

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:
Соболь В.О.
Группа: 33501/4
Преподаватель:
Богач Н.В.

Санкт-Петербург
2017

Содержание

1. Цель работы	2
2. Постановка задачи	2
3. Теоретическая информация	2
3.1. Типы цифровой модуляции	2
3.1.1. BPSK, PSK	2
3.1.2. genQAM, OQPSK	3
3.1.3. MSK	4
3.1.4. MFSK	5
4. Ход работы	5
4.1. BPSK-модуляция	5
4.2. PSK-модуляция	7
4.3. OQPSK-модуляция	9
4.4. genQAM-модуляция	11
4.5. MSK-модуляция	13
4.6. MFSK-модуляция	15
5. Выводы	16
6. Листинг	18

1. Цель работы

Изучение различных методов модуляции цифровых сигналов.

2. Постановка задачи

В ходе работы необходимо получить различные сигналы используя BPSK, PSK, OQPSK, genQAM, MSK, M-FSK модуляторы. Также необходимо построить сигнальные созвездия и провести сравнение изученных методов модуляции цифровых сигналов.

3. Теоретическая информация

3.1. Типы цифровой модуляции

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

Аналоговый несущий сигнал модулируется цифровым битовым потоком. Существуют четыре типа цифровой модуляции:

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). 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).

3.1.1. BPSK, PSK

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

Изображения сигнального созвездия BPSK приведено на следующих рис. 3.1.1.

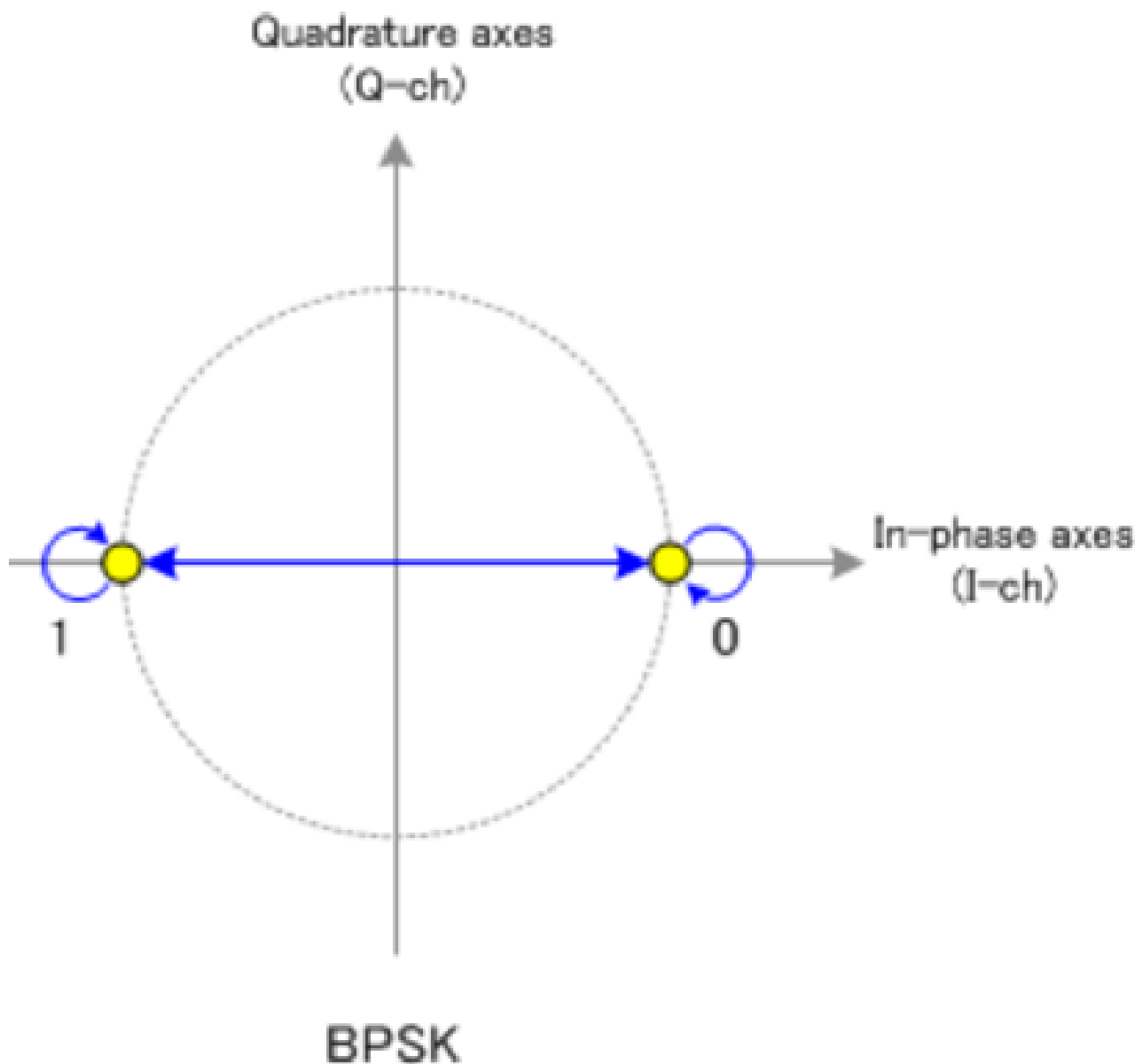


Рис. 3.1.1. Сигнальное созвездие BPSK.

