

Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет
Институт компьютерных наук и технологий
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

ОТЧЕТ

По лабораторной работе №6

Дисциплина: Телекоммуникационные технологии

Тема: Цифровая модуляция

Выполнила студентка гр. 33501/2 _____ Белобородова В. Г.

Преподаватель _____ Богач Н.В.

< ____ > _____ 2018 г.

Санкт-Петербург
2018

Оглавление

1. Цель работы.....	3
2. Постановка задачи	3
3. Теоретические сведения.....	3
BPSK, PSK	3
OQPSK.....	4
QAM.....	5
MSK	6
MFSK	6
4. Ход работы	6
BPSK.....	6
PSK-8	8
OQPSK.....	10
genQAM.....	11
MSK	13
FSK.....	14
5. Вывод	16

Список иллюстраций

Рис. 4.1 – Сигнальное созвездие BPSK без шума.....	7
Рис. 4.2 – Сигнальное созвездие BPSK с шумом	7
Рис. 4.3 – Сигнальное созвездие BPSK с сильным шумом	8
Рис. 4.4 – Сигнальное созвездие PSK-8.....	9
Рис. 4.5 – Сигнальное созвездие PSK-8 с шумом.....	9
Рис. 4.6 – Вероятность ошибки разных манипуляций в зависимости от шума	10
Рис. 4.7 – Сигнальное созвездие OQPSK	11
Рис. 4.8 – Сигнальное созвездие OQPSK с шумом	11
Рис. 4.9 – Сигнальное созвездие QAM	12
Рис. 4.10 – Сигнальное созвездие QAM с шумом	13
Рис. 4.11 – Сигнальное созвездие MSK.....	14
Рис. 4.12 – Сигнальное созвездие MSK с шумом.....	14
Рис. 4.13 – Сигнальное созвездие FSK	15
Рис. 4.14 – Сигнальное созвездие FSK с шумом	16

1. Цель работы

Изучить методы модуляции цифровых сигналов.

2. Постановка задачи

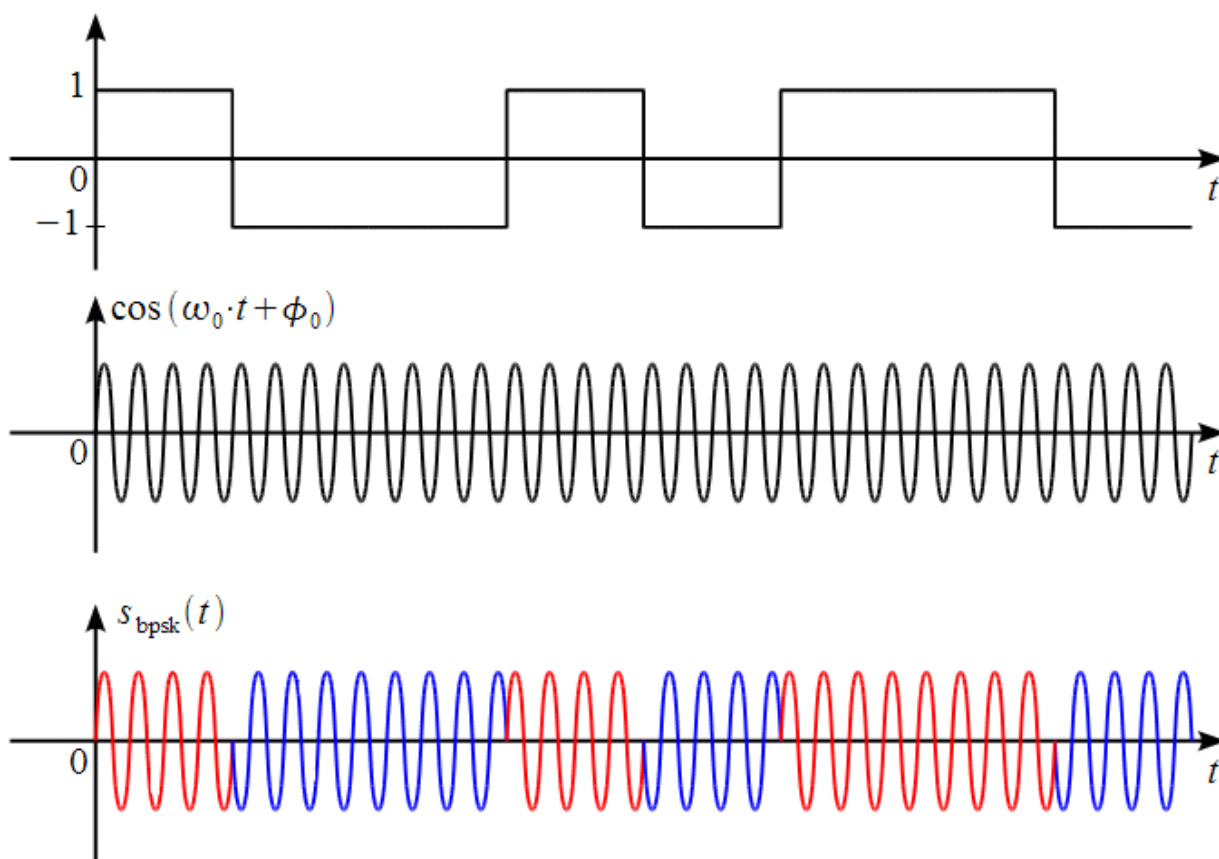
1. Получить сигналы BPSK, PSK, OQPSK, genQAM, MSK модуляторов.
2. Построить их сигнальные созвездия.
3. Провести сравнение изученных методов модуляции цифровых сигналов.

