

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

Отчёт по лабораторной работе

Дисциплина: Телекоммуникационные технологии

Тема: Цифровая модуляция.

Выполнил студент гр. 33501/3
Преподаватель

Федосеенков Н.Ю.
Богач Н.В.

Санкт-Петербург
2018 г.

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

Модуляция – это процесс изменения каких-либо параметров несущего сигнала под действием информационного потока. Данный термин обычно применяют для аналоговых сигналов. Применительно к цифровым сигналам существует другой термин "манипуляция" однако его часто заменяют все тем же словом "модуляция" подразумевая, что речь идет о цифровых сигналах. В цифровой модуляции аналоговый несущий сигнал модулируется цифровым битовым потоком.

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.

Этот набор манипуляций определяется основными характеристиками, которыми обладает любой сигнал.

3.1 Амплитудная модуляция

При амплитудной манипуляции каждому цифровому символу сопоставляется своя амплитуда несущего сигнала. Частота и фаза манипулированного сигнала остаются неизменными. Амплитудная манипуляция редко используется на практике, т.к. из всех видов манипуляции наименее помехоустойчива. Амплитудная манипуляция обычно применяется в сочетании с другими видами манипуляции.

3.2 Частотная модуляция

При частотной манипуляции каждому цифровому символу сопоставляется своя частота несущего сигнала. Амплитуда и фаза манипулированного сигнала не меняются. Частотно-манипулированные FSK сигналы одни из самых распространенных в современной цифровой связи. Это обусловлено прежде всего простотой их генерирования и приема, ввиду нечувствительности к начальной фазе.

3.3 Фазовая модуляция

При фазовой манипуляции каждому цифровому символу сопоставляется своя начальная фаза несущего сигнала при неизменной амплитуде. Данный вид манипуляции наиболее сложен в реализации, но и наиболее помехоустойчив по сравнению с двумя другими видами манипуляции. В настоящее время разработано несколько вариантов двухпозиционной (бинарной) и многопозиционной фазовой манипуляции. В радиосистемах передачи информации наиболее часто применяются двоичная, четырех позиционная и восьми позиционная фазовая манипуляция (ФМн). Данные сигналы обеспечивают высокую скорость передачи, применяются в радиосвязи, в системах фазовой телеграфии, при формировании сложных сигналов. Наиболее простой является бинарная ФМн, при которой изменение фазы несущего колебания происходит скачком в определенные моменты первичного сигнала на 0 или 180°; при этом его амплитуда и частота несущей остаются неизменными.

3.4 Квадратурная модуляция

Смысл квадратурно модуляции заключается в представлении гармонического колебания с произвольной фазой линейной комбинацией синусоидального и косинусоидального колебания. Квадратурное представление сигнала заключается в выражении колебания линейной комбинацией двух ортогональных составляющих – квадратурной и синфазной. Таким образом, в качестве манипулирующих сигналов используют сигналы, отличающиеся по структуре от исходных передаваемых двоичных сигналов, для формирования которых используется специальное кодирующее устройство - кодер модулятора.

4 Ход работы

4.1 BPSK

```
1      %BPSK
2
3      % Генерация случайных величин
4 -   msg = randi([0 1], 10, 1)
5      % M=2
6 -   mod_signal=pskmod(msg, 2);
7      % Вывод сигнального созвездия BPSK
8 -   scatterplot(mod_signal)
9      % Моделирование ошибок
10 -   err_signal = (randerr(1, 10, 3) ./ 30)';
11 -   mod_signal = mod_signal + err_signal;
12      % Получили сигнал
13 -   demod_signal = pskdemod(mod_signal, 2);
14      % Число ошибок и вероятность ошибки на символ
15 -   [numBPSK, chanceBPSK] = symerr(msg, demod_signal);
16 -   [BITnumBPSK, BITchanceBPSK] = biterr(msg, demod_signal);
17 -   numBPSK
18 -   chanceBPSK
```