3.1.2. genQAM, OQPSK

При квадратурной амплитудной модуляции 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. 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.

Модуляция 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, (рис.3.1.2). 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° .

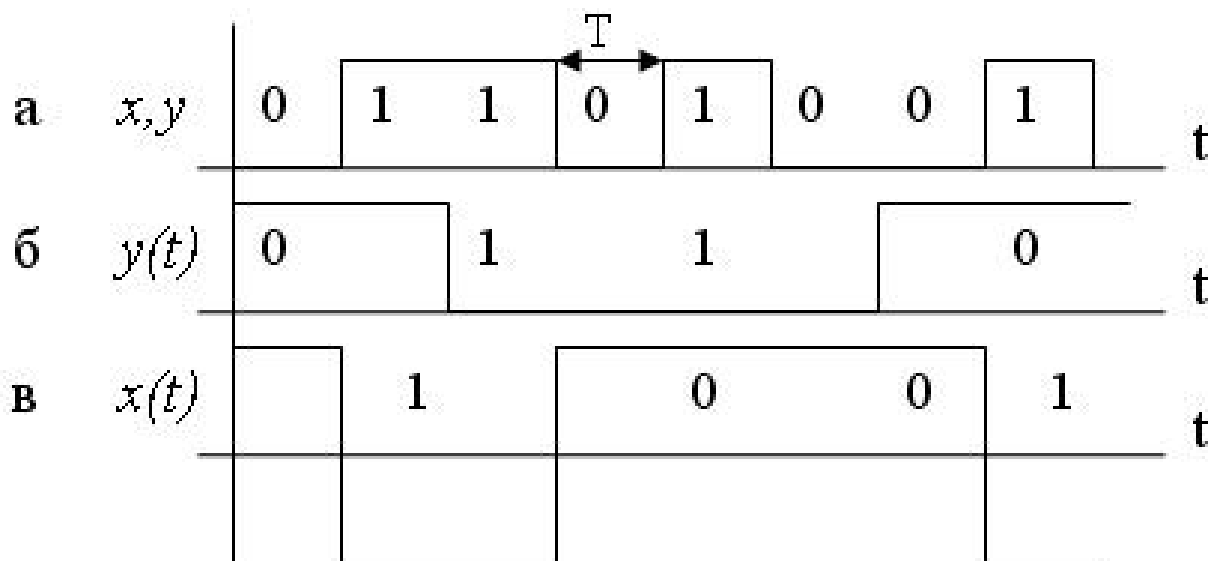


Рис. 3.1.2. Формирование манипулирующих сигналов

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.

3.1.3. 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.

Изображение сигнального созвездия MSK приведено рис. 3.1.3.

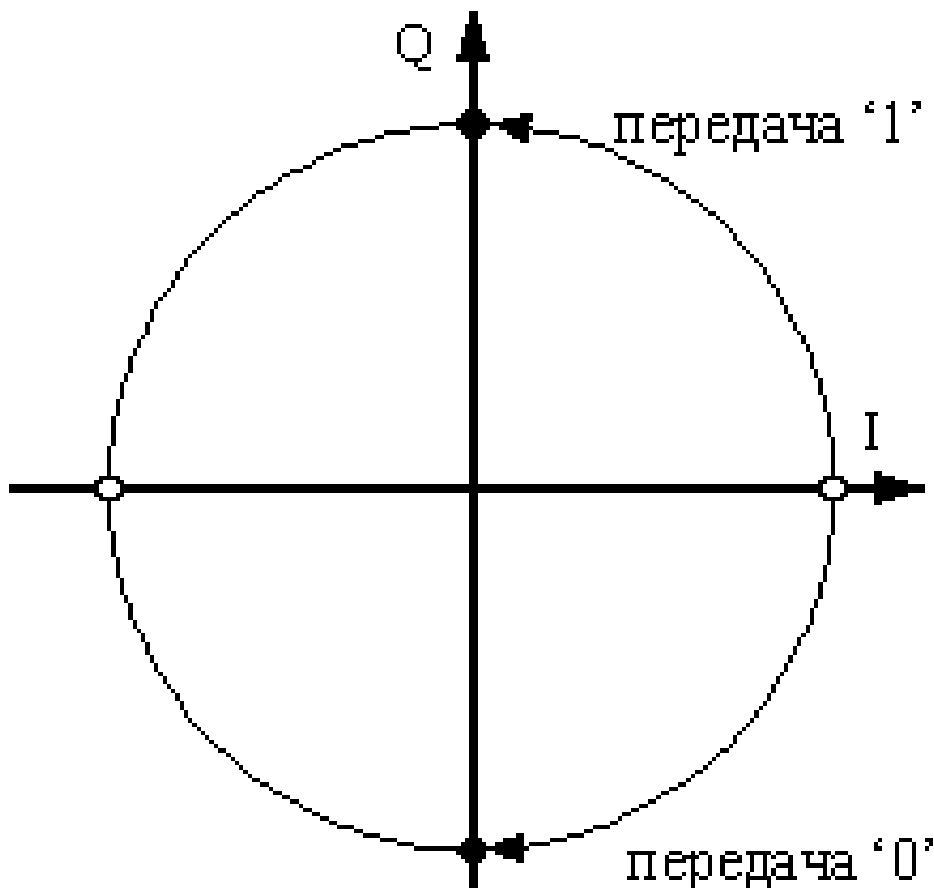


Рис. 3.1.3. Сигнальное созвездие MSK.

