

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

Телекоммуникационные технологии

Отчет по лабораторной работе №6

Цифровая модуляция

Работу

выполнил:

Шустенков О.А.

Группа: 33501/1

Преподаватель:

Богач Н.В.

Санкт-Петербург
2018

Содержание

1. Цель работы	2
2. Постановка задачи	2
3. Теоретическая информация	2
3.1. Модуляция	2
3.2. Типы цифровой модуляции	2
3.2.1. BPSK, PSK	3
3.2.2. genQAM, OQPSK	3
3.2.3. MSK	3
4. Ход работы	3
4.1. BPSK-модуляция	3
4.2. PSK-модуляция	5
4.3. OQPSK-модуляция	7
4.4. genQAM-модуляция	9
4.5. MSK-модуляция	11
5. Выводы	13

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. Теоретическая информация

3.1. Модуляция

Перенос спектра сигналов из низкочастотной области на заданную частоту, т.е. в выделенную для их передачи область высоких частот выполняется операцией *модуляции*. Обозначим низкочастотный сигнал, подлежащий передаче по какому-либо каналу связи, $s(t)$.

Исходный информационный сигнал $s(t)$ называют *модулирующим*, результат модуляции – *модулированным сигналом*. Обратную операцию выделения модулирующего сигнала из модулированного колебания называют демодуляцией или детектированием.

3.2. Типы цифровой модуляции

Цифровая модуляция и демодуляция включают в себя две стадии. При модуляции цифровое сообщение сначала преобразуется в аналоговый модулирующий сигнал с помощью функции `modmap`, а затем осуществляется аналоговая модуляция. При демодуляции сначала получается аналоговый демодулированный сигнал, а затем он преобразуется в цифровое сообщение с помощью функции `demodmap`.

Аналоговый несущий сигнал модулируется цифровым битовым потоком. Существуют три фундаментальных типа цифровой модуляции (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.

Одна из частных реализаций схемы ASK/PSK - QAM - Quadrature Amplitude Modulation (квадратурная амплитудная модуляция (КАМ)). Это метод объединения двух АМ-сигналов в одном канале. Он позволяет удвоить эффективную пропускную способность. В QAM используется две несущих с одинаковой частотой но с разницей в фазе на четверть периода. Частотная модуляция представляет логическую единицу интервалом с большей частотой, чем ноль. Фазовый сдвиг представляет «0» как сигнал без сдвига, а «1» как сигнал со сдвигом. BPSK использует единственный сдвиг фазы между «0» и «1» — 180 градусов, половина периода. QPSK использует 4 различных сдвига фазы (по четверти периода) и может кодировать 2 бита в символе (01, 11, 00, 10).

3.2.1. BPSK, PSK

BPSK и PSK - модуляция со сдвигом фазы сигнала без изменения амплитуды. В PSK их может быть множество, в BPSK - один (на π).

3.2.2. genQAM, OQPSK

При квадратурной амплитудной модуляции (КАМ) изменяется как фаза, так и амплитуда несущего сигнала. Это позволяет увеличить количество кодируемых в единицу времени бит и при этом повысить помехоустойчивость их передачи по каналу связи. В настоящее время число кодируемых информационных бит на одном интервале может достигать 8-9, а число состояний сигнала в сигнальном пространстве, соответственно – 256...512. Квадратурное представление сигнала заключается в выражении колебания линейной комбинацией двух ортогональных составляющих – квадратурной и синфазной:

$$S(t) = x(t)\sin(\omega t + \varphi)\cos(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

где $x(t)$ и $y(t)$ – биполярные дискретные сигналы.

Четырехфазная ФМ со сдвигом (OQPSK – Offset QPSK) позволяет избежать скачков фазы на 180° и, следовательно, глубокой модуляции огибающей. Формирование сигнала в модуляторе OQPSK происходит так же, как и в модуляторе ФМ-4, за исключением того, что манипуляционные элементы информационных последовательностей $x(t)$ и $y(t)$ смещены во времени на длительность одного элемента. Изменение фазы при таком смещении модулирующих потоков определяется лишь одним элементом последовательности, а не двумя, как при ФМ 4. В результате скачки фазы на 180° отсутствуют, так как каждый элемент последовательности, поступающий на вход модулятора синфазного или квадратурного канала, может вызвать изменение фазы на 0 , $+90^\circ$ или -90° .

Преобразованные таким образом сигналы передаются в одном канале. Поскольку один и тот же физический канал используется для передачи двух сигналов, то скорость передачи КАМ-сигнала в отличие от АМ-сигнала в два раза выше.