Рис. 4.1: Код BPSK в Matlab

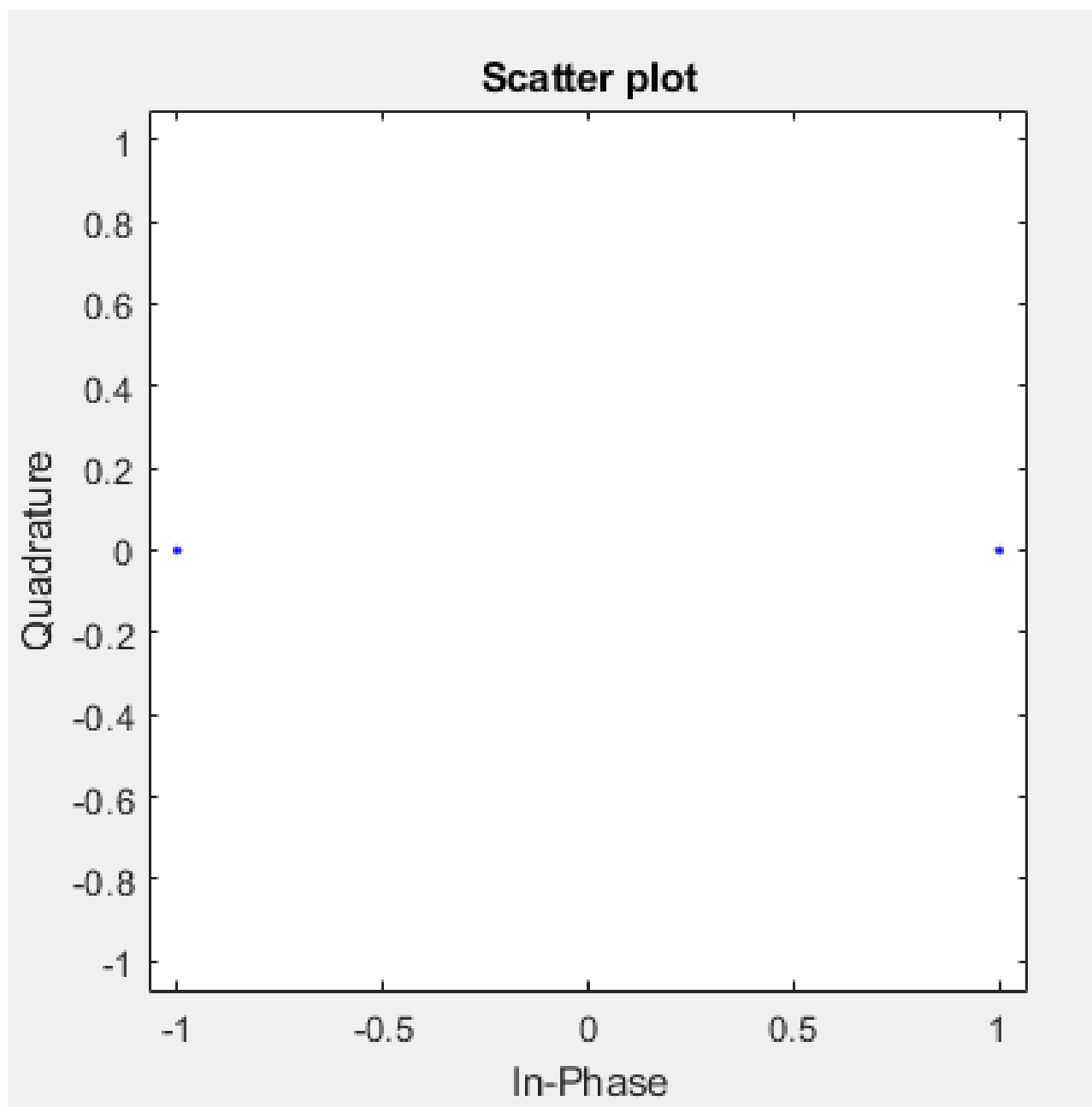


Рис. 4.2: Сигнальное созвездие BPSK

4.2 PSK

```
1      %PSK
2
3 -    msg = randi([0 7], 10, 1)
4      % M=8
5 -    mod_signal=pskmod(msg, 8);
6      % Вывод сигнального созвездия PSK
7 -    scatterplot(mod_signal)
8      % Моделирование ошибок
9 -    err_signal = (randerr(1, 10, 3) ./ 30)';
10 -    mod_signal = mod_signal + err_signal;
11     % Получили сигнал
12 -    demod_signal = pskdemod(mod_signal, 8);
13     % Число ошибок и вероятность ошибки на символ
14 -    [numBPSK, chanceBPSK] = symerr(msg, demod_signal);
15 -    [BITnumBPSK, BITchanceBPSK] = biterr(msg, demod_signal);
16 -    numBPSK
17 -    chanceBPSK
```

