

# Отчет по лабораторной работе №6

Мокроусов В.Д.

1 июня 2018 г.

# Цифровая модуляция.

## 1 Цель работы

Изучение методов модуляции цифровых сигналов.

## 2 Постановка задачи

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

## 3 Теоретический раздел

Манипуляция (цифровая модуляция) — в теории передачи дискретных сообщений процесс преобразования последовательности кодовых символов в последовательность сигналов (частный случай модуляции — при дискретных уровнях модулирующего сигнала).

Классификация цифровой модуляции:

- Линейная
  - Амплитудная
  - Амплитудно - фазовая
  - Фазовая
- Нелинейная
  - Частотная
  - Частотная с ограниченным спектром

### **3.1 Амплитудная манипуляция**

Амплитудная манипуляция (ASK) — изменение сигнала, при котором скачкообразно меняется амплитуда несущего колебания. При цифровой передаче данных применяется канальное кодирование, в соответствии с кодом которого происходит манипуляция с сигналом в соответствии с видом кодирования.

### **3.2 Фазовая манипуляция**

Фазовая манипуляция (PSK) — один из видов фазовой модуляции, при которой фаза несущего колебания меняется скачкообразно в зависимости от информационного сообщения.

### **3.3 Амплитудно-фазовая манипуляция**

В данном виде модуляции для повышения пропускной способности используется одновременная манипуляция двух параметров несущего колебания: амплитуды и фазы. Каждый возможный элемент модулированного сигнала (вектор сигнала или точка сигнального пространства) характеризуется значением амплитуды и фазы. Для дальнейшего повышения скорости передачи количество "точек" пространства модулированного сигнала увеличивается в число раз, кратное двум

### **3.4 Частотная манипуляция**

Частотная манипуляция (FSK) — вид манипуляции, при которой скачкообразно изменяется частота несущего сигнала в зависимости от значений символов информационной последовательности. Частотная манипуляция весьма помехоустойчива, поскольку помехи искажают в основном амплитуду, а не частоту сигнала.

## 4 Ход работы

### 4.1 BPSK

```
M = 2;
signal = randi([0 M-1], [1 256]);

y = pskmod(signal, M);
scatterplot(y);

sig_noise = awgn(y,10);
scatterplot(sig_noise);

sig_demod = pskdemod(sig_noise, M);

[a, b] = symerr(signal, sig_demod);
[c, d] = biterr(signal, sig_demod);

figure;
plot(signal);
title("Исходный сигнал");

figure;
plot(sig_demod);
title("Демодулированный сигнал");
```