3. Теоретические сведения

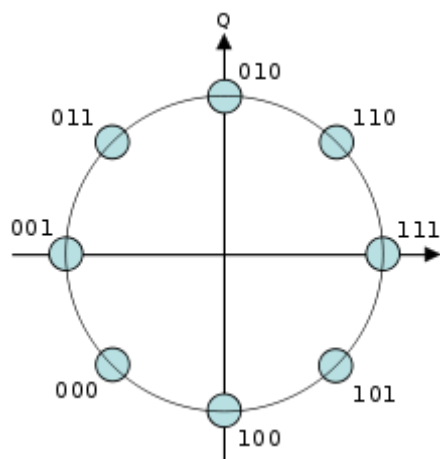
BPSK, PSK

Binary phase-shift keying. Двоичная фазовая манипуляция. Так как кодируемыми значениями могут быть только 0 и 1, значения фазы несущего колебания принимают значение 0 и 180 градусов.

Вот пример такой модуляции:



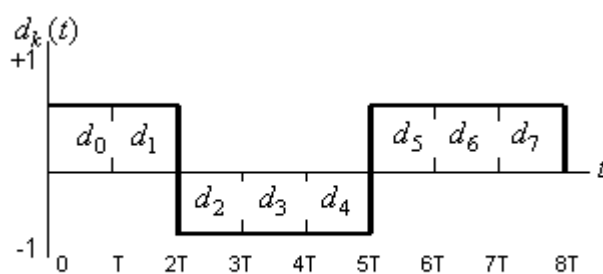
PSK отличается от двоичного PSK тем, что можно выбрать другое количество состояний. Например, 8:



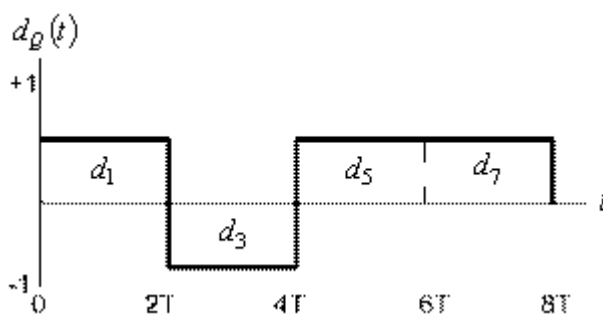
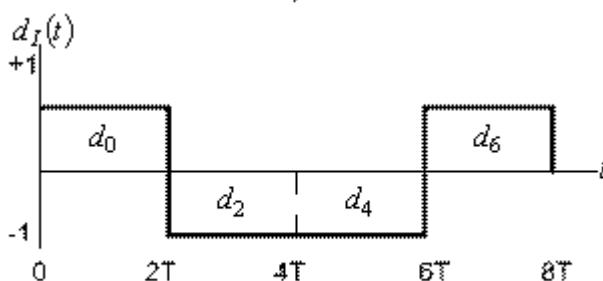
OQPSK

Offset quadrature phase-shift keying. Четырёхпозиционная фазовая модуляция со сдвигом квадратур.

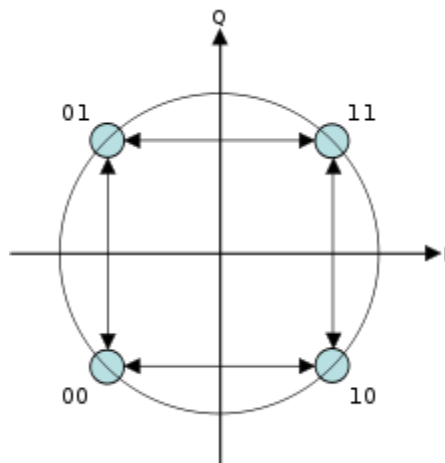
Разобьём исходный цифровой сигнал и поделим чётные и нечётные отсчеты по группам:



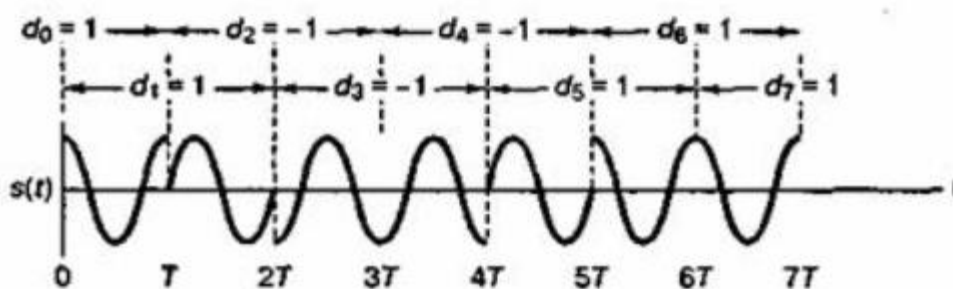
A)



Передавать сообщение будем по парам $d(\text{четн})+d(\text{нечетн})$. В таком случае за раз не может измениться более одного компонента данной структуры. Потому переходы фазы между единицами сообщения не могут быть более 90 градусов:



Сообщение, полученное для рассмотренного выше кода:

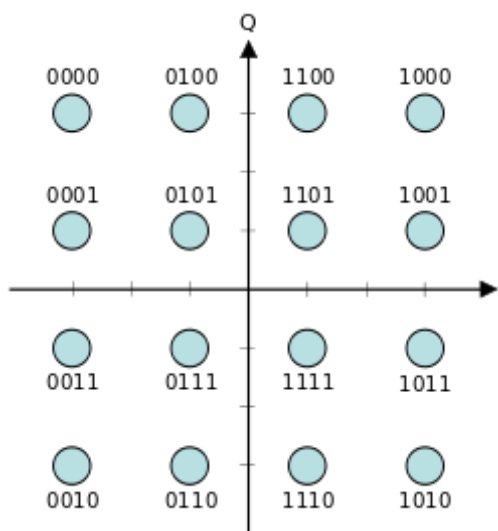


QAM

Квадратурная амплитудная модуляция КАМ служит примером модуляции с большим числом бит в символах. Следовательно, можно получить и большее число состояний. Название 16-QAM означает 16 состояний на сигнальном созвездии, а 64-QAM означает 64 состояния. КАМ совмещает в себе амплитудную и фазовую модуляции. Выходные колебания образуются сложением модулированных сигналов квадратурных каналов, как и при фазовой манипуляции, однако обе несущие теперь модулированы и по амплитуде.