Рис. 4.3: Код PSK в Matlab

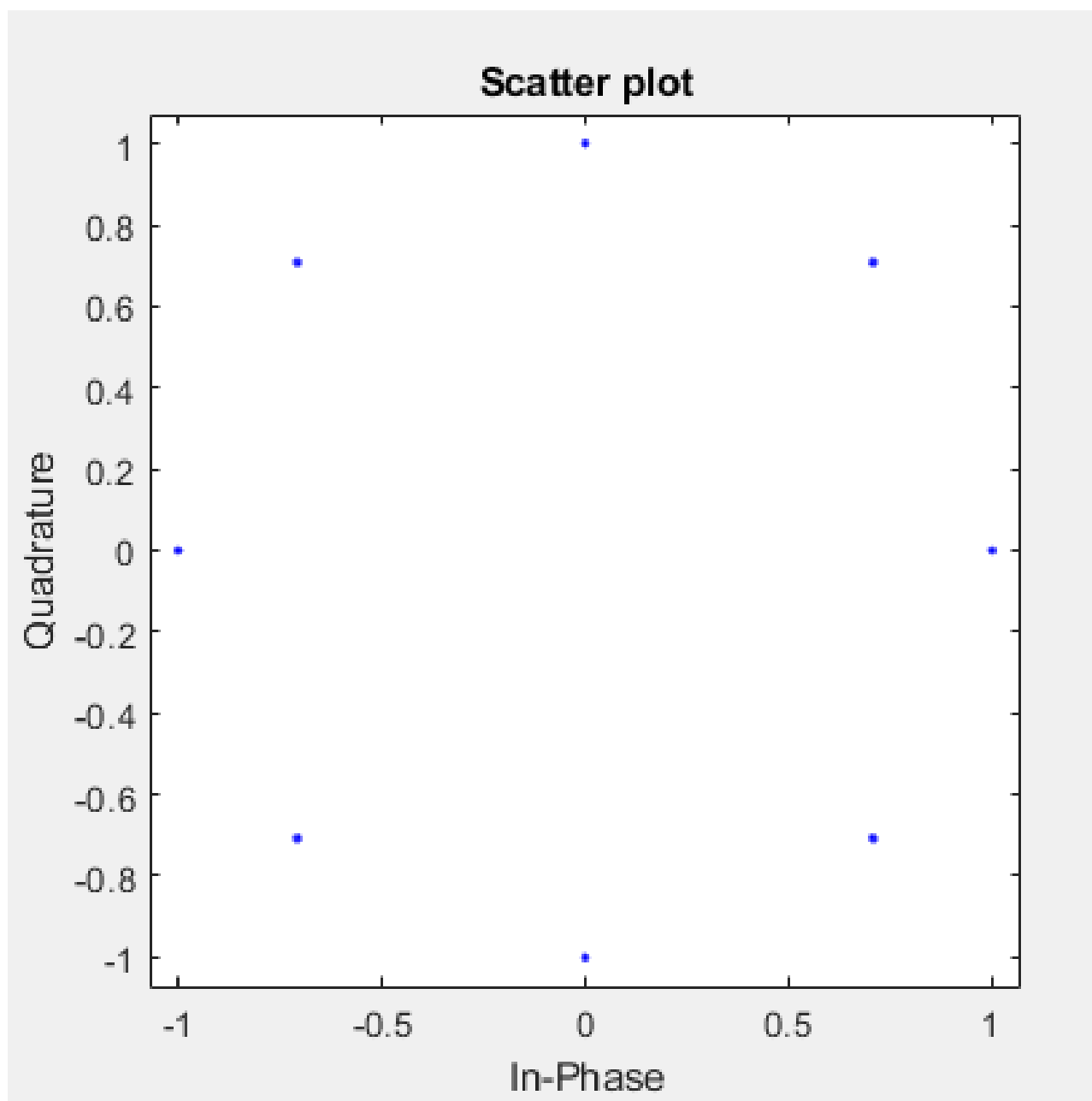


Рис. 4.4: Сигнальное созвездие PSK

4.3 OQPSK

```
1      % OQPSK
2 -    msg = randi([0 3], 1000, 1);
3      % M=4
4 -    mod_signal=oqpskmod(msg);
5      % Добавим незначительный шум на сигнал
6 -    mod_signal=awgn(mod_signal, 100);
7      % Демодуляция сигнала
8 -    demod_signal = oqpskdemod(mod_signal);
9      % Вывод сигнального созвездия OQPSK
10 -   scatterplot(mod_signal);
11      % Число ошибок и вероятность ошибки на символ
12 -   [numOQPSK, chanceOQPSK] = symerr(msg, demod_signal)
13 -   numOQPSK
14 -   chanceOQPSK
```