3.2.3. MSK

Частотная манипуляция с минимальным сдвигом (англ. Minimal Shift Keying (MSK)) представляет собой способ модуляции, при котором не происходит скачков фазы и изменение частоты происходит в моменты пересечения несущей нулевого уровня. MSK характеризуется тем, что значение частот соответствующих логическим «0» и «1» отличаются на величину равную половине скорости передачи данных. Другими словами, индекс модуляции равен 0,5.

4. Ход работы

4.1. BPSK-модуляция

Реализация BPSK-модуляции в программе MatLab:

Листинг 1: Код в программе MatLab

```
1 %——BPSK
2 % h = modem.pskmod('M', 4);
3 % g = modem.pskdemod('M', 4);
4 % msg = randi(4,16,1) - 1;
5 % modSignal = modulate(h,msg);
6 % errSignal = (randerr(1,16, 3) ./ 30)';
```

```

7|_modSignal=_modSignal+_errSignal;
8|_demodSignal=_demodulate(g, modSignal);
9|_scatterplot(modSignal);
10|_figure
11|_plot(msg);
12|_legend('The input message');
13|_figure
14|_plot(demodSignal);
15|_legend('The demodulated message');

```

Входной и демодулированный сигнал:

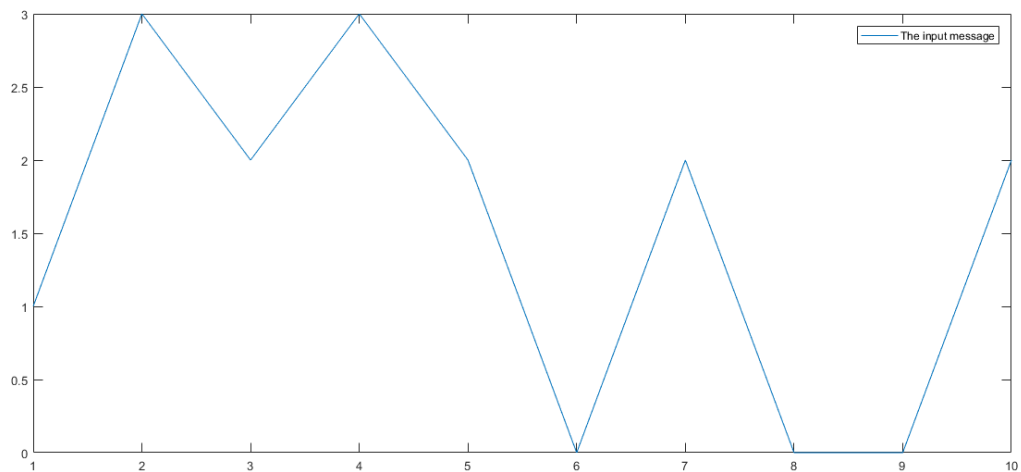


Рис. 4.1.1. Входной сигнал BPSK.

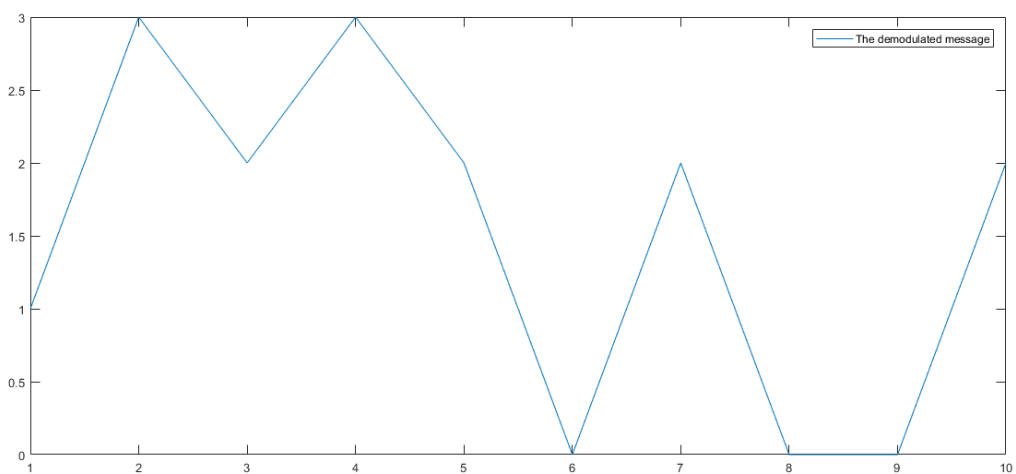


Рис. 4.1.2. Демодулированный сигнал BPSK.

Демодулированный сигнал совпадает с исходным.