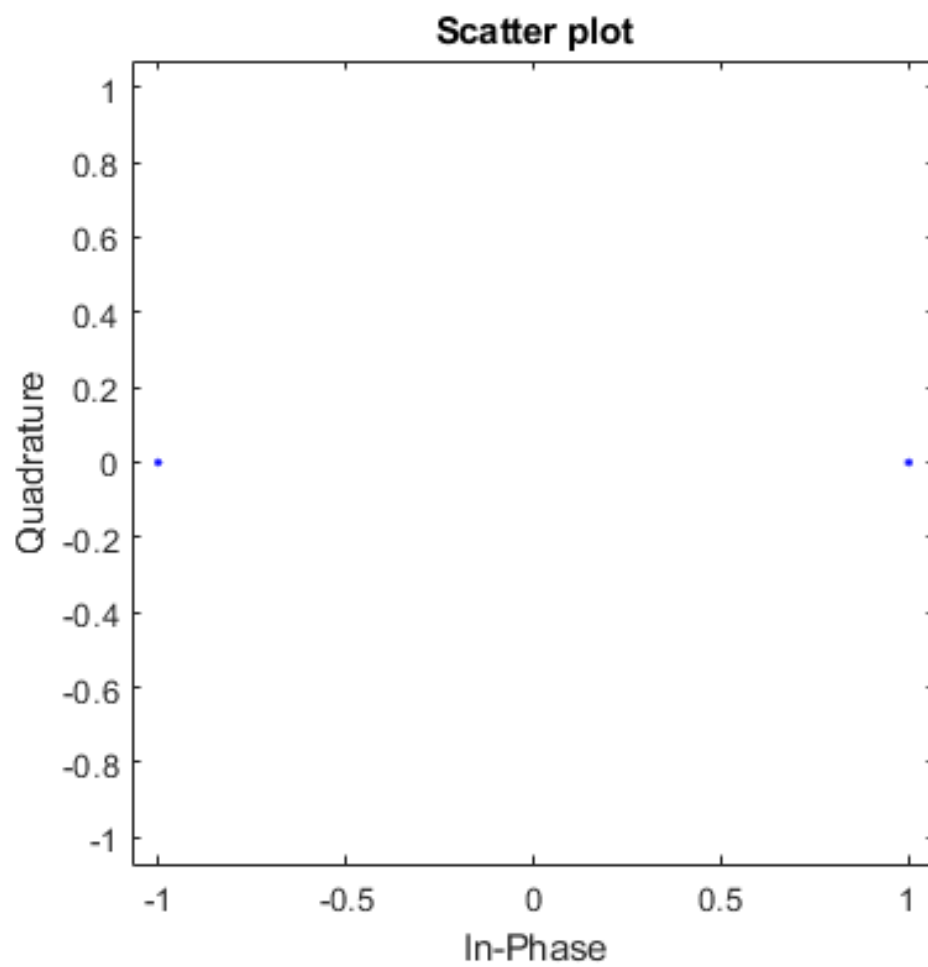


Рис. 1: Сигнальное созвездие BPSK

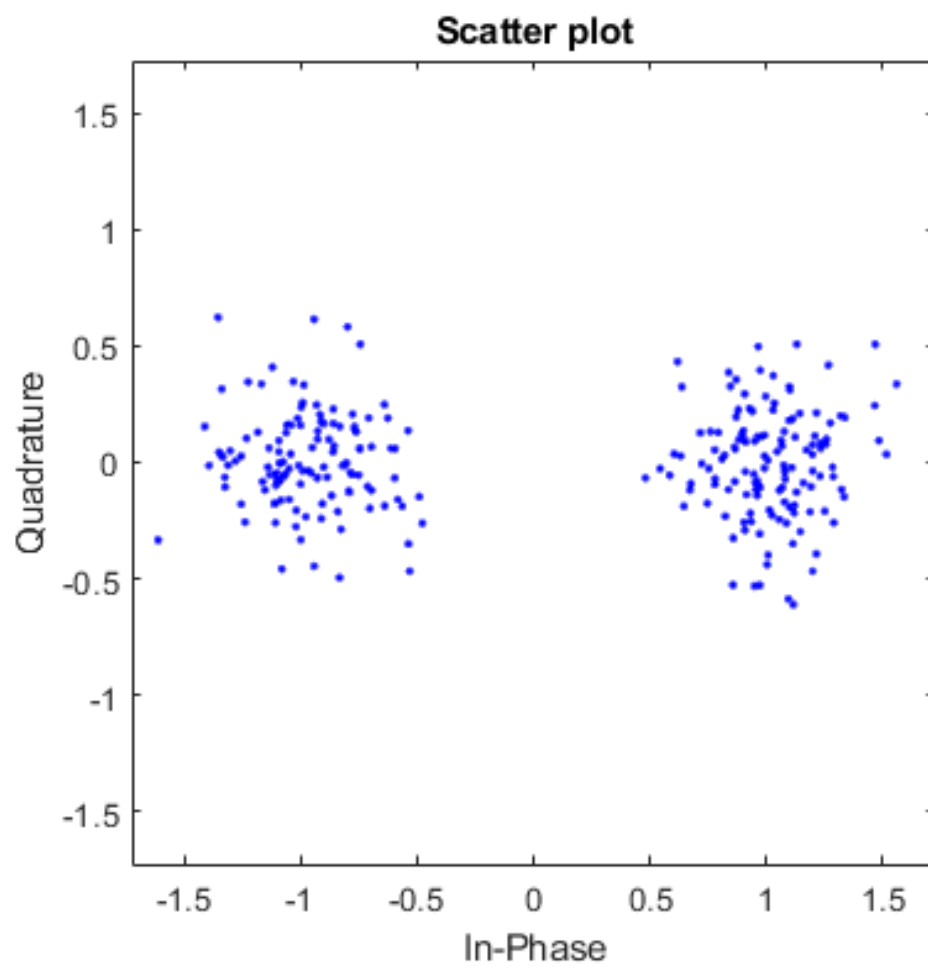


Рис. 2: Зашумленное сигнальное созвездие BPSK



Рис. 3: Исходный сигнал

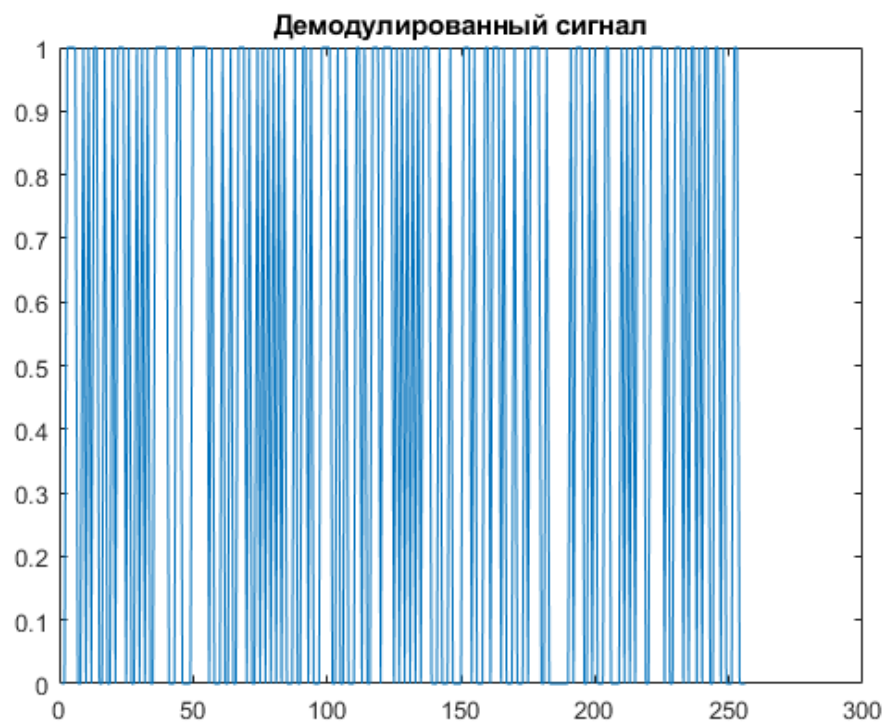


Рис. 4: Демодулированный сигнал

С помощью `sumerr` и `biterr` были получены следующие данные:

- Ошибочных символов - 0
- Вероятность - 0
- Ошибочных битов - 0
- Вероятность - 0



## 4.2 PSK

```
M = 8;
signal = randi([0 M-1], [1 256]);

y = pskmod(signal, M);
scatterplot(y);

sig_noise = awgn(y,10);
scatterplot(sig_noise);

sig_demod = pskdemod(sig_noise, M);

[a, b] = symerr(signal, sig_demod);
[c, d] = biterr(signal, sig_demod);

figure;
plot(signal);
title("Исходный сигнал");

figure;
plot(sig_demod);
title("Демодулированный сигнал");
```