Логической 1 соответствует сигнал $\pm A_m$. (знак минус соответствует смене фазы модулированных колебаний на π), а логическому 0 соответствует нулевой уровень. Причем логическая 1 создает на выходе модулятора колебания с амплитудой A_m , а логический 0 не создает колебаний. Выходной сигнал, таким образом, будет модулирован (точнее, манипулирован) и по фазе, и по амплитуде.

Пример карты для QAM-16:



MSK

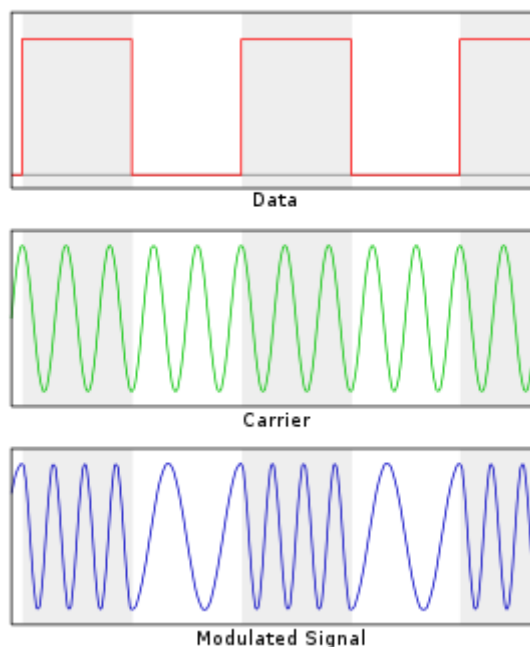
Minimal Shift Keying. Модуляция с минимальным разнесом частот.

MFSK

Multiple frequency-shift keying. Многопозиционная частотная модуляция.

Это FSK с более чем двумя словами в алфавите.

FSK передаёт биты 0 и 1 разными частотами. Пример:



4. Ход работы

BPSK

```
% Сигнал
m2 = 2;
s2 = randi([0 m2-1], [1 256]);

%BPSK
bpsk = pskmod(s2, m2); % Модуляция
scatterplot(bpsk);      % Созвездие
bpsk_noise = awgn(bpsk, 10); % Добавление помех
scatterplot(bpsk_noise);
bpsk_demod = pskdemod(bpsk_noise, m2);

[a1, b1] = symerr(s2, bpsk_demod)
```

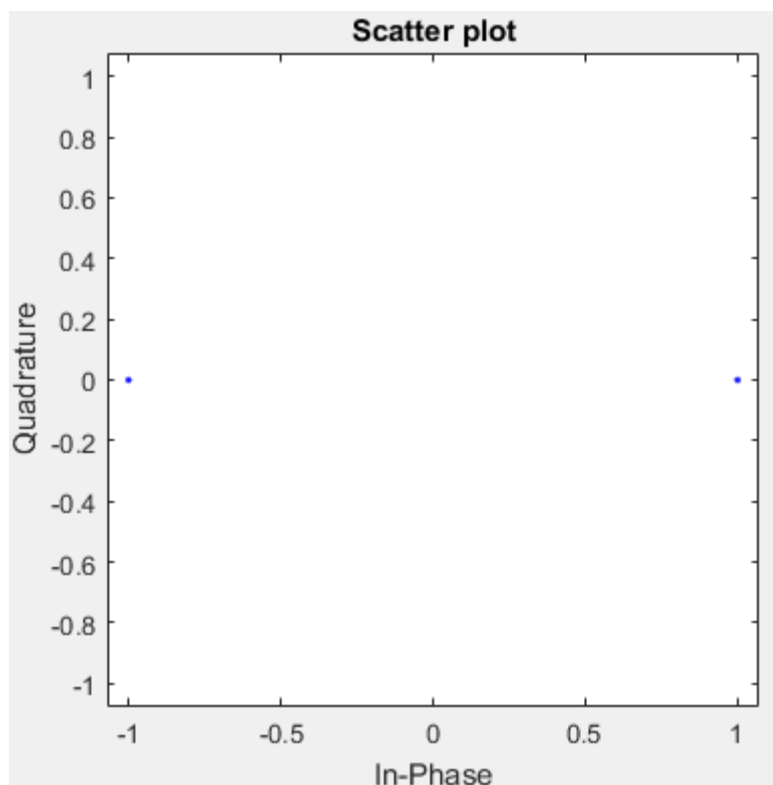


Рис. 4.1 – Сигнальное созвездие BPSK без шума

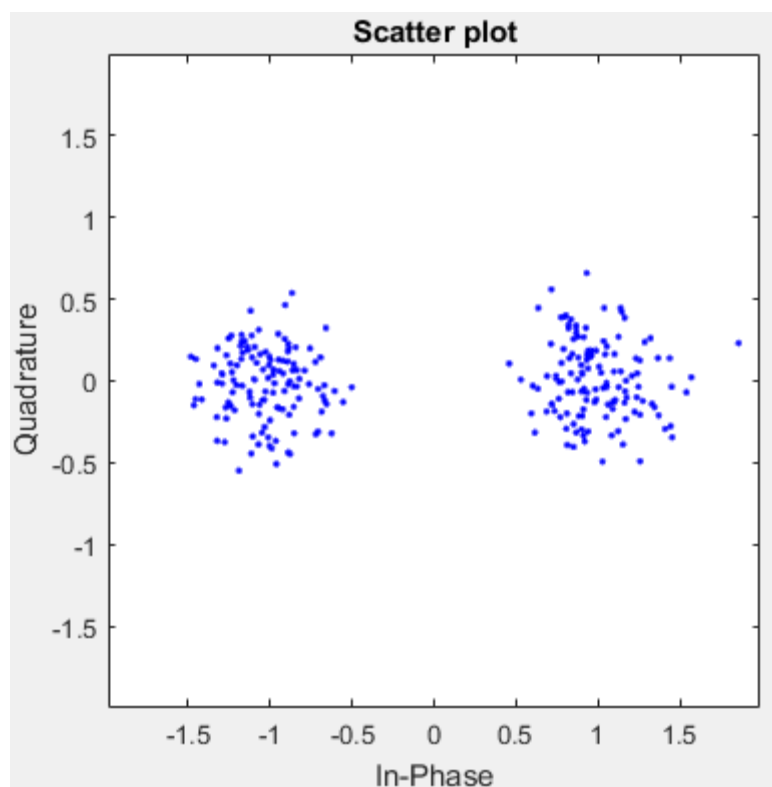


Рис. 4.2 – Сигнальное созвездие BPSK с шумом

Приводить 256-битные сообщения смысла нет. Функции `sumerr` и `biterr` рассчитали, что сообщения оригинальное и декодированное из шума совпадают полностью.