Рис. 4.5: Код OQPSK в Matlab

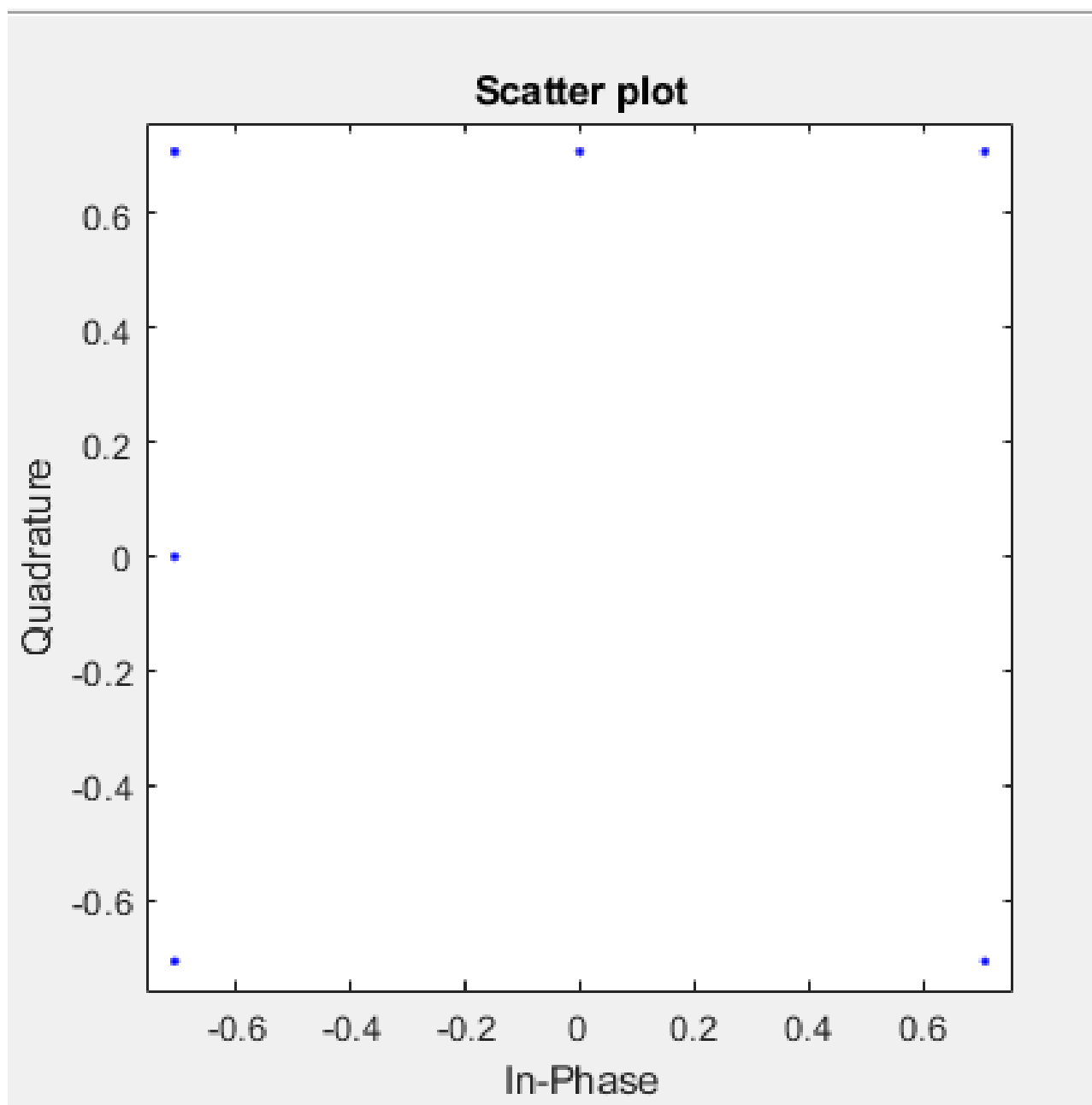


Рис. 4.6: Сигнальное созвездие OQPSK

4.4 genQAM

```
1      %genQAM
2 -    M = 10;
3 -    h = modem.genqammod('Constellation', exp(j*2*pi*[0:M-1]/M));
4 -    g = modem.genqamdemod('Constellation', exp(j*2*pi*[0:M-1]/M));
5      % Генерируем случайное сообщение
6 -    msg = randi([0 9], 100,1);
7      % Получаем сигнал
8 -    mod_signal = modulate(h,msg);
9      % Создаем ошибку
10 -    err_signal = (randerr(1,100,3) ./ 30)';
11 -    mod_signal = mod_signal + err_signal;
12     % Демодулируем
13 -    demod_signal = demodulate(g,mod_signal);
14     % Выводим сигнальное созвездие
15 -    scatterplot(mod_signal);
16     % Число ошибок и вероятность ошибки на символ
17 -    [numgenQAM, chancegenQAM] = symerr(msg, demod_signal)
18 -    [BITnumgenQAM, BITchanceQAM] = biterr(msg, demod_signal)
19 -    numOQPSK
20 -    chanceOQPSK
```