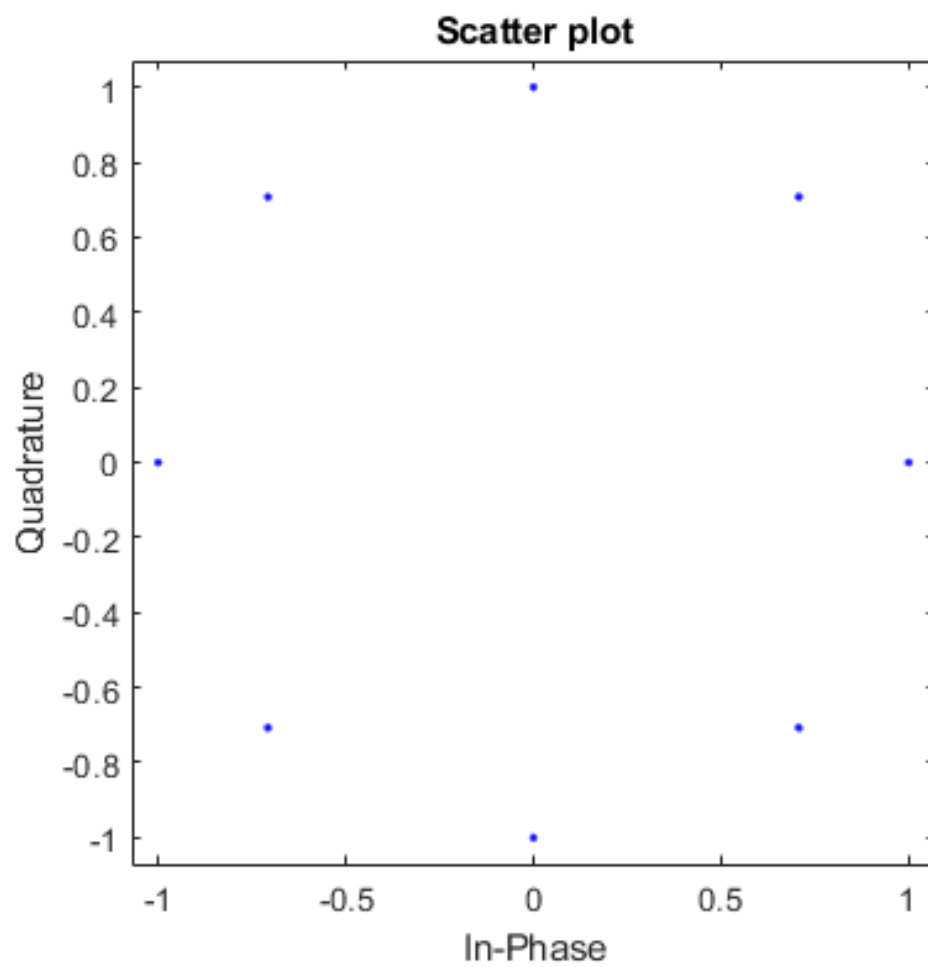


Рис. 5: Сигнальное созвездие PSK

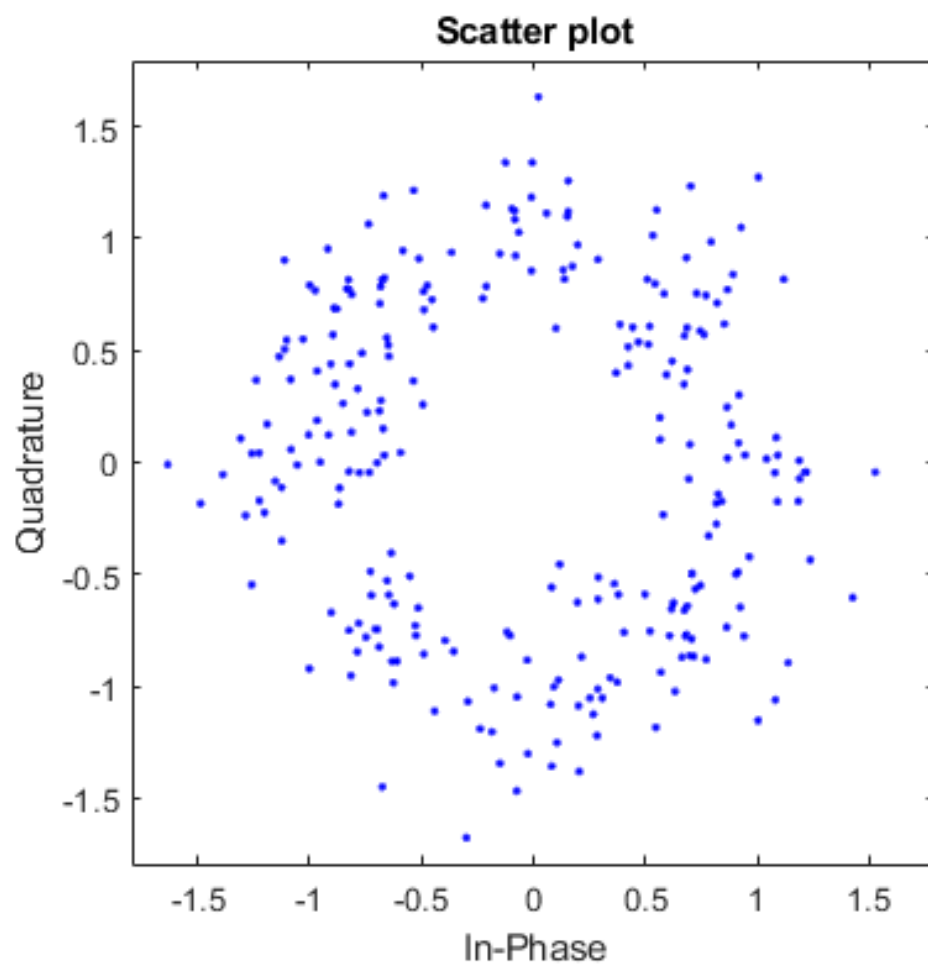


Рис. 6: Зашумленное сигнальное созвездие PSK

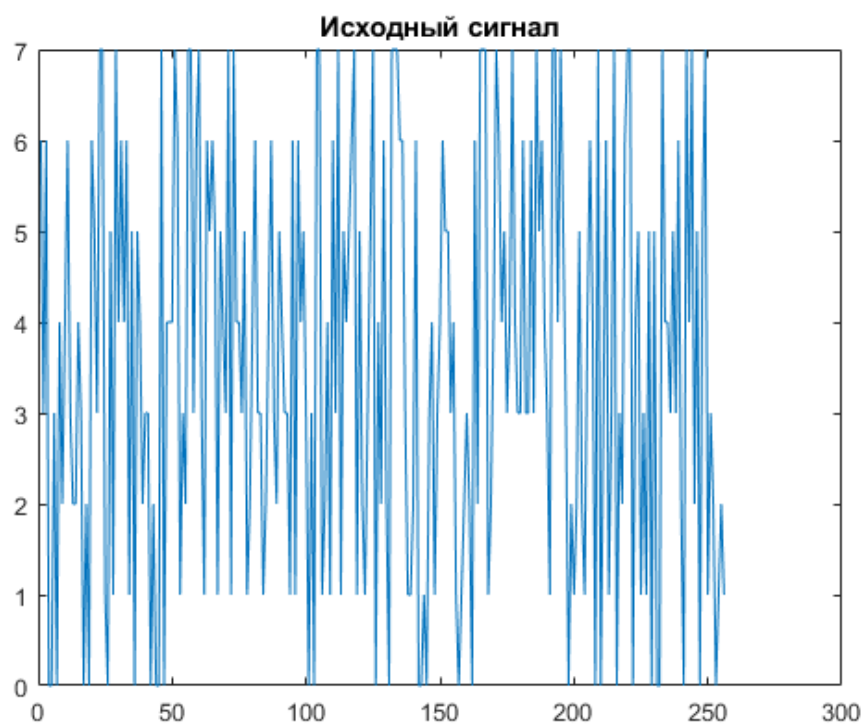


Рис. 7: Исходный сигнал

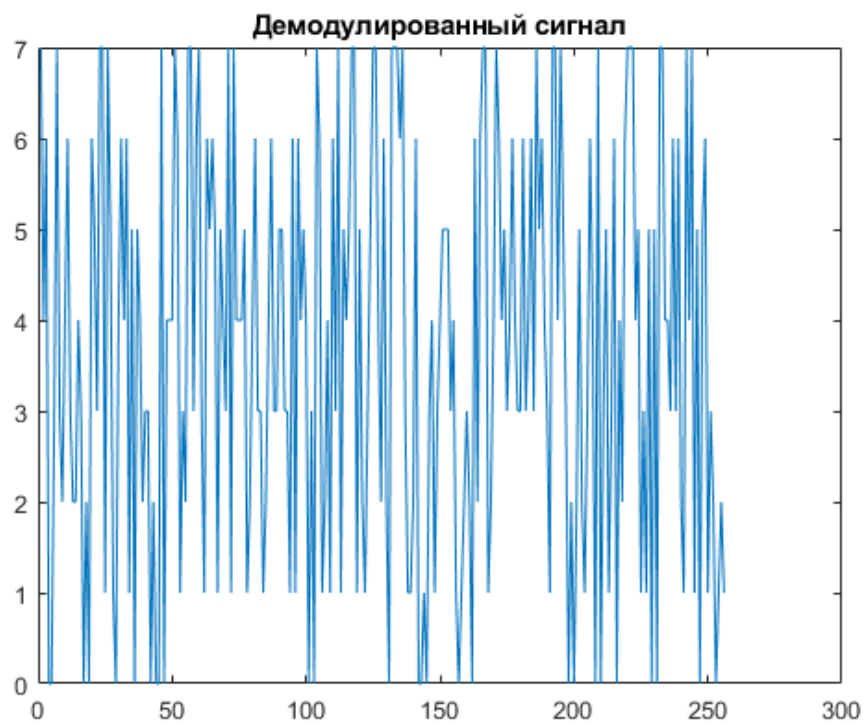


Рис. 8: Демодулированный сигнал

С помощью `sumerr` и `biterr` были получены следующие данные:

- Ошибочных символов - 29
- Вероятность - 0.1139
- Ошибочных битов - 59
- Вероятность - 0.0768

Зависимость вероятности ошибки демодуляции от зашумленности сигнала

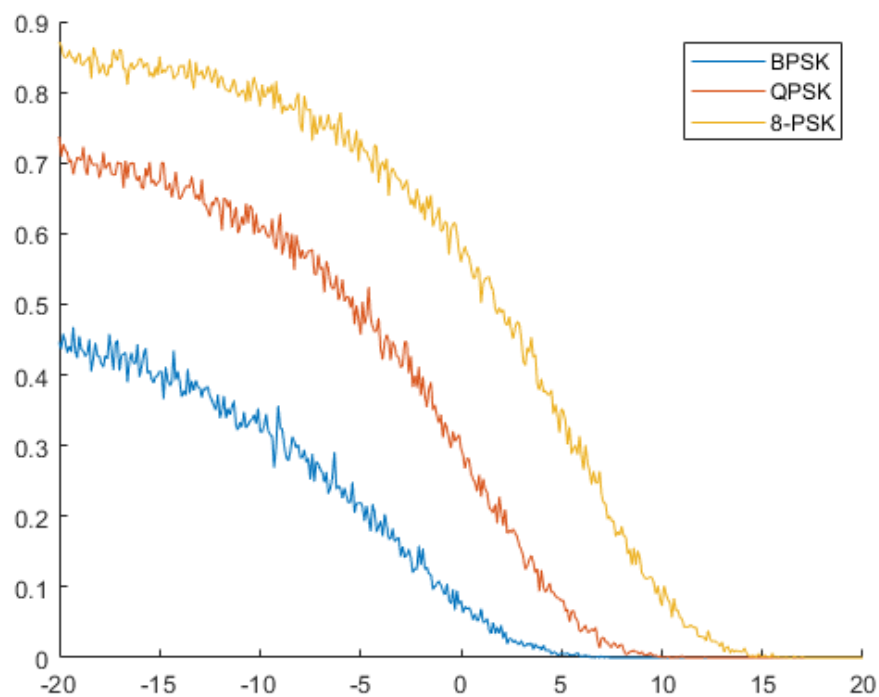


Рис. 9: Водопадная кривая

Наименьшая вероятность ошибки у BPSK

### 4.3 OQPSK

```
M = 4;
signal = randi([0 M-1], [1 256]);

y = oqpskmod(signal, M);
scatterplot(y);

sig_noise = awgn(y,10);
scatterplot(sig_noise);

sig_demod = oqpskdemod(sig_noise, M);

[a, b] = symerr(signal, sig_demod);
[c, d] = biterr(signal, sig_demod);

figure;
plot(signal);
title("Исходный сигнал");

figure;
plot(sig_demod);
title("Демодулированный сигнал");
```