Чтобы получить неверное сообщение, нужно сильно увеличить уровень шума, например, в 5 раз:

```
bpsk_noise = awgn(bpsk, 2); % Добавление помех
scatterplot(bpsk_noise);
```

```
bpsk_demod = pskdemod(bpsk_noise, m2);
[a1, b1] = symerr(s2, bpsk_demod)
```

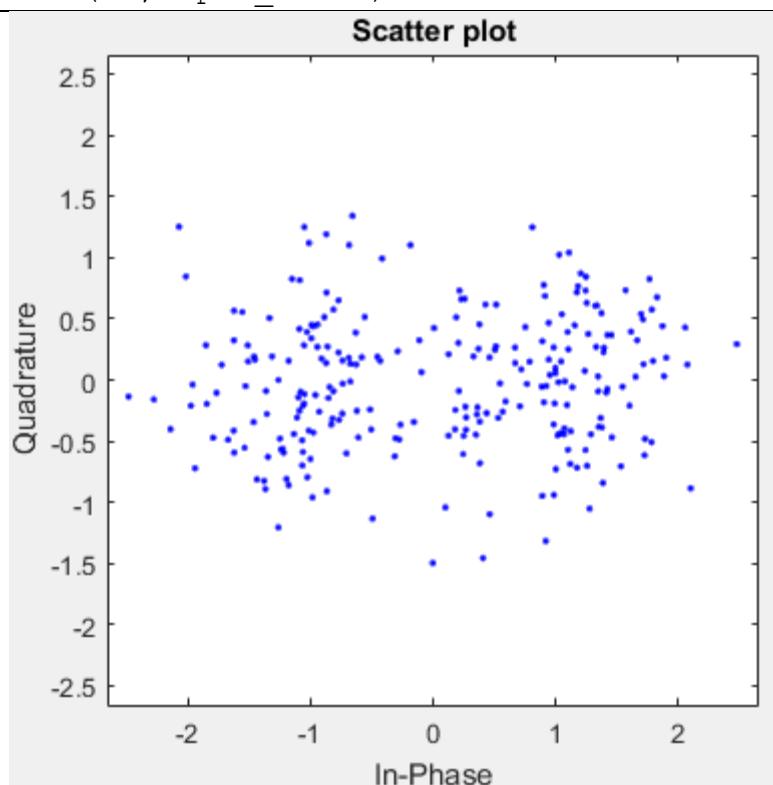


Рис. 4.3 – Сигнальное созвездие BPSK с сильным шумом

Действительно, теперь посылки не совпадают и получены результаты:

```
a1 =
      7

b1 =
0.027343750000000
```

Т.е. 7 символов не удалось декодировать верно. Такое значение шума недопустимо для передачи данной посылки.

PSK-8

```
% Сигнал
m8 = 8;
s8 = randi([0 m8-1], [1 256]);

%PSK-8
psk = pskmod(s8, m8); % Модуляция
scatterplot(psk);      % Созвездие
psk_noise = awgn(psk, 20); % Добавление помех
scatterplot(psk_noise);
psk_demod = pskdemod(psk_noise, m8);

[a1, b1] = symerr(s8, psk_demod)
```