Рис. 4.7: Код genQAM в Matlab

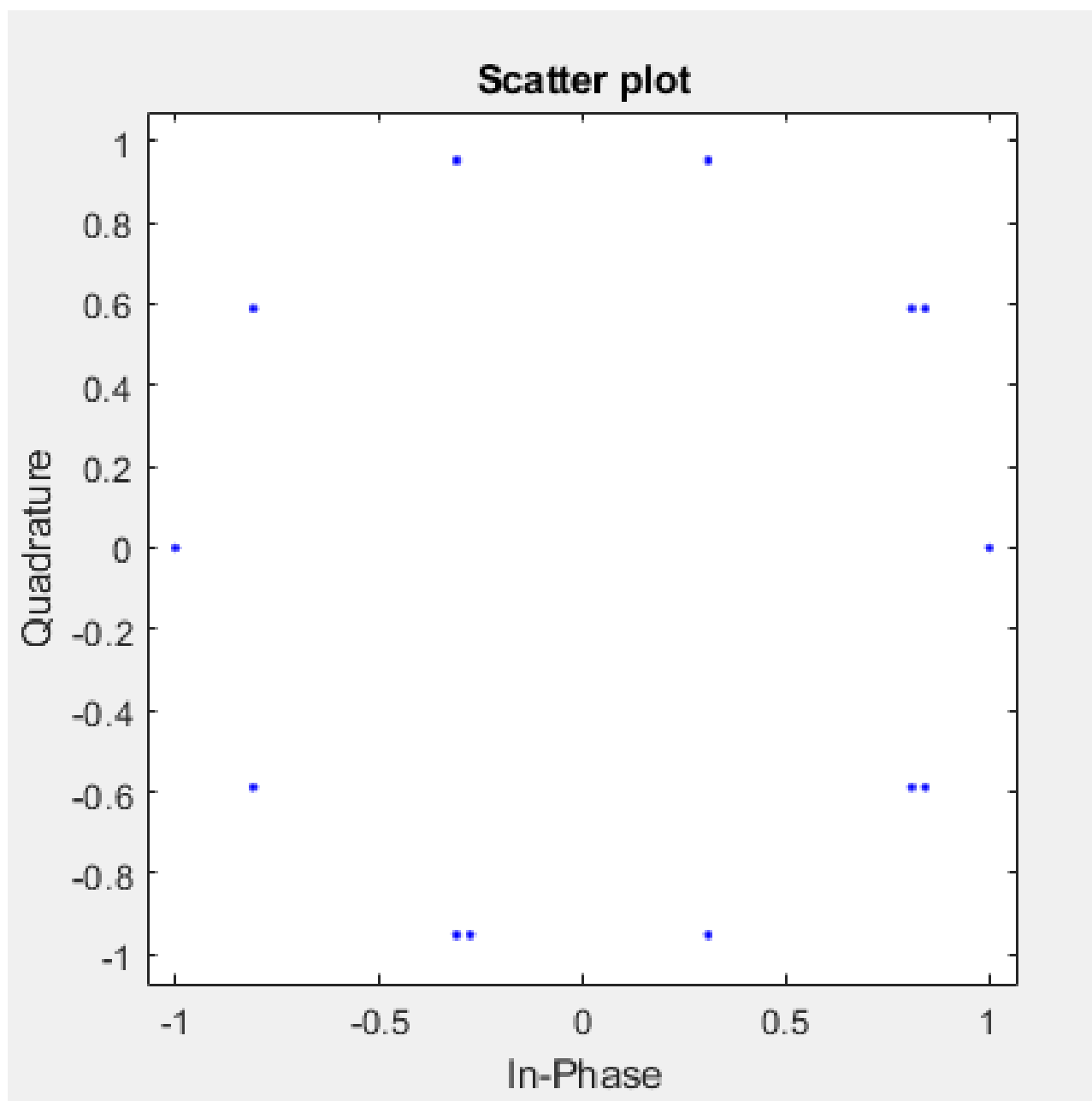


Рис. 4.8: Сигнальное созвездие genQAM

4.5 MSK

```
1      % MSK
2 -    M = 1;
3      % Генерируем случайное сообщение
4 -    msg = randi([0 M], 1000, 1);
5      % Получаем сигнал
6 -    mod_signal = mskmod(msg, 2);
7      % Добавим незначительный шум на сигнал
8 -    mod_signal = awgn(mod_signal, 100);
9      % Демодуляция сигнала
10 -    demod_signal = mskdemod(mod_signal, 2);
11     % Вывод сигнального созвездия MSK
12 -    scatterplot(mod_signal);
13     % Число ошибок и вероятность ошибки на символ
14 -    [numgenQAM, chancegenQAM] = symerr(msg, demod_signal)
15 -    [BITnumgenQAM, BITchanceQAM] = biterr(msg, demod_signal)
16 -    numOQPSK
17 -    chanceOQPSK
```