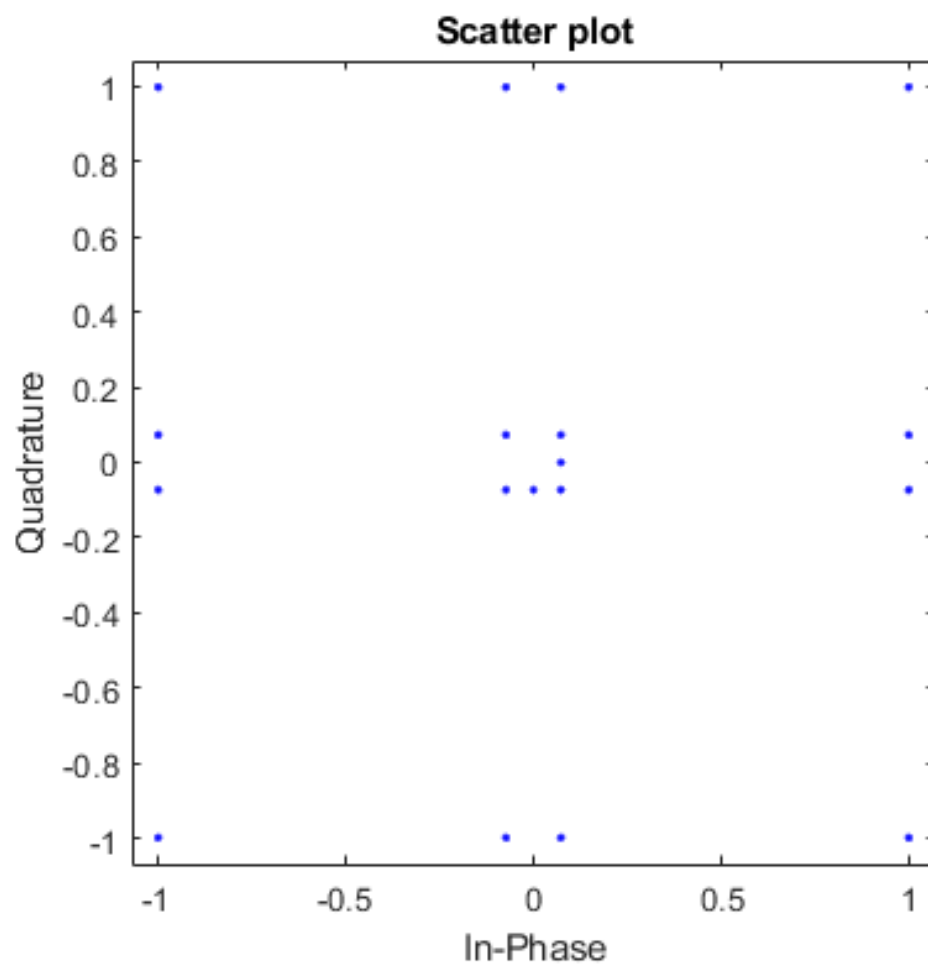


Рис. 10: Сигнальное созвездие OQPSK



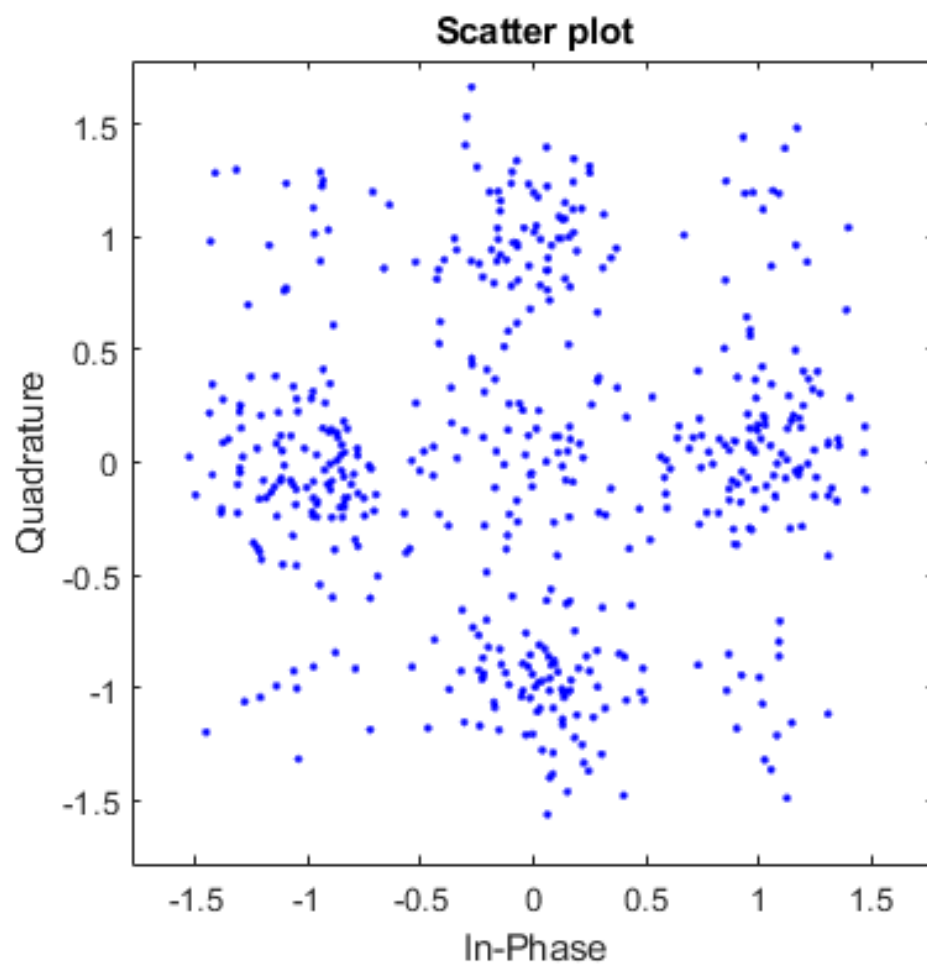


Рис. 11: Сигнальное созвездие OQPSK



Рис. 12: Исходный сигнал

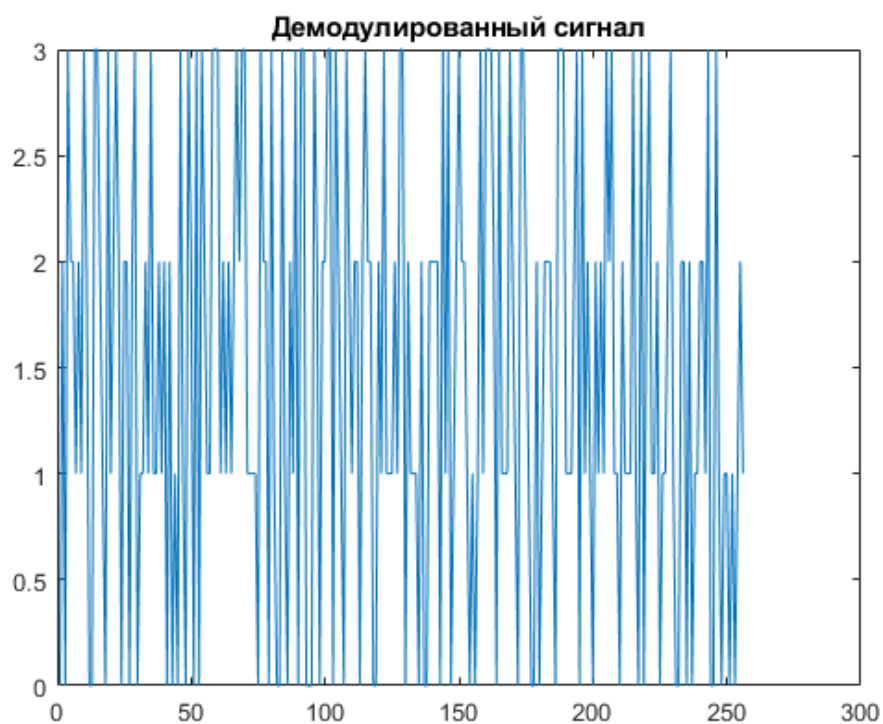


Рис. 13: Демодулированный сигнал

С помощью `sumerr` и `biterr` были получены следующие данные:

- Ошибочных символов - 0
- Вероятность - 0
- Ошибочных битов - 0
- Вероятность - 0

## 4.4 genQAM

```
inphase = [1/2 1 1 1/2 1/2 2 2 5/2];
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], [1 256]);

y = genqammod(signal, const);
scatterplot(y);

sig_noise = awgn(y,10);
scatterplot(sig_noise);

sig_demod = genqamdemod(sig_noise, const);

[a, b] = symerr(signal, sig_demod);
[c, d] = biterr(signal, sig_demod);

figure;
plot(signal);
title("Исходный сигнал");

figure;
plot(sig_demod);
title("Демодулированный сигнал");
```