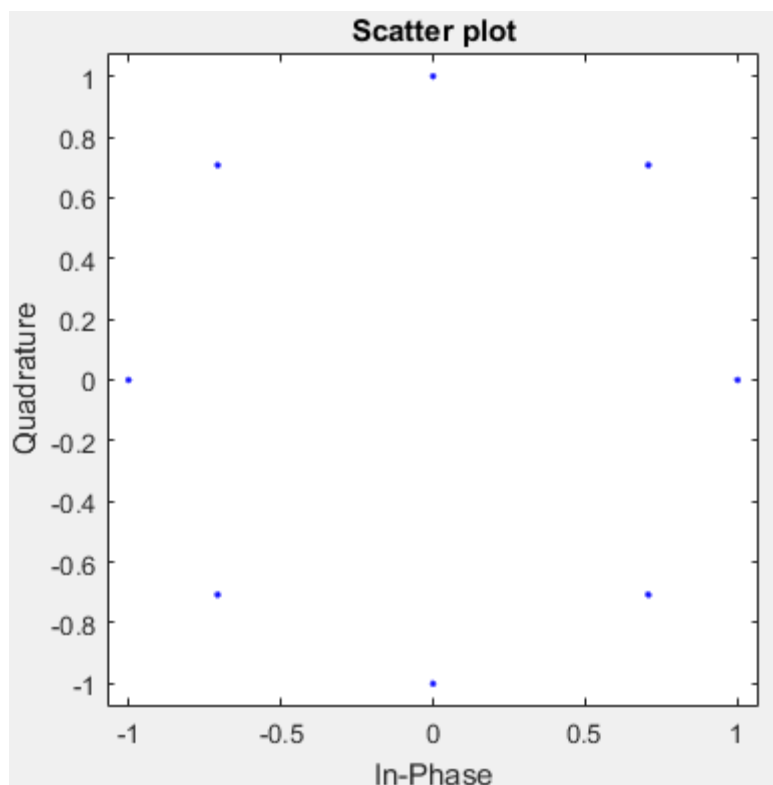



Рис. 4.4 – Сигнальное созвездие PSK-8

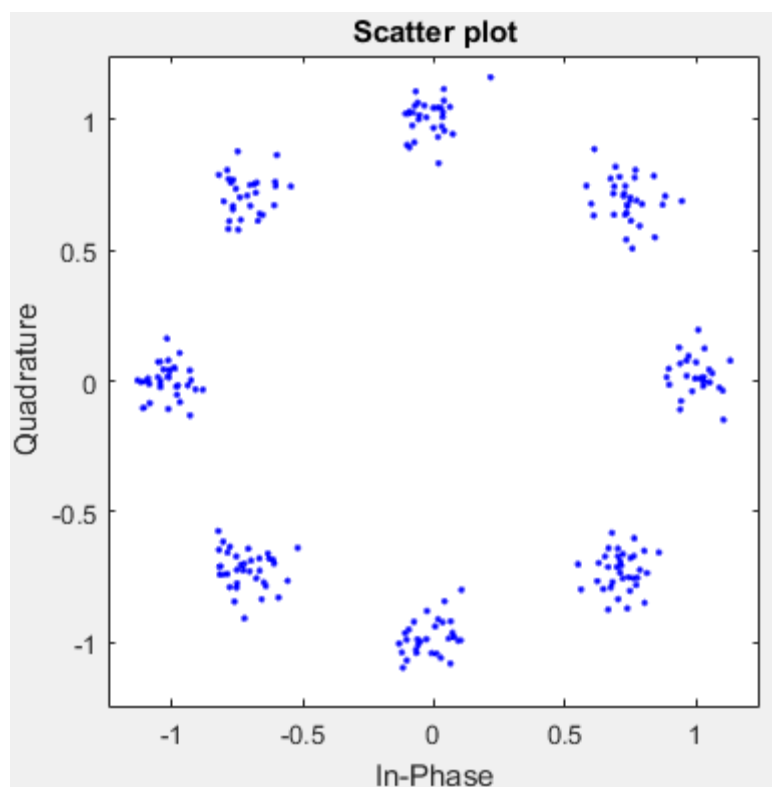


Рис. 4.5 – Сигнальное созвездие PSK-8 с шумом

Как ясно из прошлого эксперимента, можно на глаз определить, сможет ли сигнал декодироваться верно. В данном случае шум не достаточно сильный, чтобы перепутать слова посылки. Сообщение декодировалось полностью верно.

Стоит заметить, что с увеличением количества фаз система может работать без ошибок при меньшем и меньшем шуме. Это относится к любым методам кодирования, ведь чем

больше состояний, тем меньше расстояния между ними и больше вероятность ошибочного декодирования при наличии шума.

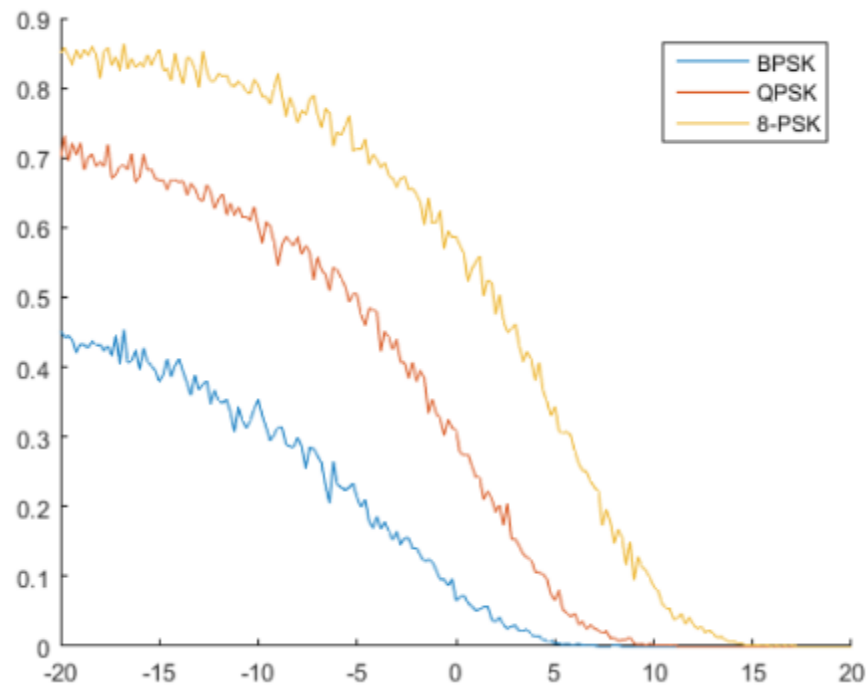


Рис. 4.6 – Вероятность ошибки разных манипуляций в зависимости от шума

OQPSK

```
% Сигнал
m4 = 4;
s4 = randi([0 m4-1], [1 256]);

% OQPSK
oqpsk = oqpskmod(s4, m4); % Модуляция
scatterplot(oqpsk);        % Созвездие
oqpsk_noise = awgn(oqpsk, 15); % Добавление помех
scatterplot(oqpsk_noise);
oqpsk_demod = oqpskdemod(oqpsk_noise, m4);

[a1, b1] = symerr(s4, oqpsk_demod)
```