Сигнальное созвездие:

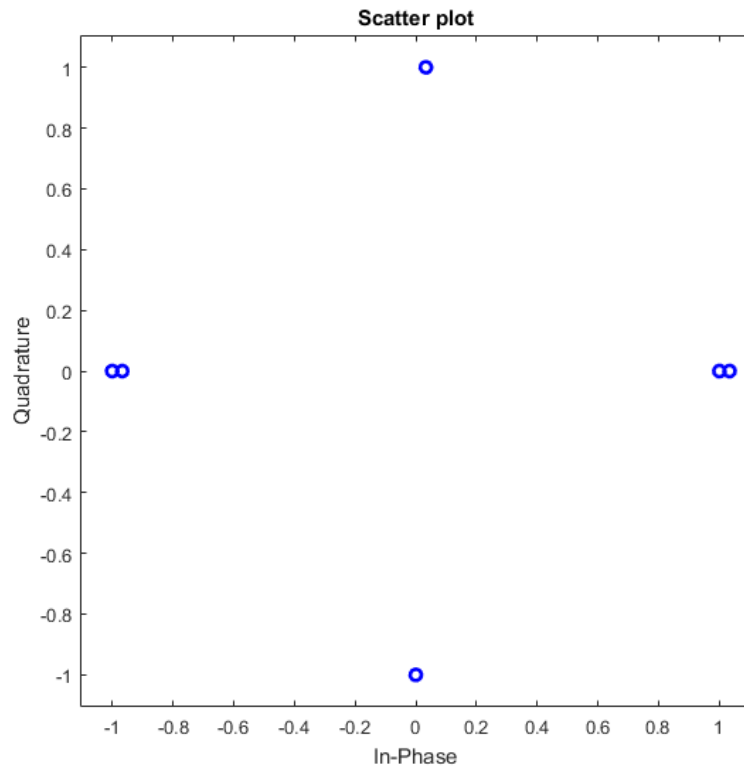


Рис. 4.1.3. Сигнальное созвездие BPSK.

4.2. PSK-модуляция

Реализация PSK-модуляции в программе MatLab:

Листинг 2: Код в программе MatLab

```
1 %——PSK modulation
2 % h = modem.pskmod('M', 8);
3 % g = modem.pskdemod('M', 8);
4 % msg = randi(8,16,1) - 1;
5 % modSignal = modulate(h,msg);
6 % errSignal = (randerr(1,16, 3) ./ 30)';
7 %_modSignal=_modSignal+_errSignal;
8 %_demodSignal=_demodulate(g,modSignal);
9 %_scatterplot(modSignal);
10 %_figure
11 %_plot(msg);
12 %_legend('The input message');
13 %_figure
14 %_plot(demodSignal);
15 %_legend('The demodulated message');
```

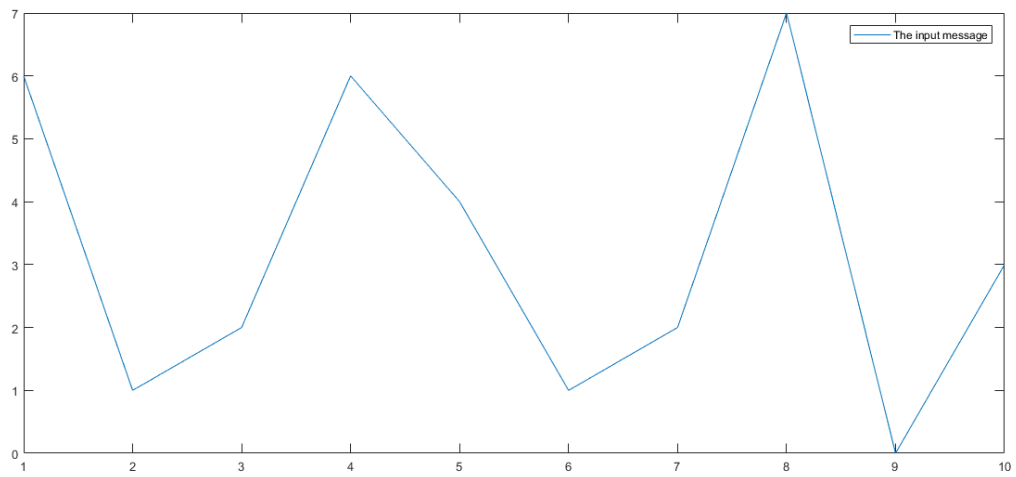


Рис. 4.2.1. Входной сигнал PSK.