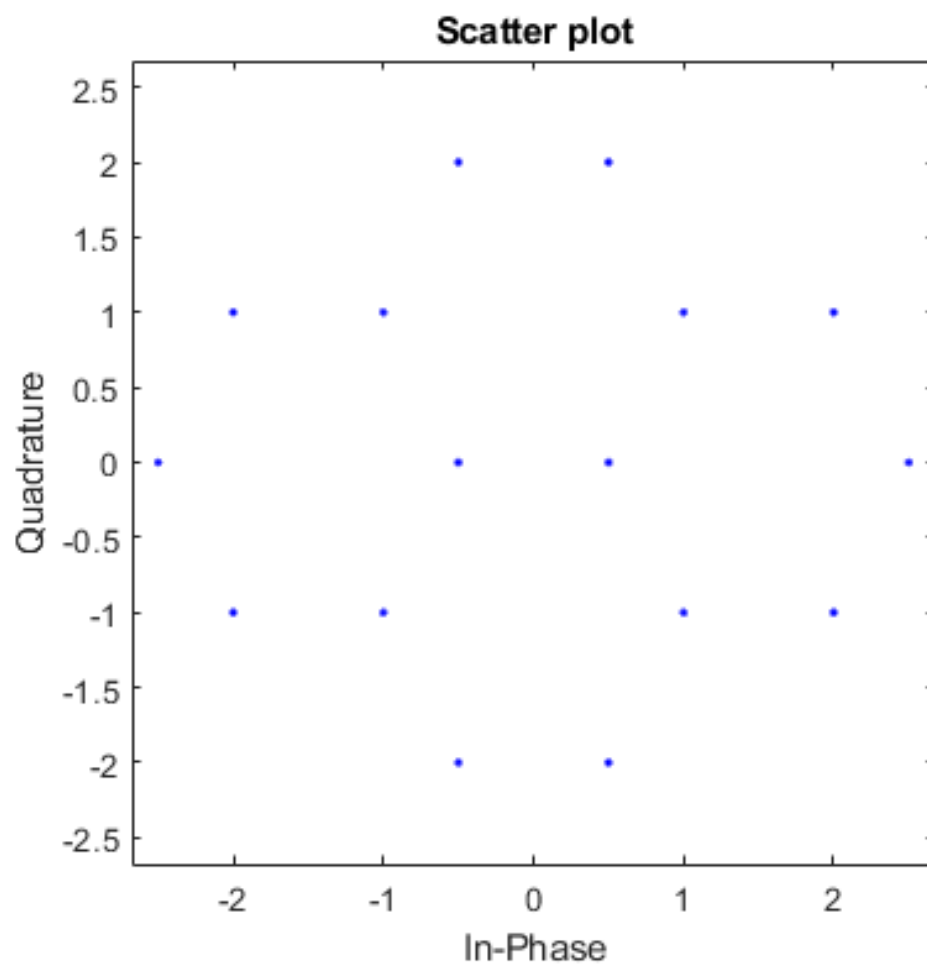


Рис. 14: Сигнальное созвездие genQAM

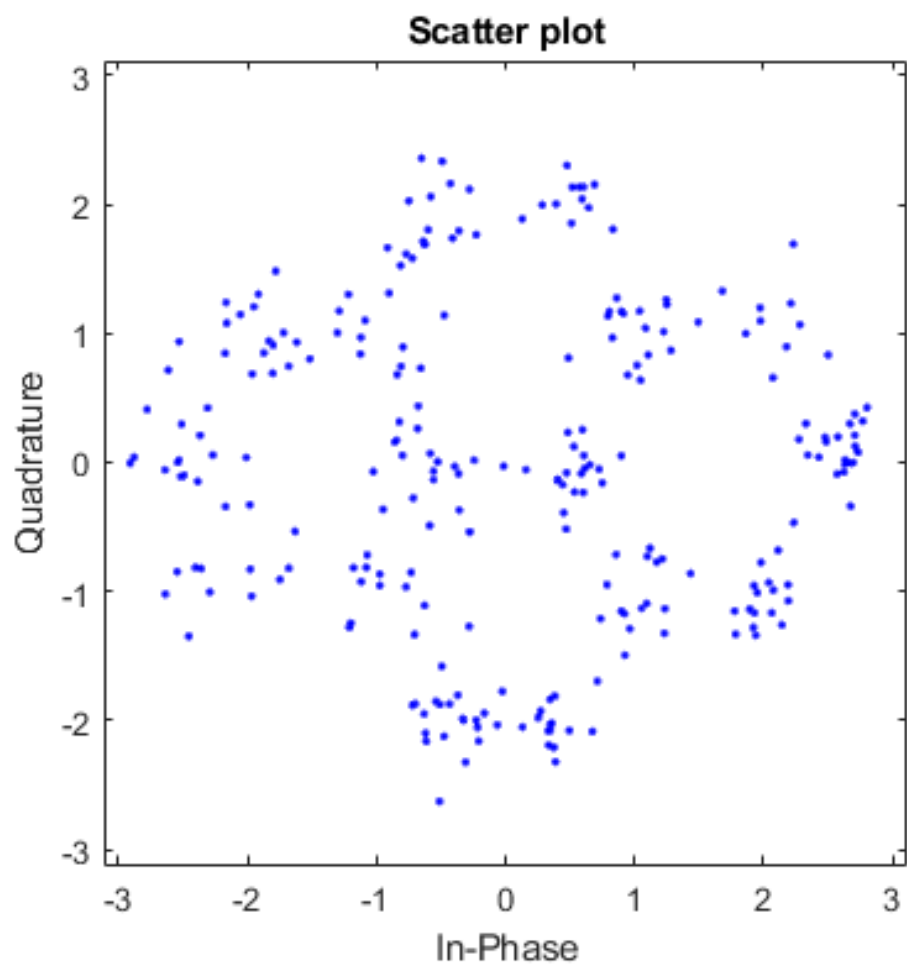


Рис. 15: Зашумленное сигнальное созвездие genQAM



Рис. 16: Исходный сигнал

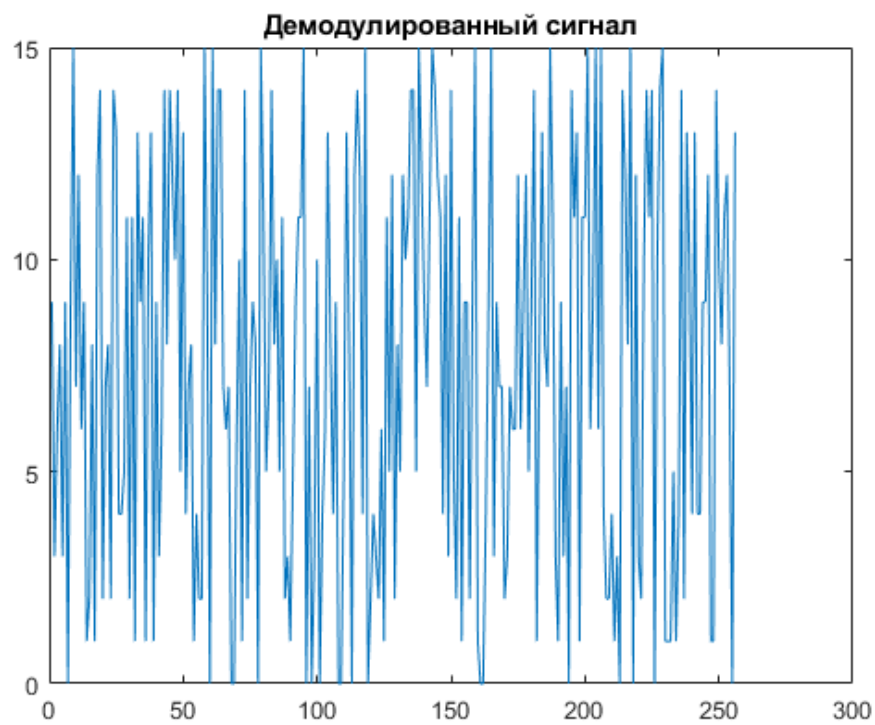


Рис. 17: Демодулированный сигнал

С помощью `sumerr` и `biterr` были получены следующие данные:

- Ошибочных символов - 7
- Вероятность - 0.0273
- Ошибочных битов - 8
- Вероятность - 0.0078