3.1.4. MFSK

Можно построить и модулятор многопозиционной частотной модуляции. В этом случае будет использовано большее количество синусоидальных генераторов, а для управления коммутатором потребуется многоразрядное двоичное число.

Сигналы в многопозиционной частотной модуляции могут быть описаны в соответствии со следующим выражением:

$$s_1(t) = \cos(\omega_1 t); s_2(t) = \cos(\omega_2 t); \dots; s_N(t) = \cos(\omega_N t); \quad (2)$$

формула сигнала 1 многопозиционной частотной модуляции, формула сигнала 2 многопозиционной частотной модуляции, \dots , формула сигнала N многопозиционной частотной модуляции (3) где s_1 используется для передачи первого состояния символа; s_2 — для передачи второго состояния символа; s_N — для передачи N-го состояния символа.

Использование многопозиционной частотной модуляции позволяет реализовать высокочастотный сигнал с постоянной амплитудой. Такой сигнал позволяет строить радиопередатчики с максимальным КПД, так как при применении сигнала с постоянной амплитудой, усилитель мощности радиопередатчика работает в оптимальном режиме.

4. Ход работы

В ходе работы были получены модуляции: BPSK, PSK, OQPSK, genQAM, MSK и MFSK. Результаты приведены ниже.

4.1. BPSK-модуляция

BPSK модуляция получена с помощью кода из листинга 1. Исходный сигнал и демодулированный показаны на рис. 4.1.1. Сигнальное созвездие модулированного сигнала показано на рис. 4.1.2.