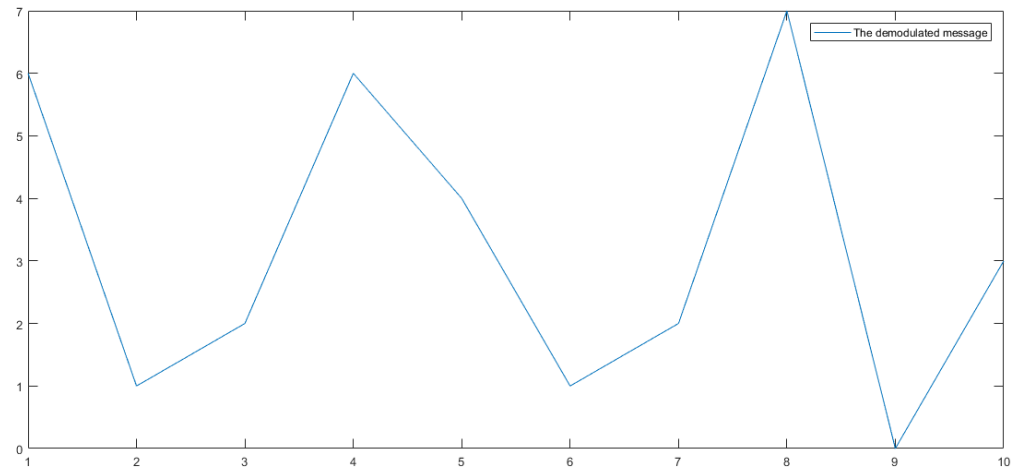


Рис. 4.2.2. Демодулированный сигнал PSK.

Демодулированный сигнал совпадает с исходным.
Сигнальное созвездие:

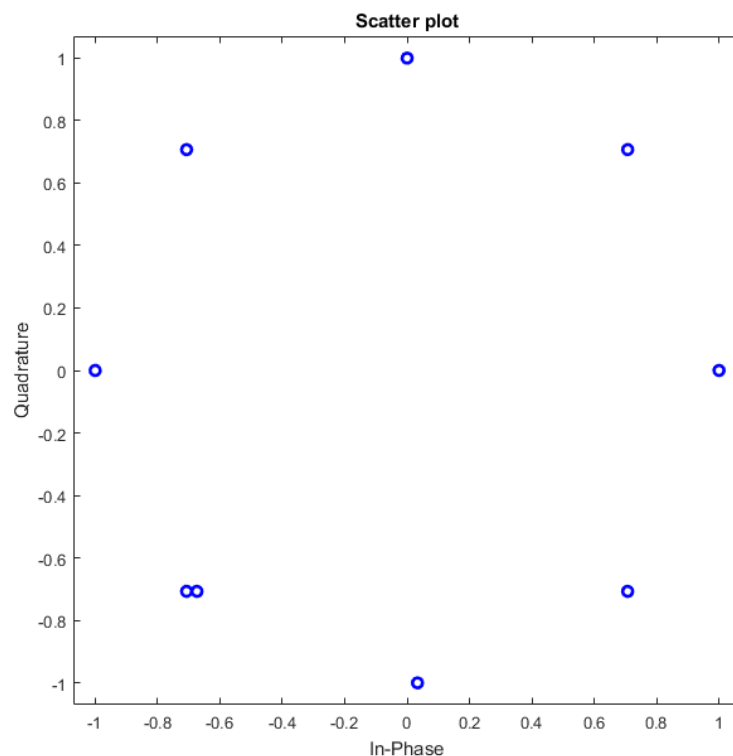


Рис. 4.2.3. Сигнальное созвездие PSK.

4.3. OQPSK-модуляция

Реализация OQPSK-модуляции в программе MatLab:

Листинг 3: Код в программе MatLab

```

1 %——OQPSK modulation
2 h = modem.oqpskmod;
3 g = modem.oqpskdemod;
4 msg = randi(4,200,1) - 1;
5 modSignal = modulate(h,msg);
6 errSignal = (randerr(1,400, 100) ./ 30)';
7 _modSignal=_modSignal+_errSignal;
8 _demodSignal=_demodulate(g,modSignal);
9 _scatterplot(modSignal);
10 _figure
11 _plot(msg);
12 _legend('The input message');
13 _figure
14 _plot(_demodSignal);
15 _legend('The demodulated message');
```

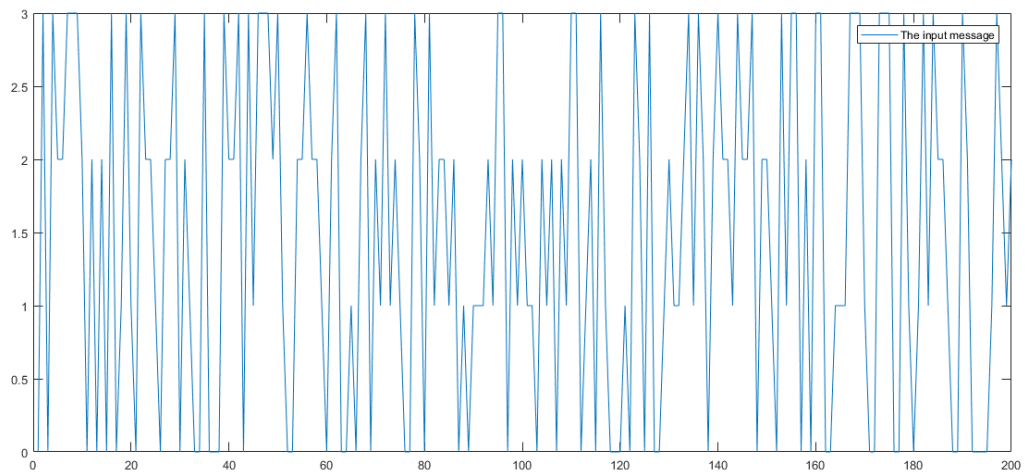



Рис. 4.3.1. Входной сигнал OQPSK.