Рис. 4.9: Код MSK в Matlab

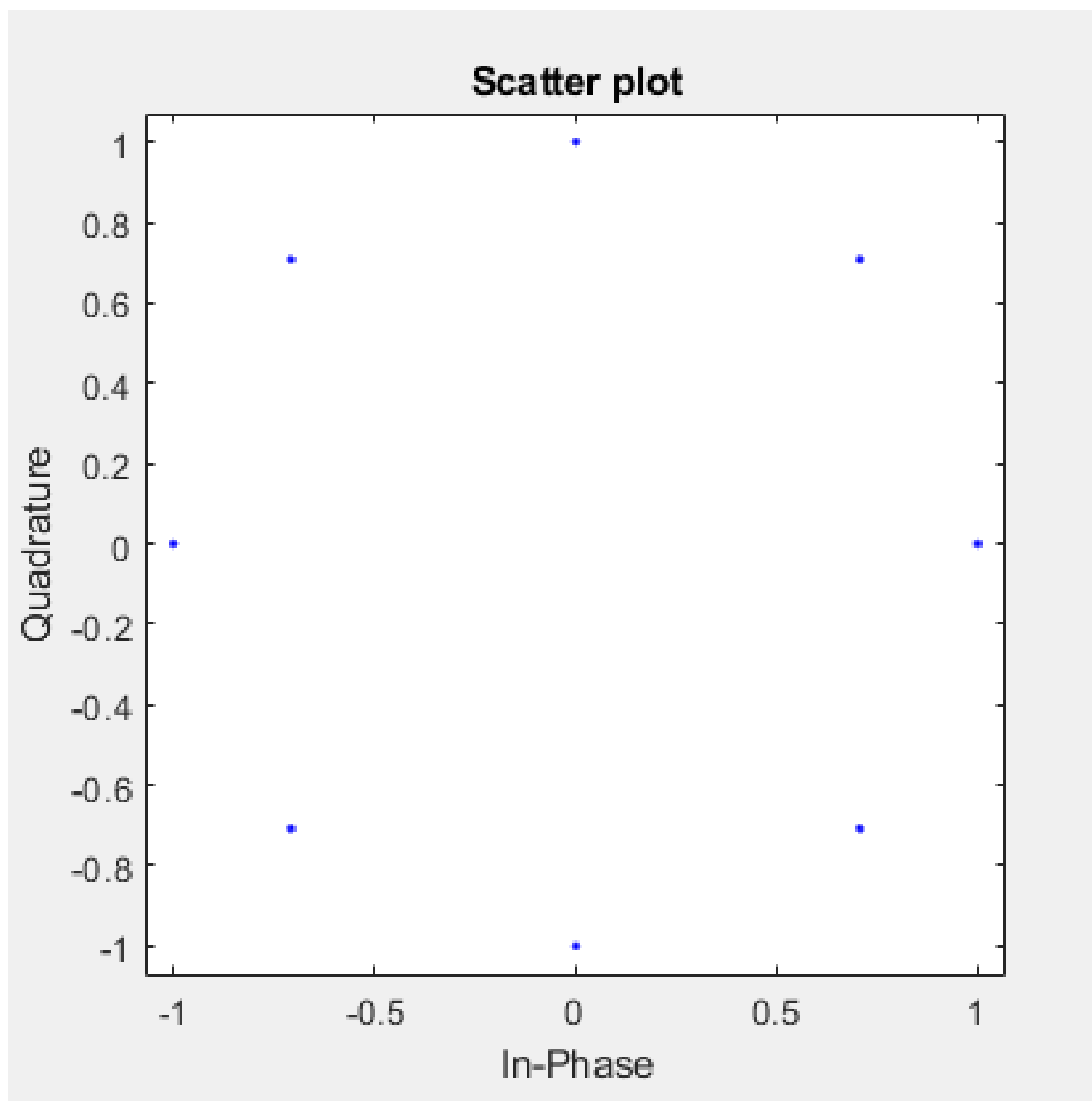


Рис. 4.10: Сигнальное созвездие MSK

4.6 FSK

```
1      % FSK
2 -    M = 4;
3      % Частота дискретизации
4 -    Fs = 32;
5      % Число сэмплов
6 -    numsamp = 8;
7      % Частотное разделение
8 -    frs = 8;
9      % Генерируем случайное сообщение
10 -    msg = randi([0 M-1], 1000, 1);
11     % Получаем сигнал
12 -    mod_signal = fskmod(msg, M, frs, numsamp, Fs);
13     % Добавим незначительный шум на сигнал
14 -    mod_signal = awgn(mod_signal, 100);
15     % Демодуляция сигнала
16 -    demod_signal = fskdemod(mod_signal, M, frs, numsamp, Fs);
17     % Вывод сигнального созвездия MSK
18 -    scatterplot(mod_signal);
19     % Число ошибок и вероятность ошибки на символ
20 -    [numgenQAM, chancegenQAM] = symerr(msg, demod_signal)
21 -    [BITnumgenQAM, BITchanceQAM] = biterr(msg, demod_signal)
22 -    numOQPSK
23 -    chanceOQPSK
```

