню модуляции и уровню искажений сигнала. Уровень модуляции определяет количество состояний несущей, используемых для передачи информации. Число бит, передаваемых одним состоянием, определяется как  $\log_2 N$ , где  $N$  - уровень модуляции.