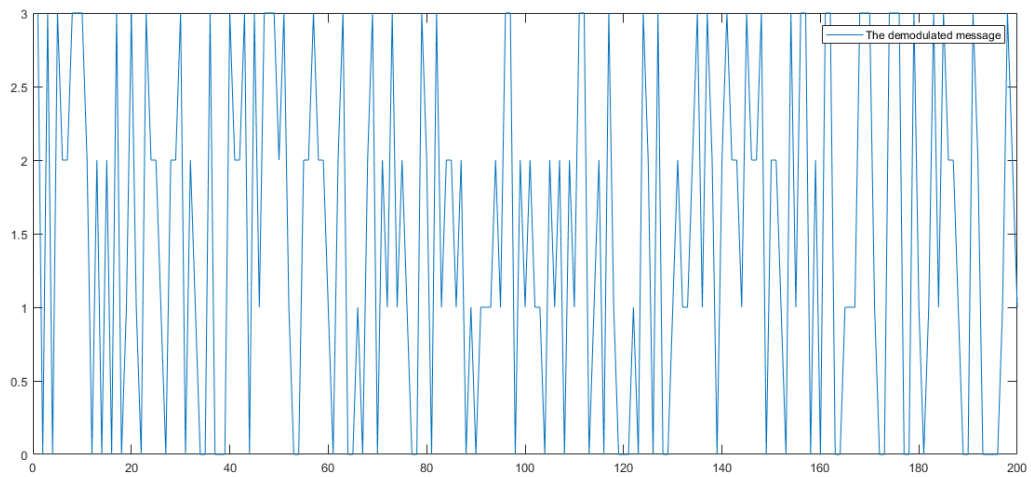


Рис. 4.3.2. Демодулированный сигнал OQPSK.

Демодулированный сигнал совпадает с исходным.
Сигнальное созвездие:

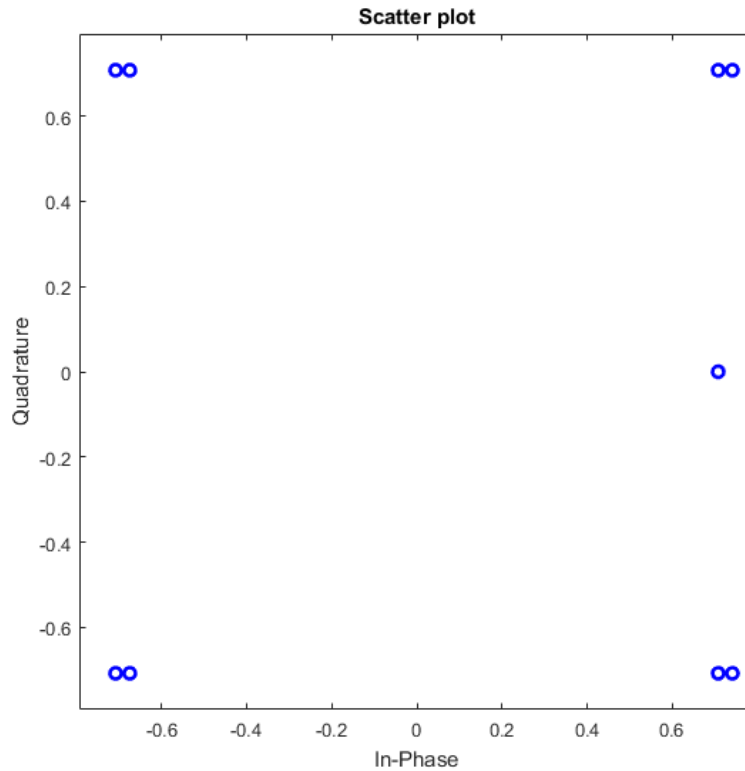


Рис. 4.3.3. Сигнальное созвездие OQPSK.