Рис. 4.11: Код FSK в Matlab

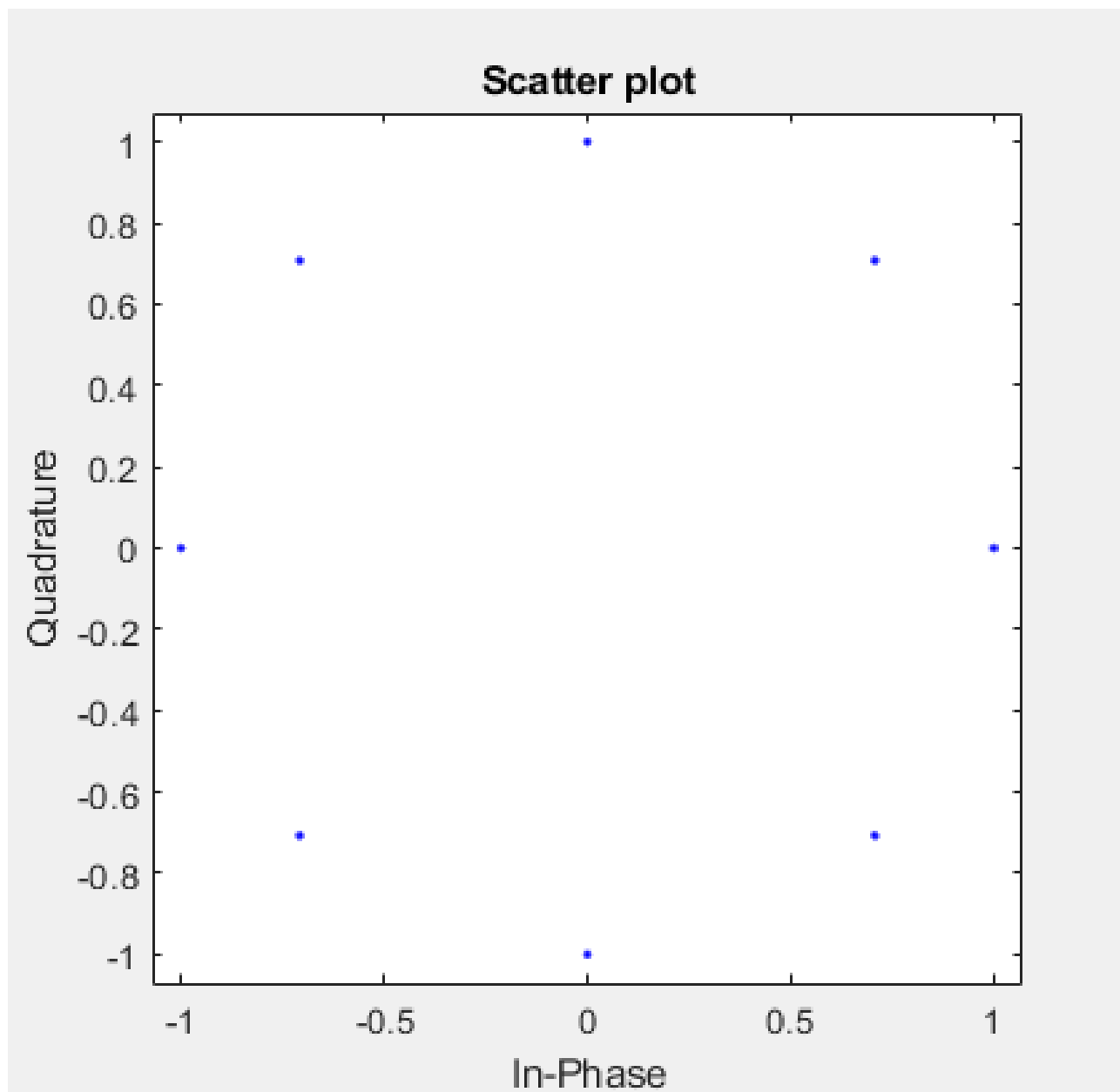


Рис. 4.12: Сигнальное созвездие FSK

4.7 Водопадные кривые

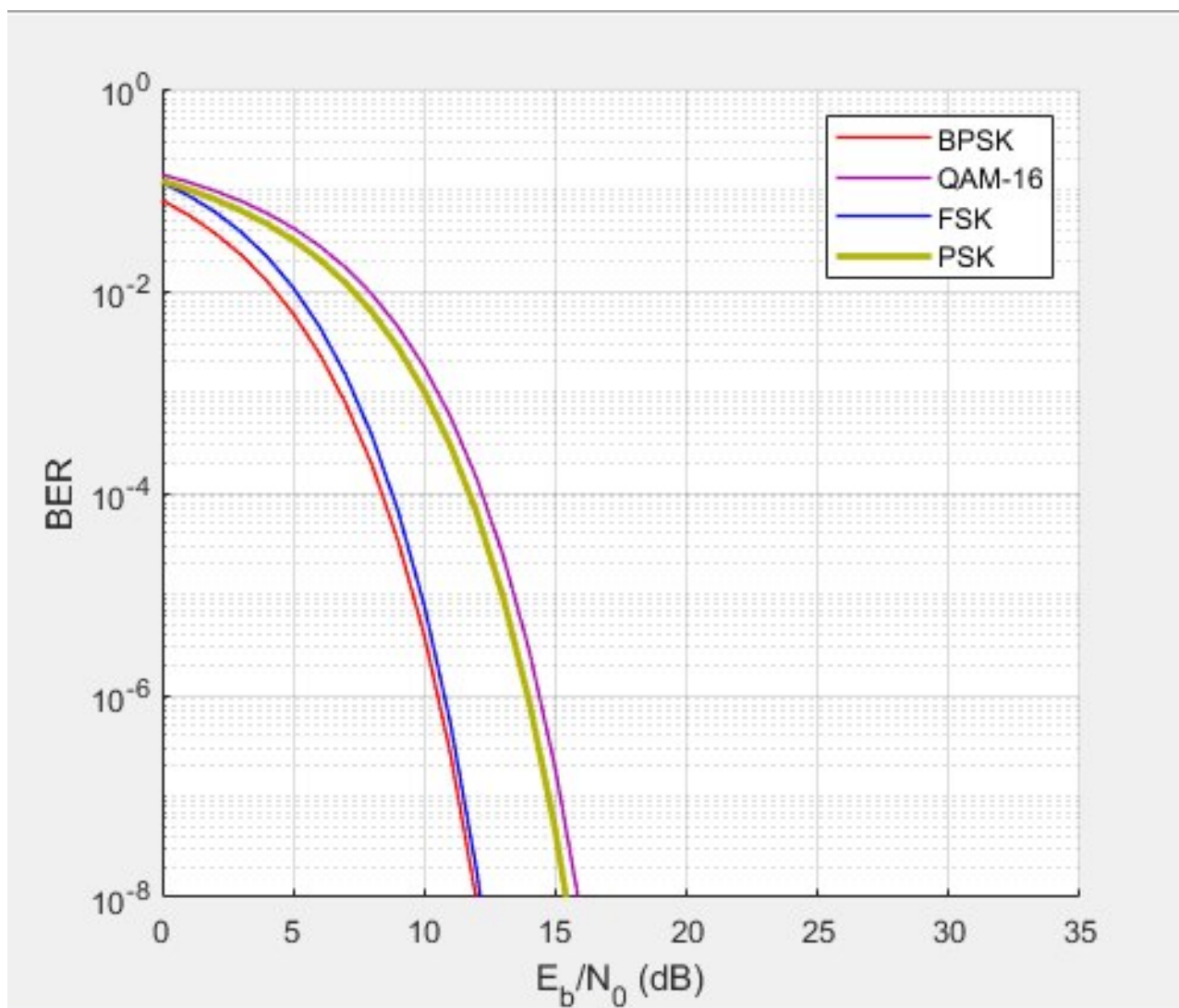


Рис. 4.13: Сравнение водопадных кривых

Исходя из полученного графика, можно сделать вывод, что BPSK наиболее помехоустойчивая модуляция.

5 Выводы

Цифровая модуляция - это процесс преобразования цифровых символов в сигналы, совместимые с характеристиками канала. При низкочастотной модуляции эти сигналы обычно имеют вид импульсов заданной формы. В случае полосовой модуляции импульсы заданной формы модулируют синусоиду, называемую несущей волной, или просто несущей; для радиопередачи на нужное расстояние несущая преобразуется в электромагнитное поле.

В данной лабораторной работе были рассмотрены различные виды цифровой модуляции. Тип цифровой модуляции выбирается в зависимости от

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