## 4.5 MSK

```
M = 2;
N = 8;
signal = randi([0 M-1], [1 256]);

y = mskmod(signal, N);
scatterplot(y);

sig_noise = awgn(y,10);
scatterplot(sig_noise);

sig_demod = msksdemod(sig_noise, N);

[a, b] = symerr(signal, sig_demod);
[c, d] = biterr(signal, sig_demod);

figure;
plot(signal);
title("Исходный сигнал");

figure;
plot(sig_demod);
title("Демодулированный сигнал");
```

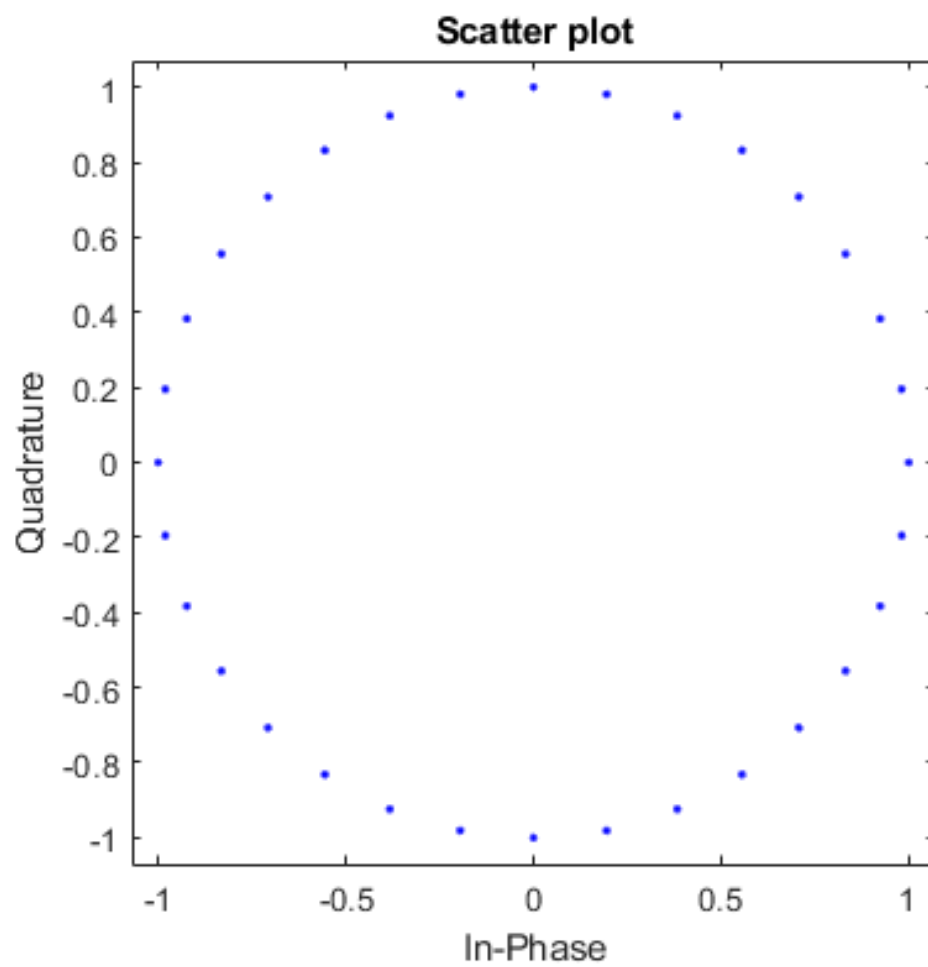


Рис. 18: Сигнальное созвездие MSK

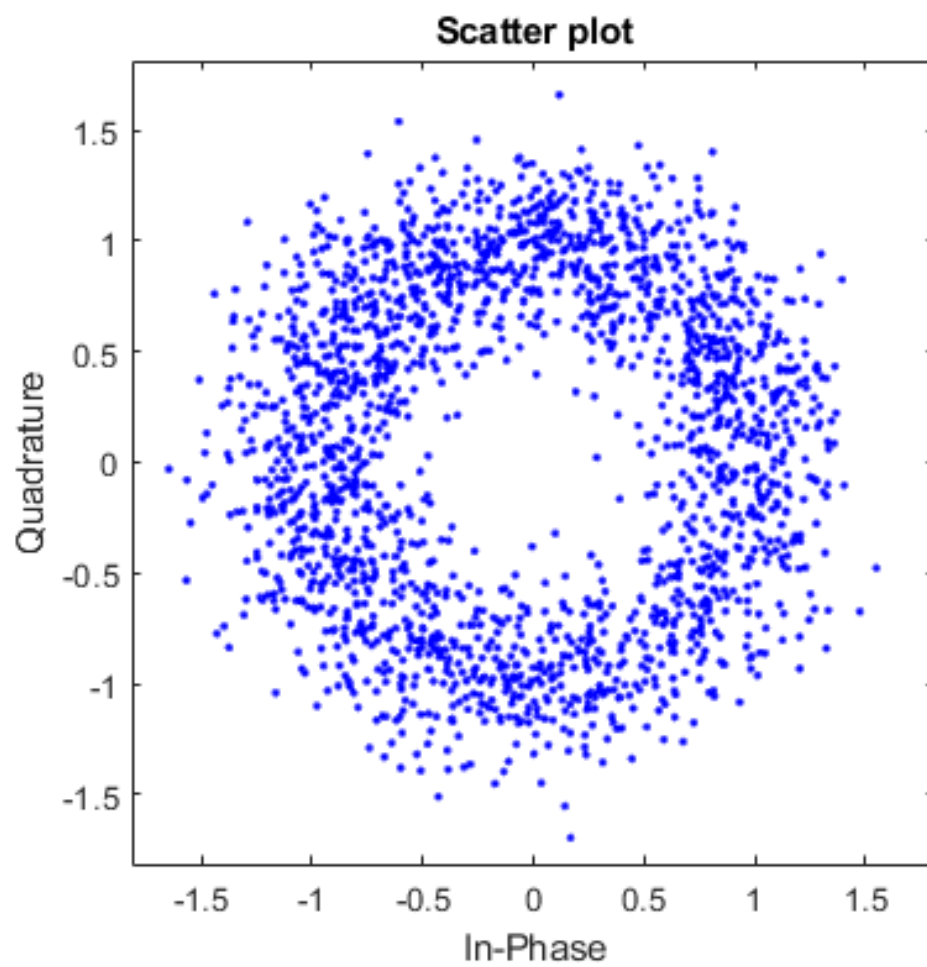


Рис. 19: Зашумленное сигнальное созвездие MSK



Рис. 20: Исходный сигнал



Рис. 21: Демодулированный сигнал

С помощью `sumerr` и `biterr` были получены следующие данные:

- Ошибочных символов - 0
- Вероятность - 0
- Ошибочных битов - 0
- Вероятность - 0