4.4. genQAM-модуляция

Реализация genQAM-модуляции в программе MatLab:

Листинг 4: Код в программе MatLab

```

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 % msg = randi(10,18,1) - 1;
6 % modSignal = modulate(h,msg);
7 % errSignal = (randerr(1,18, 3) ./ 30)';
8 %_modSignal=_modSignal+_errSignal;
9 %_demodSignal=_demodulate(g,modSignal);
10 %_scatterplot(modSignal);
11 %_figure
12 %_plot(msg);
13 %_legend('The input message');
14 %_figure
15 %_plot(demodSignal);
16 %_legend('The demodulated message');

```

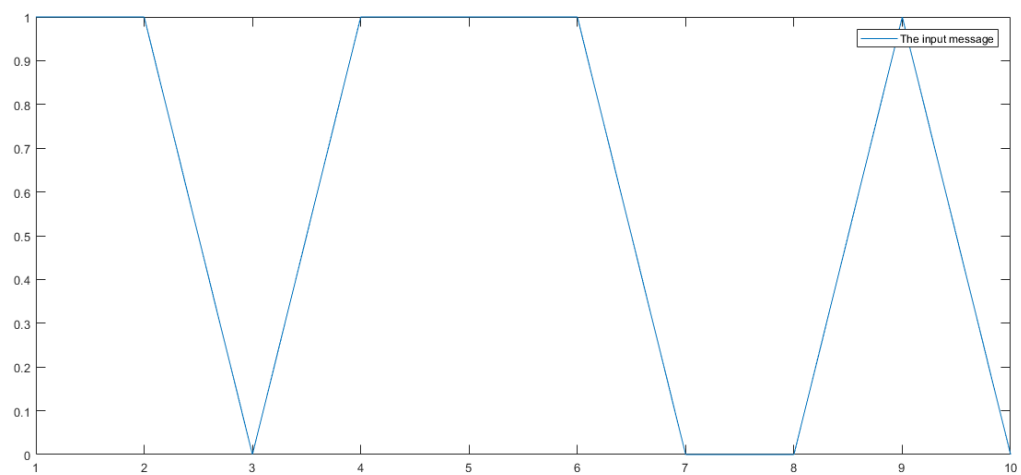


Рис. 4.4.1. Входной сигнал genQAM.

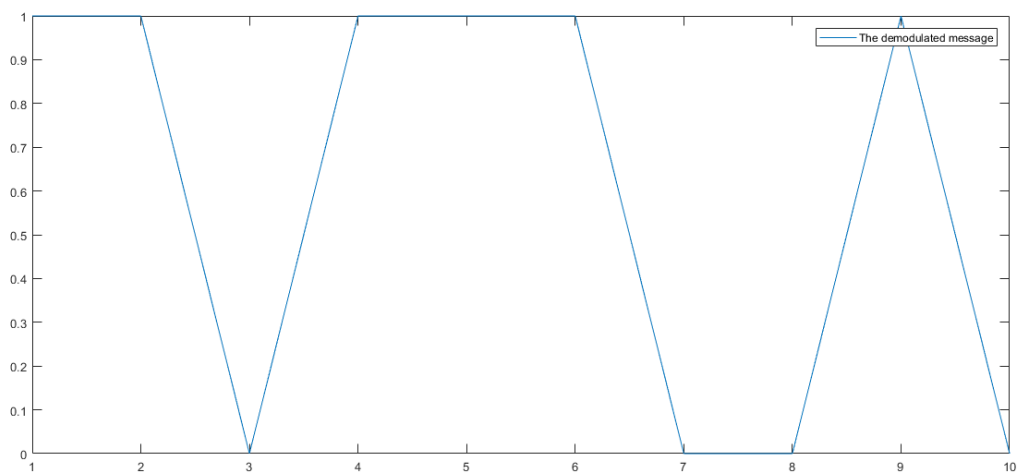


Рис. 4.4.2. Демодулированный сигнал genQAM.

Демодулированный сигнал совпадает с исходным.