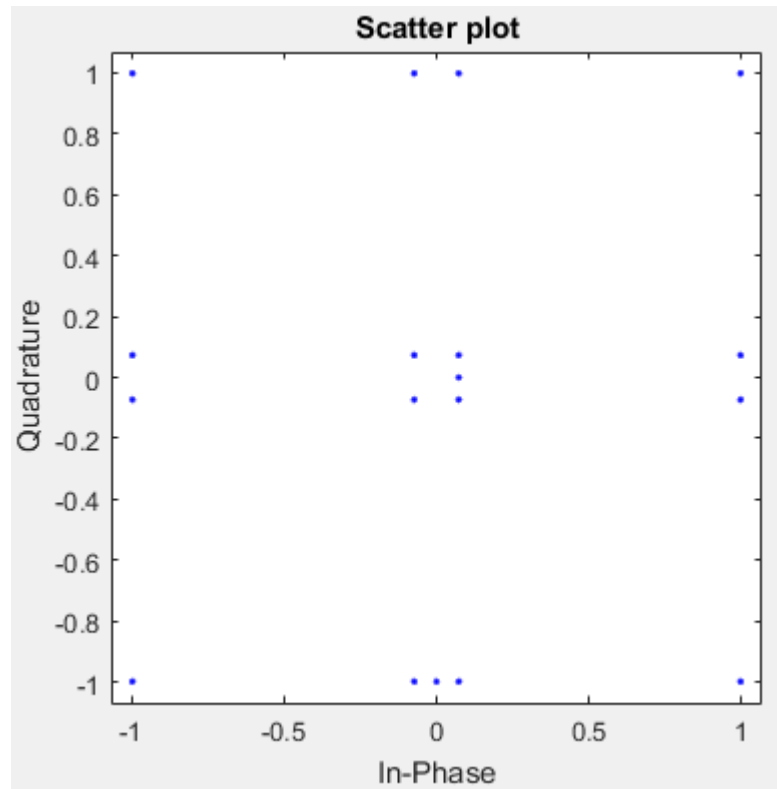


Рис. 4.7 – Сигнальное созвездие OQPSK

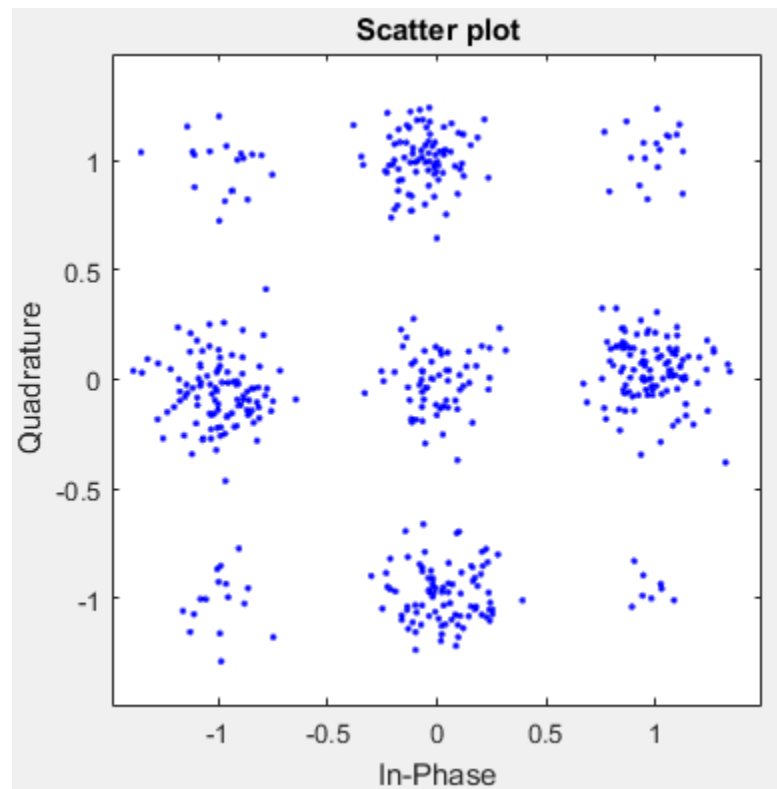


Рис. 4.8 – Сигнальное созвездие OQPSK с шумом

Сообщение получено 100% верно.

genQAM

Шум специально подобран так, чтобы сообщение передавалось верно.

```
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, 18);
scatterplot(sig_noise);
sig_demod = genqamdemod(sig_noise, const);
[a1, b1] = symerr(signal, sig_demod)