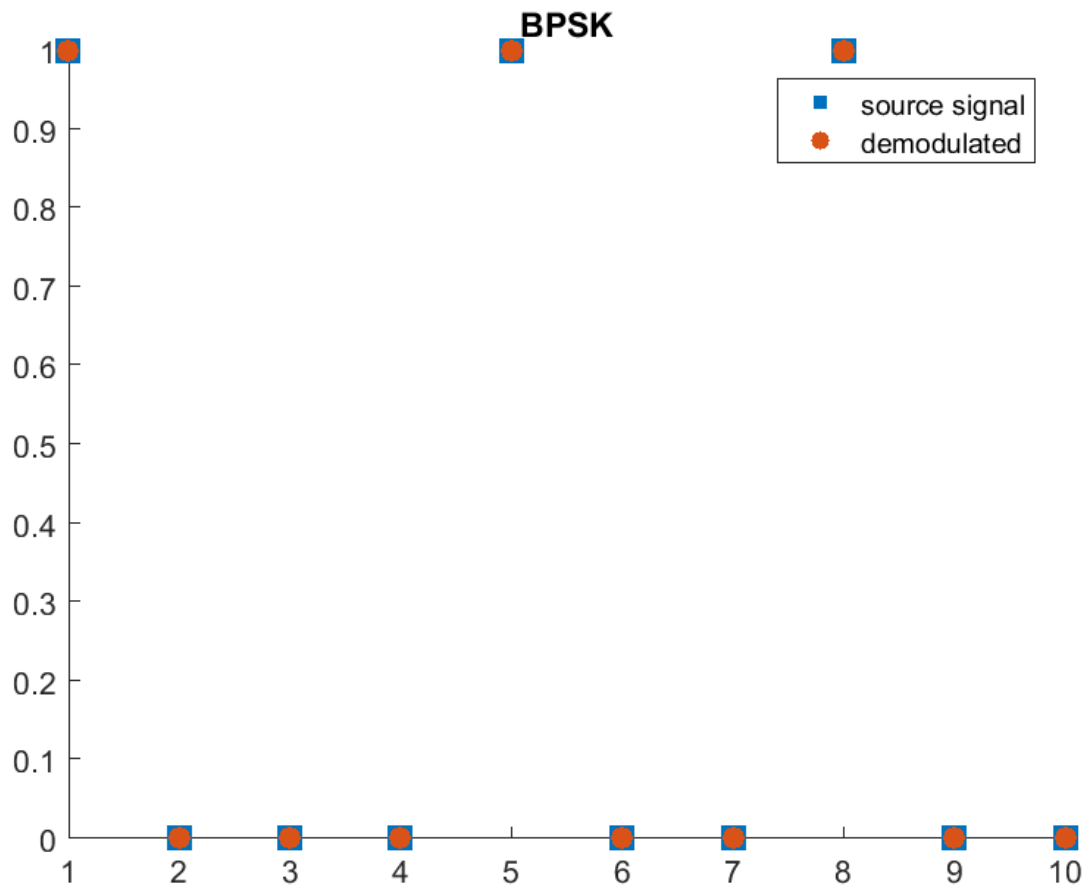


Рис. 4.1.1. сигналы

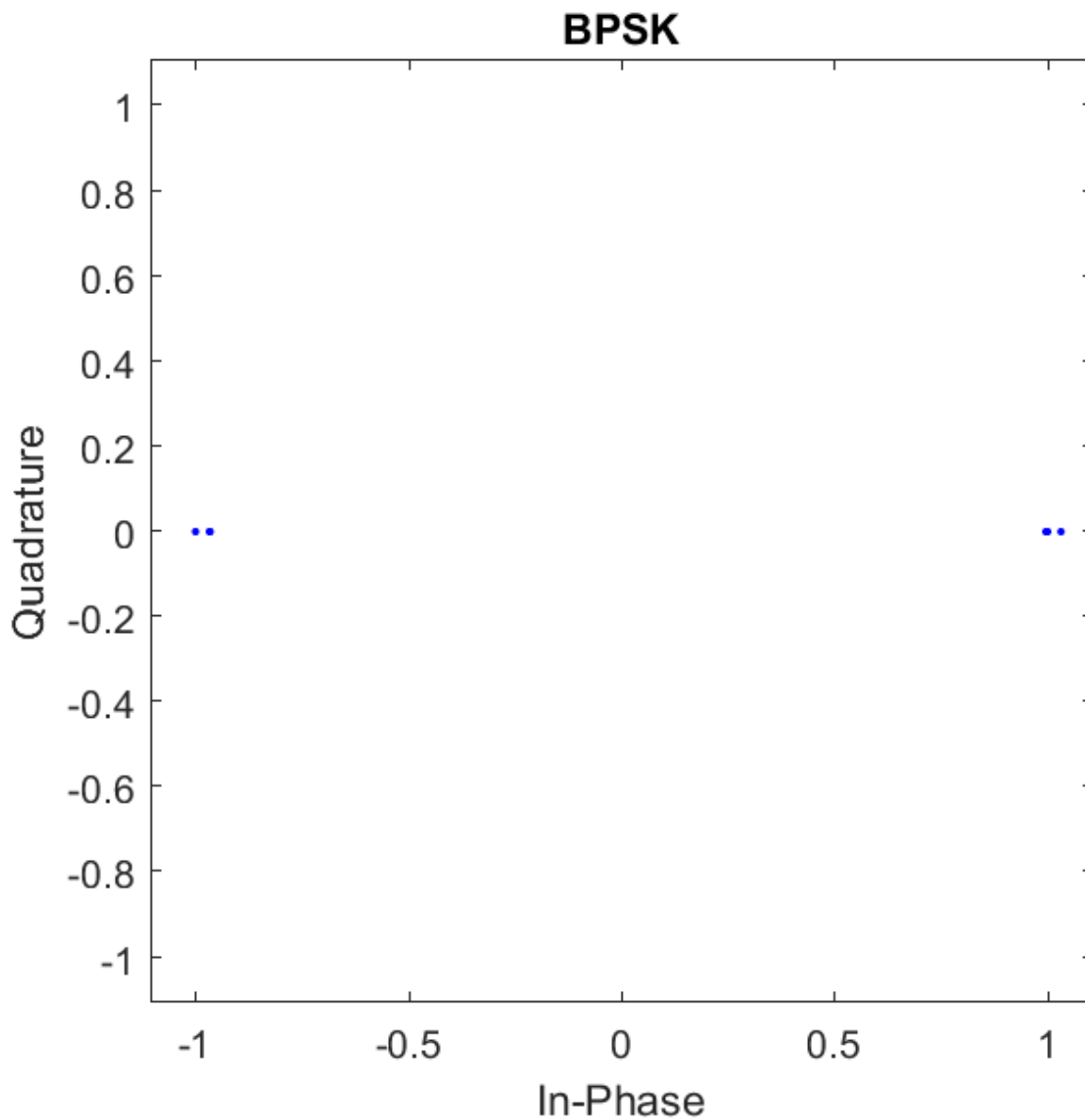


Рис. 4.1.2. Сигнальное созвездие

Видно, что демодулированный сигнал совпал с исходным.

4.2. PSK-модуляция

PSK модуляция получена с помощью кода из листинга 1. Исходный сигнал и демодулированный показаны на рис. 4.2.1. Сигнальное созвездие модулированного сигнала показано на рис. 4.2.2.