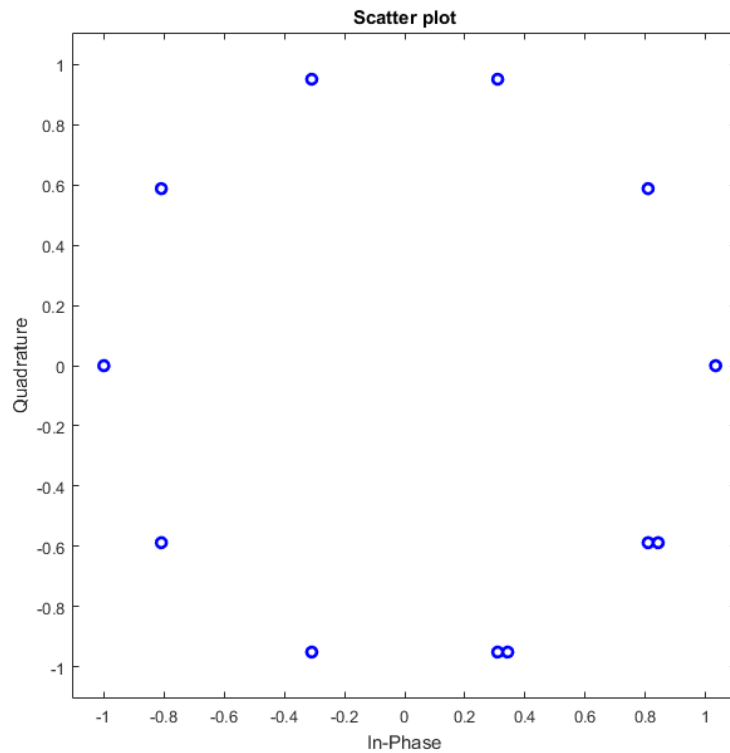


Рис. 4.4.3. Сигнальное созвездие genQAM.

4.5. MSK-модуляция

Реализация MSK-модуляции в программе MatLab:

Листинг 5: Код в программе MatLab

```

1 %——MSK modulation
2 %h = modem.mskmod('SamplesPerSymbol', 10);
3 %g = modem.mskdemod('SamplesPerSymbol', 10);
4 %msg = randi(2,10,1)-1;
5 %modSignal = modulate(h, msg);
6 %errSignal = (randerr(1,100, 3) ./ 30)';
7 %modSignal_ = modSignal_ + errSignal;
8 %demodSignal_ = demodulate(g, modSignal);
9 %scatterplot(modSignal);
10 %figure
11 %plot(msg);
12 %legend('Input msg');
13 %figure
14 %plot(demodSignal);
15 %legend('Demodulated msg');
```

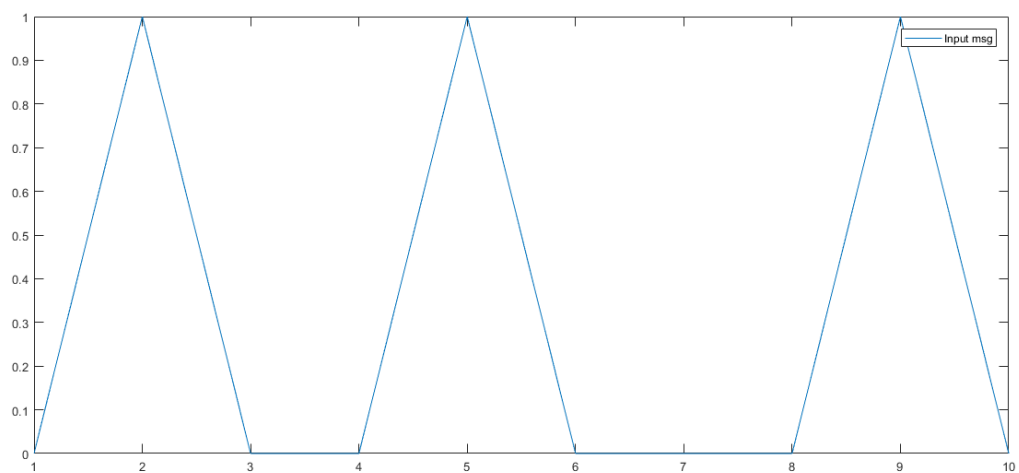


Рис. 4.5.1. Входной сигнал MSK.

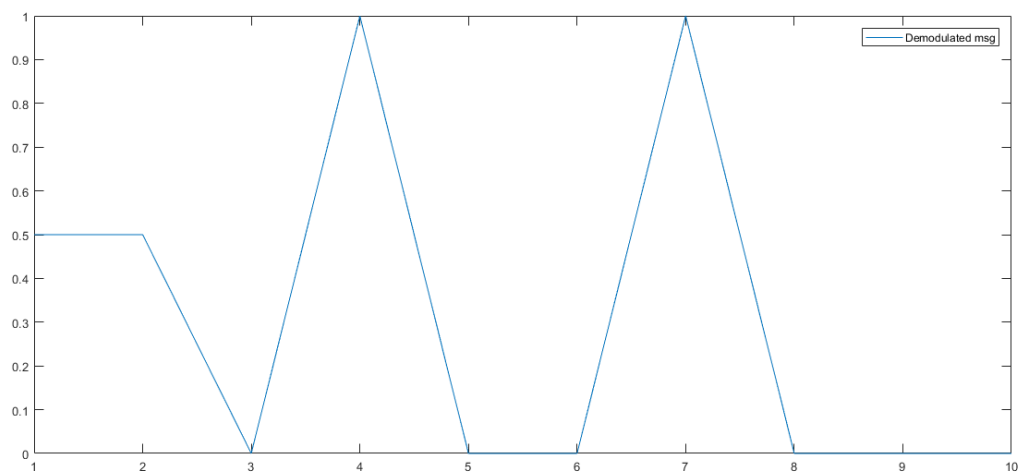


Рис. 4.5.2. Демодулированный сигнал MSK.