```

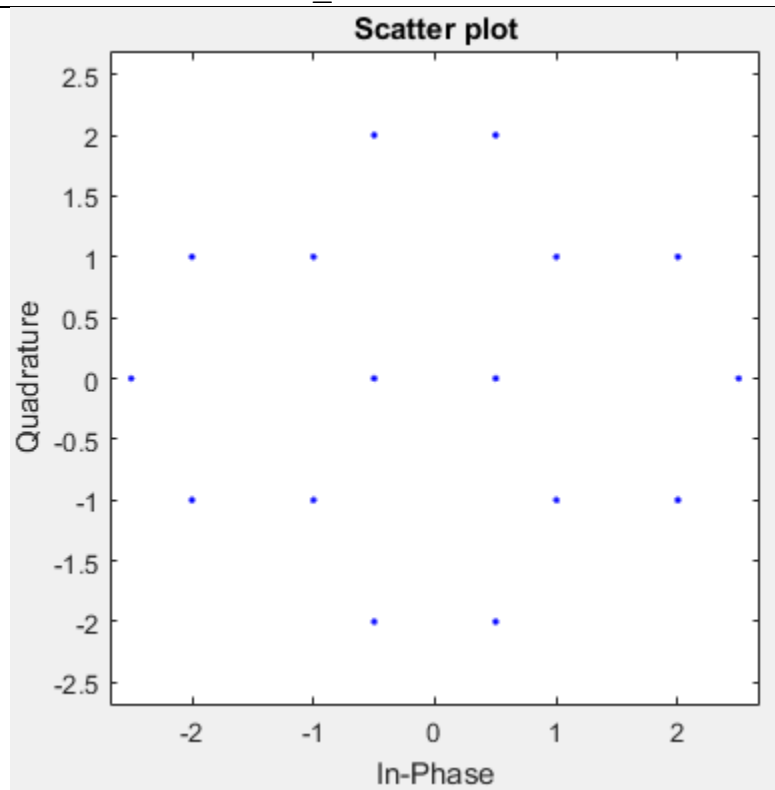


Рис. 4.9 – Сигнальное созвездие QAM

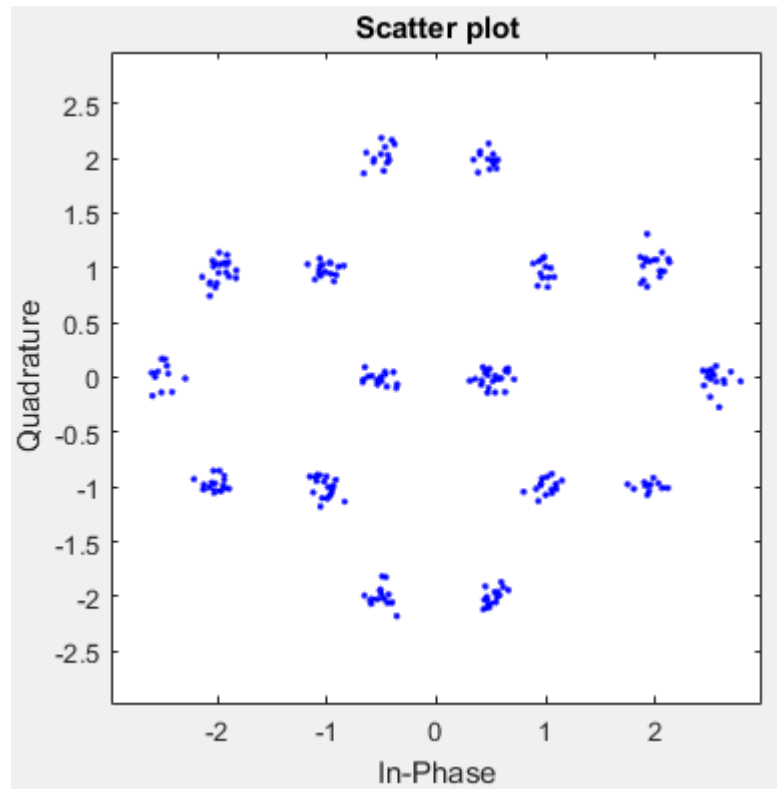


Рис. 4.10 – Сигнальное созвездие QAM с шумом

MSK

```
m = 2;
n = 7;
signal = randi([0 m-1], [1 256]);
y = mskmod(signal, n);
scatterplot(y);
sig_noise = awgn(y, 2);
scatterplot(sig_noise);
sig_demod = mskdemod(sig_noise, n);
[a1, b1] = symerr(signal, sig_demod)
```

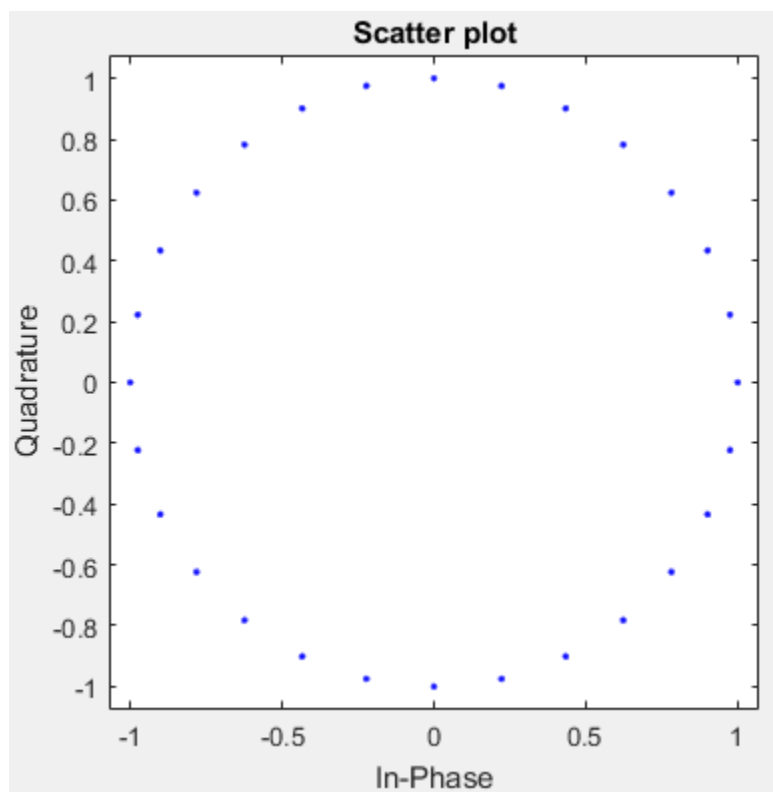


Рис. 4.11 – Сигнальное созвездие MSK

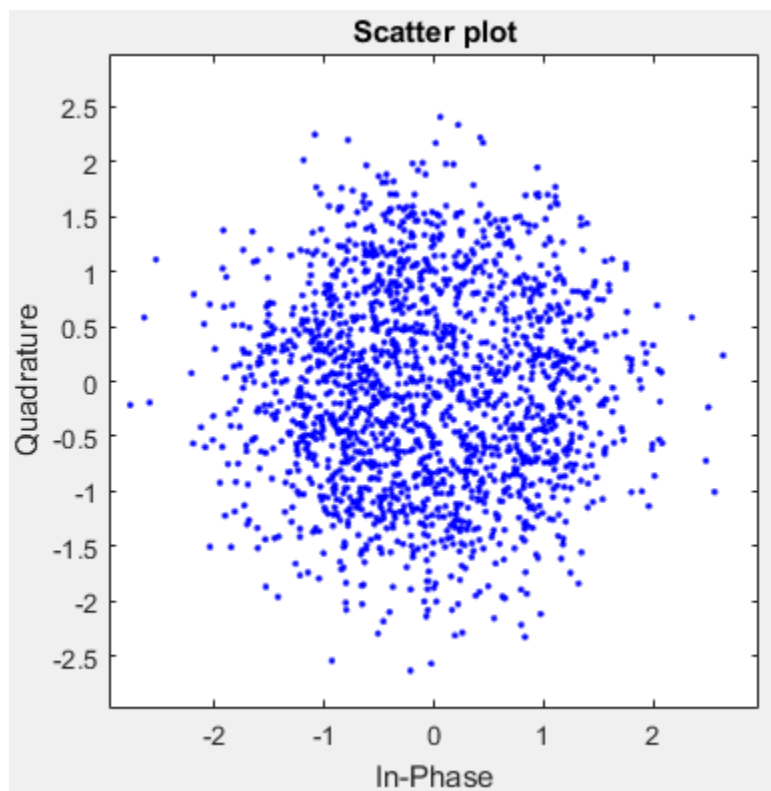


Рис. 4.12 – Сигнальное созвездие MSK с шумом

В декодированном сообщении обнаружен 1 неверный бит из 256. Для получения большей ошибки необходимо уменьшить количество слов на бит n .