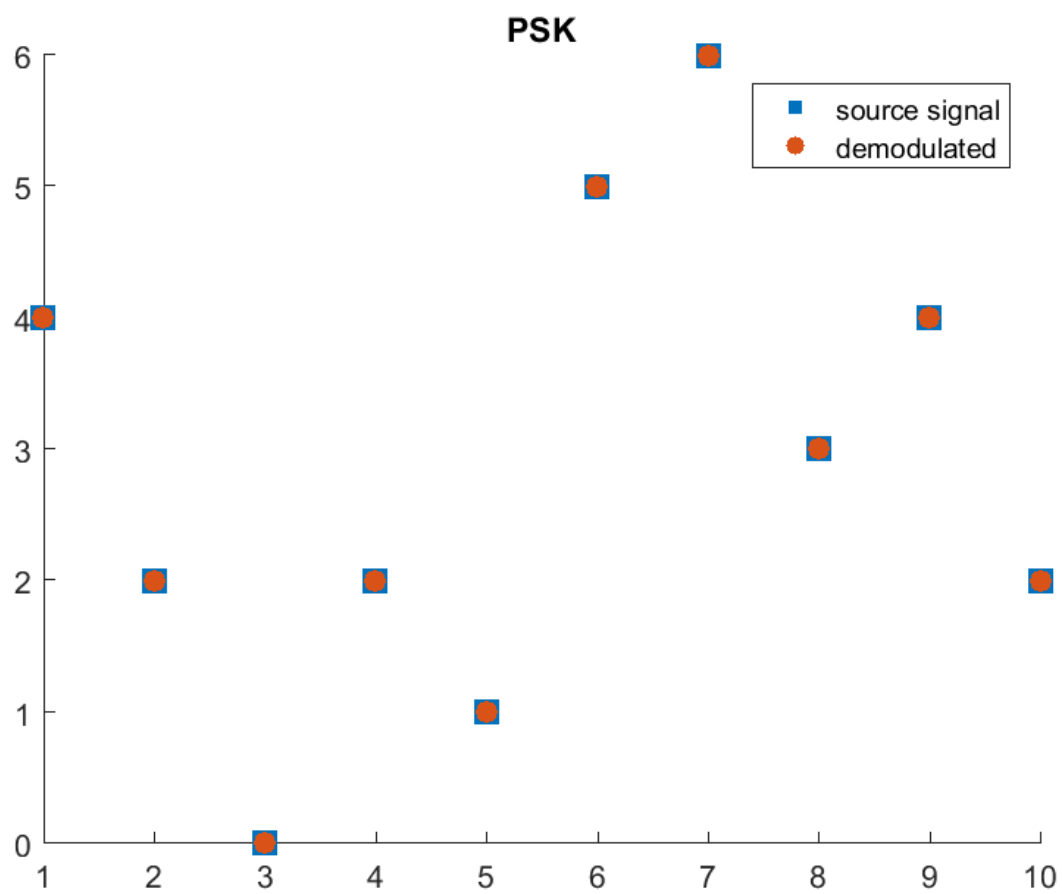


Рис. 4.2.1. сигналы

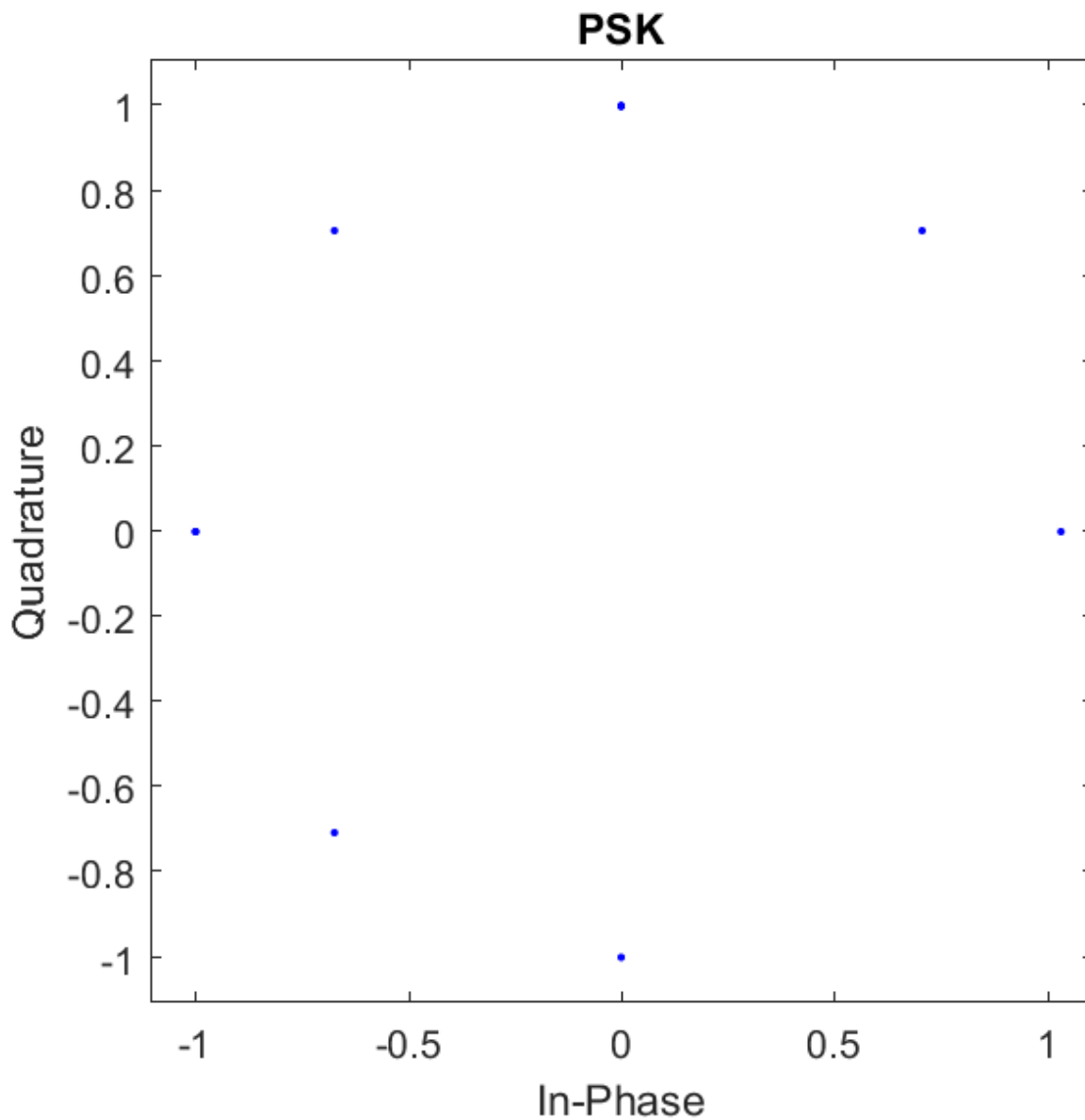


Рис. 4.2.2. Сигнальное созвездие

Видно, что демодулированный сигнал совпал с исходным.