## 4.6 FSK

```
M = 4;           % Modulation order
freqsep = 8;     % Frequency separation (Hz)
nsamp = 16;      % Number of samples per symbol
Fs = 32;         % Sample rate (Hz)

signal = randi([0 M-1],[1 256]);

y = fskmod(signal,M,freqsep,nsamp,Fs);
scatterplot(y);

sig_noise = awgn(y,10);
scatterplot(sig_noise);

sig_demod = fskdemod(sig_noise,M,freqsep, nsamp, Fs);

[a, b] = symerr(signal, sig_demod);
[c, d] = biterr(signal, sig_demod);

figure;
plot(signal);
title("Исходный сигнал");

figure;
plot(sig_demod);
title("Демодулированный сигнал");
```

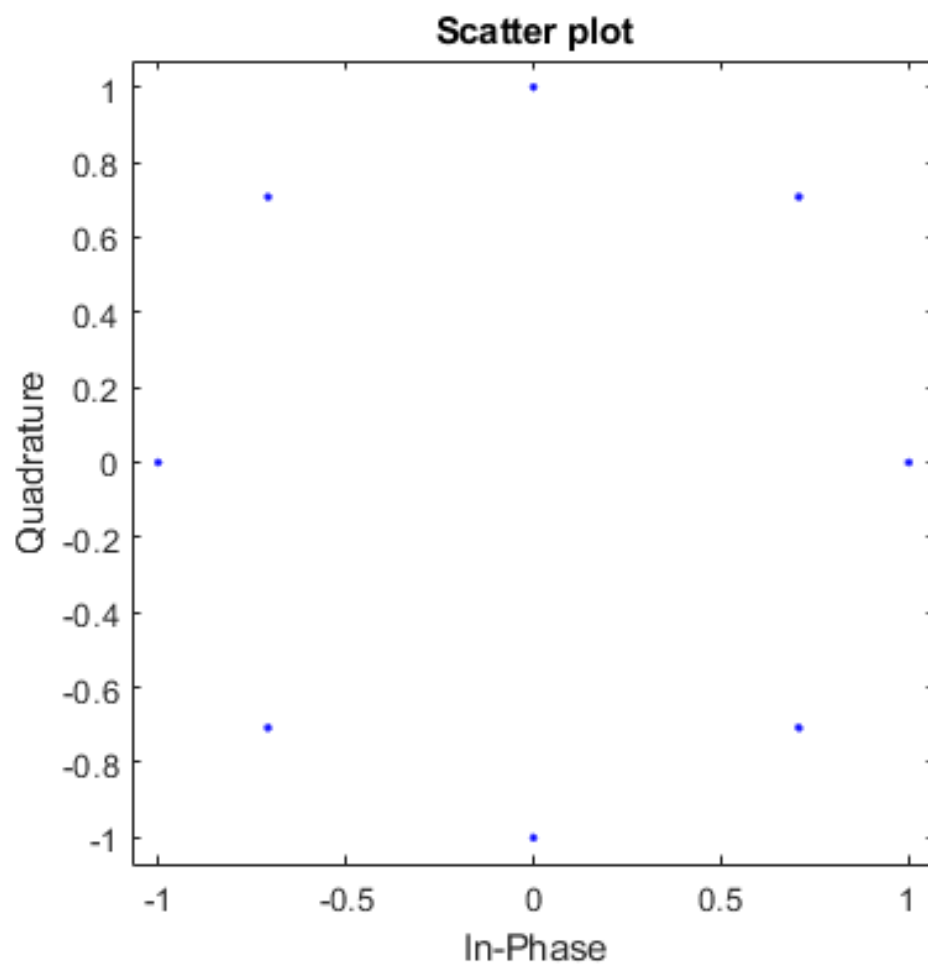


Рис. 22: Сигнальное созвездие FSK

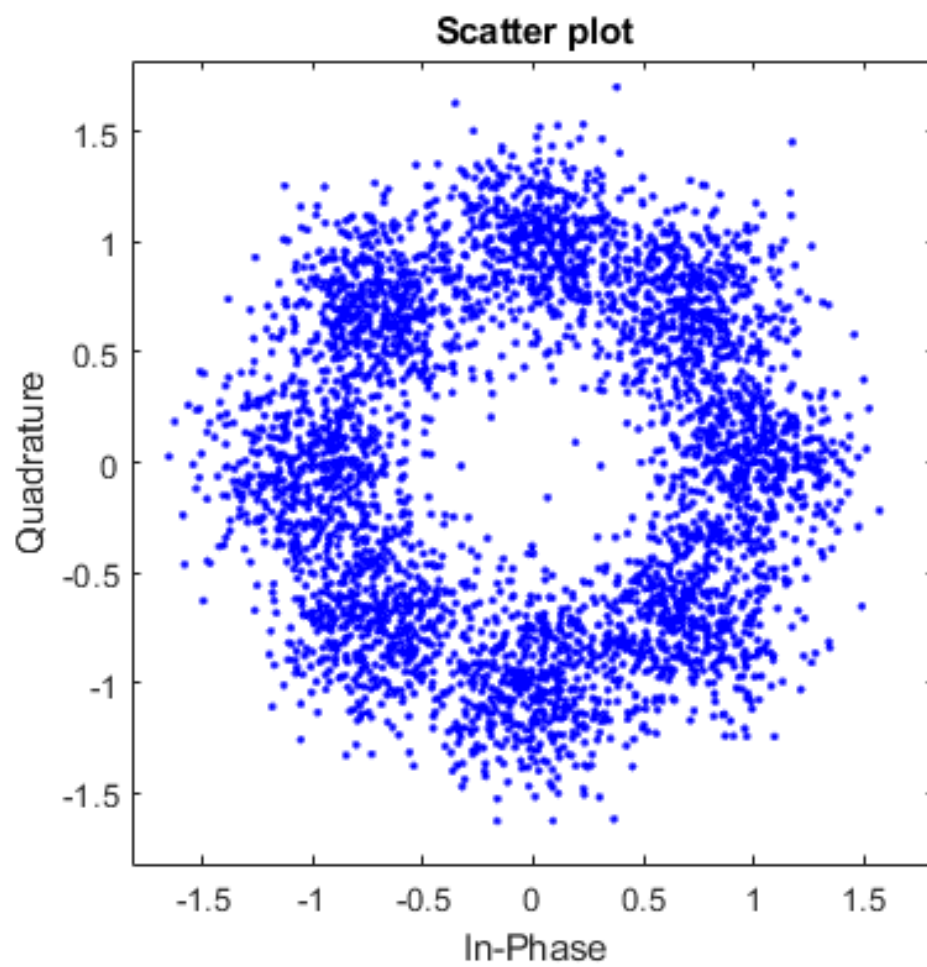


Рис. 23: Зашумленное сигнальное созвездие FSK





Рис. 24: Исходный сигнал



Рис. 25: Демодулированный сигнал

С помощью `sumerr` и `biterr` были получены следующие данные:

- Ошибочных символов - 0
- Вероятность - 0
- Ошибочных битов - 0
- Вероятность - 0

## 5 Выводы

В ходе работы рассмотрены такие виды цифровой модуляции, как BPSK, PSK, OQPSK, genQAM, MSK и FSK. Выполнена модуляция и демодуляция, также получены сигнальные созвездия.