FSK

```
m = 2;
nsamp = 8;
```

```

freq = 8;
signal = randi([0 m-1], [1 256]);
fs = 32;
y = fskmod(signal, m, freq, nsamp, fs);
scatterplot(y);
sig_noise = awgn(y, 15);
scatterplot(sig_noise);
sig_demod = fskdemod(sig_noise, m, freq, nsamp, fs);
[a1, b1] = symerr(signal, sig_demod)

```

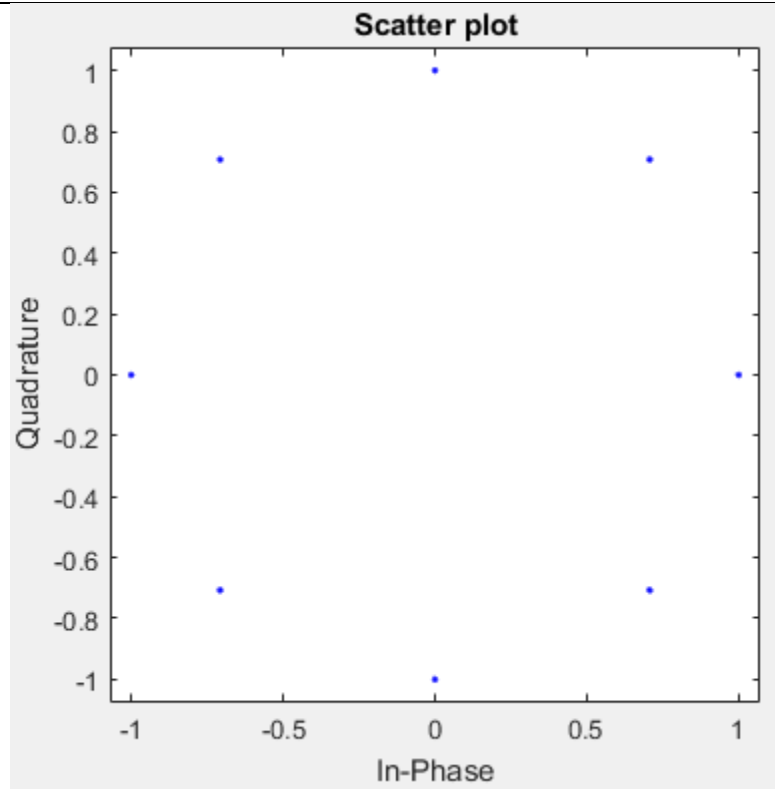


Рис. 4.13 – Сигнальное созвездие FSK

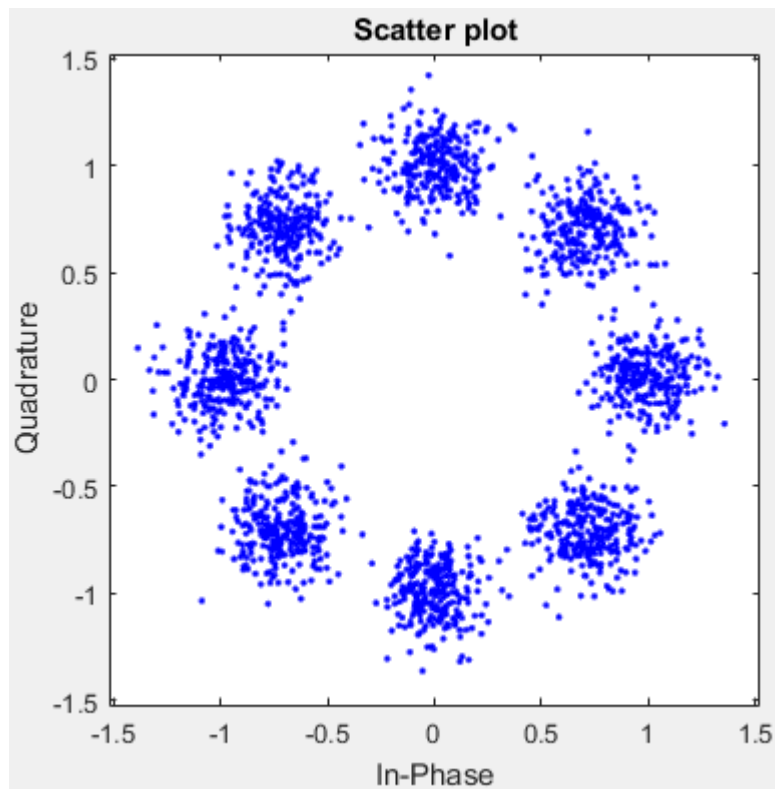


Рис. 4.14 – Сигнальное созвездие FSK с шумом

Посылка получена верно на 100%.

5. Вывод

В данной работе проведены манипуляции цифровых сигналов с 2, 4, 8, 16 состояниями. Сигналы закодированы и декодированы.

На основе полученных диаграмм можно сделать вывод, что различные способы модуляции (манипуляции) следует использовать в различных случаях. Например, если передача ведётся по достаточно помехозащищённому каналу, можно выбрать модуляцию с 4, 16 или 32 состояниями и передавать за 1 единицу времени больше информации. Если канал наоборот настолько зашумлён, что даже BPSK не может дать нужной надёжности, стоит использовать MSK-8+.