Демодулированный сигнала имеет задержку.

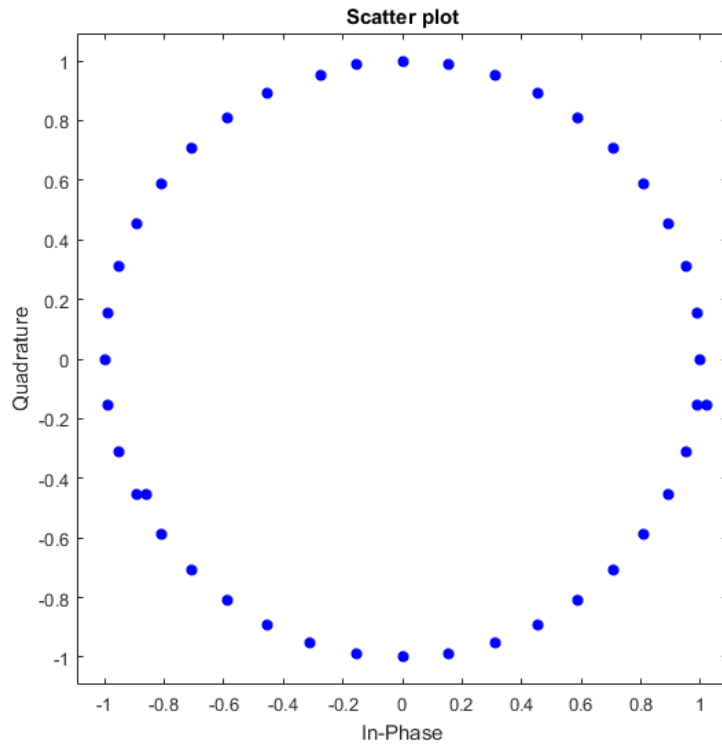


Рис. 4.5.3. Сигнальное созвездие MSK.

5. Выводы

На графике ниже приведены водопадные кривые:

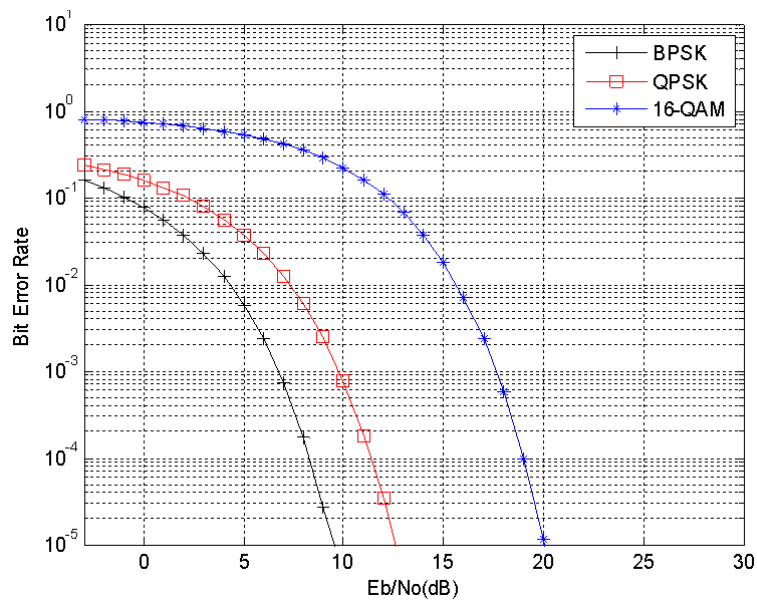


Рис. 5.0.1. Сравнение водопадных кривых

По графику можно сделать вывод, что BPSK является самой помехоустойчивой модуляцией (выносливой).

В данной работе были рассмотрены различные виды модуляций цифровых сигналов, а так же увидели их различия, построив сигнальные созвездия. Стоит отметить, что различные виды модуляций могут отличаться изменением как фазы и амплитуды отдельно, так и изменением этих двух параметров одновременно (одним состоянием сигнала можно увеличить количество передаваемой информации).

Частотная манипуляция с минимальным сдвигом (MSK) представляет собой способ модуляции, при котором не происходит скачков фазы, изменение частоты происходит в моменты пересечения несущей нулевого уровня. Принцип MSK - значения частот соответствующих логическим «0» и «1» отличаются на величину равную половине скорости передачи данных.

Уровень модуляции определяет количество состояний несущей, используемых для передачи информации. Чем выше этот уровень, тем большими скоростными возможностями и меньшей помехоустойчивостью обладает модуляция. Число бит, передаваемых одним состоянием, определяется как $\log(N)$, где N — уровень модуляции.