4.3. OQPSK-модуляция

OQPSK модуляция получена с помощью кода из листинга 1. Исходный сигнал и демодулированный показаны на рис. 4.3.1. Сигнальное созвездие модулированного сигнала показано на рис. 4.3.2.

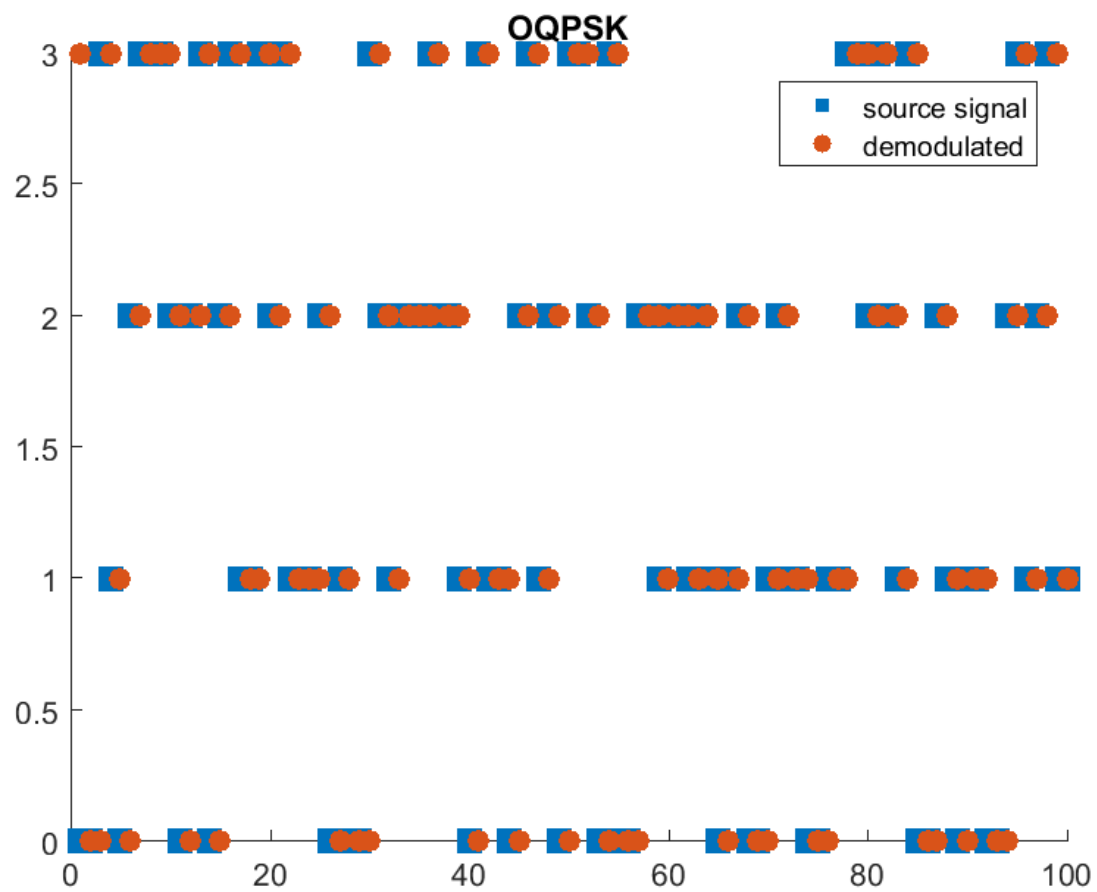


Рис. 4.3.1. сигналы

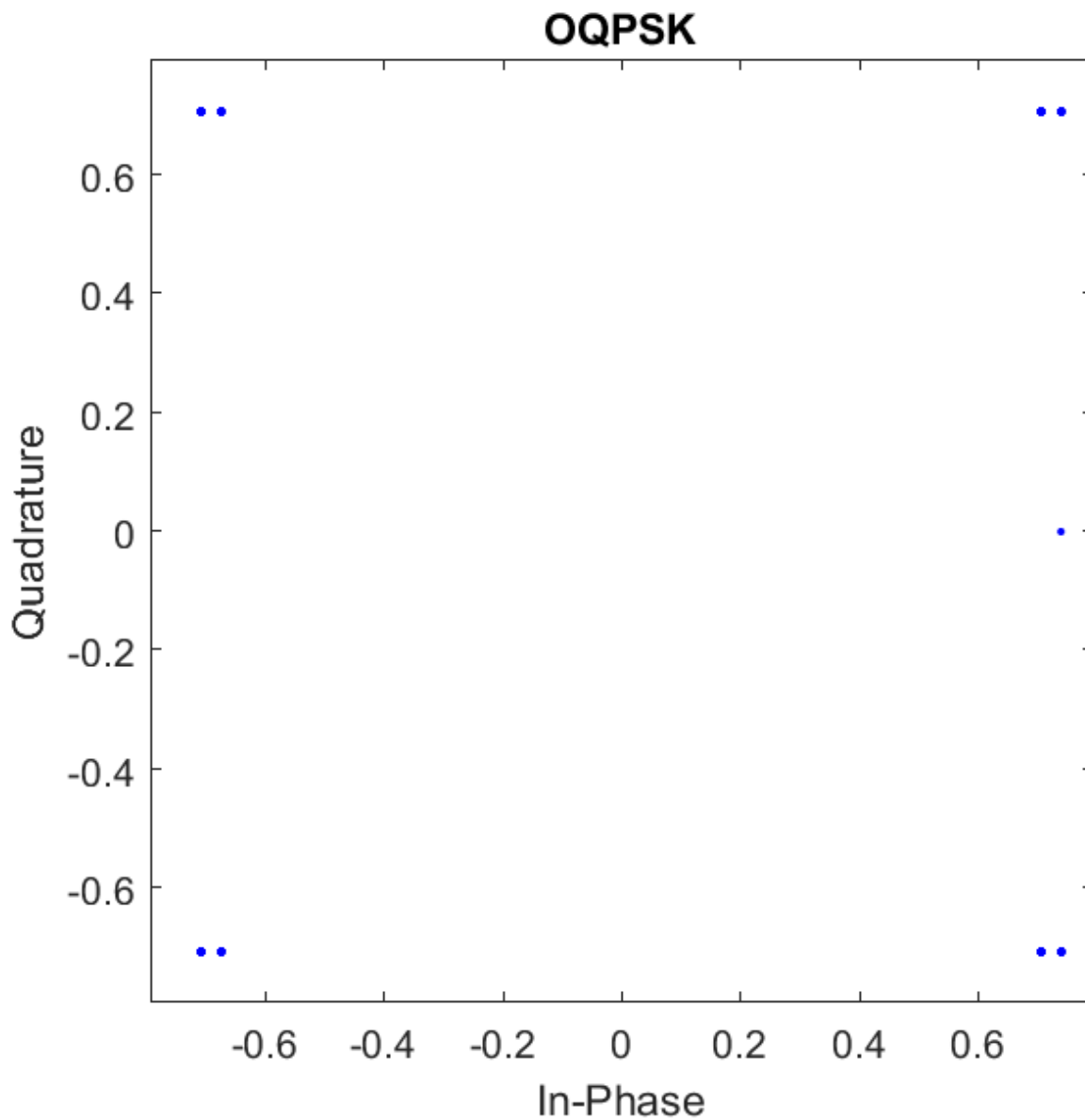


Рис. 4.3.2. Сигнальное созвездие

Видно, что демодулированный сигнал совпал с исходным.

4.4. genQAM-модуляция

Gen QAM модуляция получена с помощью кода из листинга 1. Исходный сигнал и демодулированный показаны на рис. 4.4.1. Сигнальное созвездие модулированного сигнала показано на рис. 4.4.2.

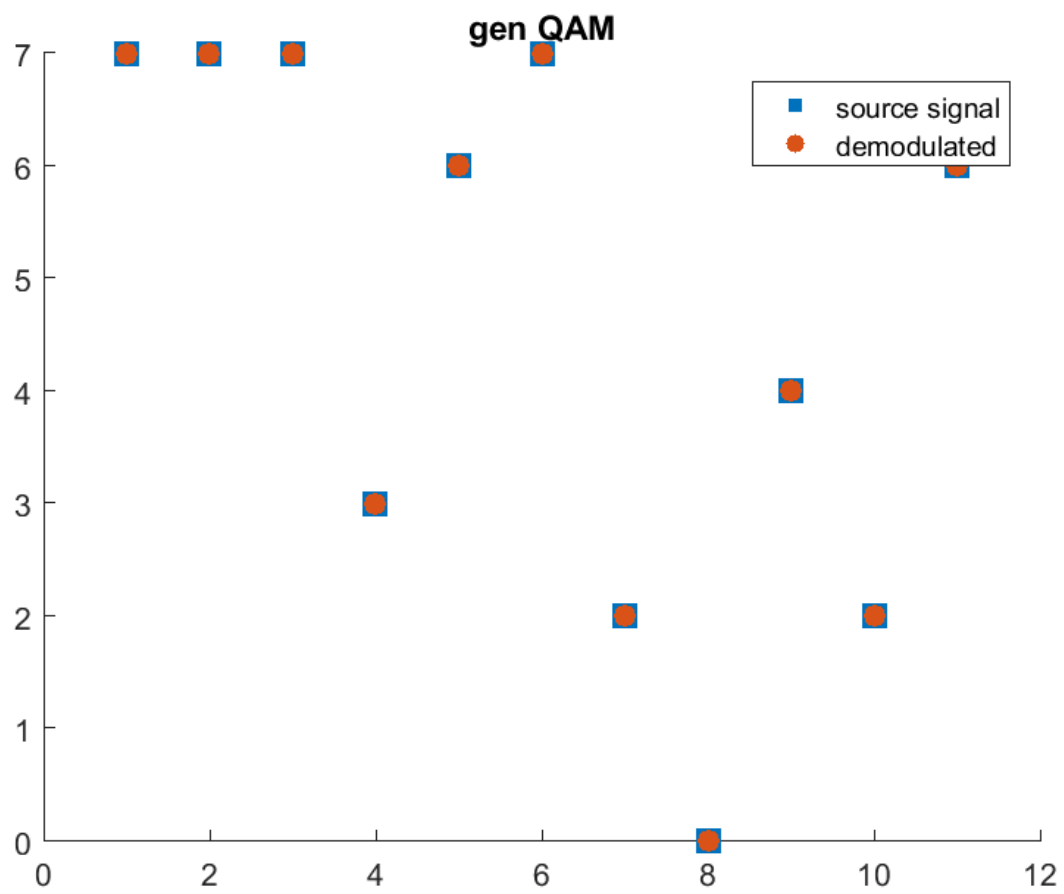


Рис. 4.4.1. сигналы

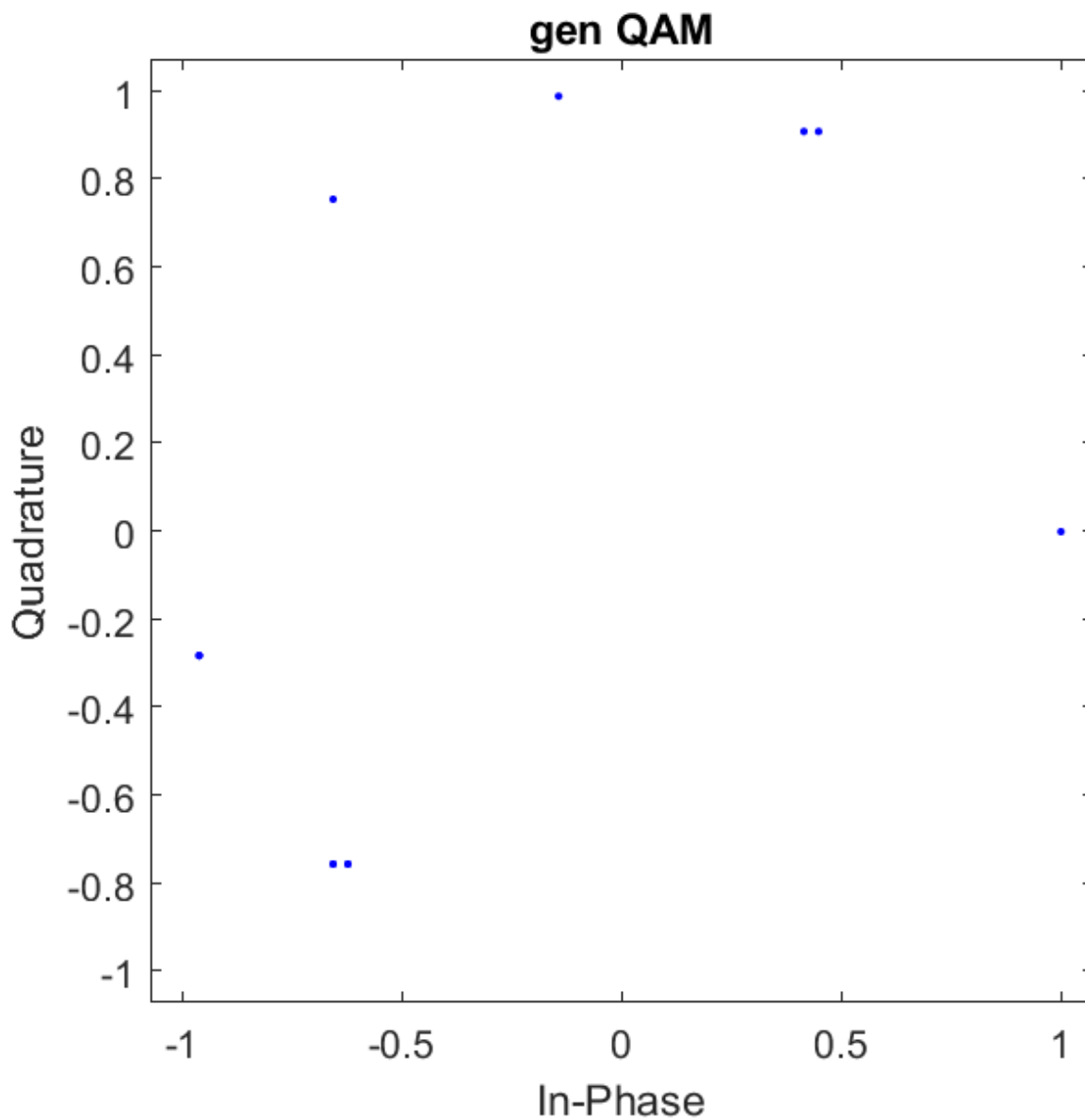


Рис. 4.4.2. Сигнальное созвездие

Видно, что демодулированный сигнал совпал с исходным.

4.5. MSK-модуляция

MSK модуляция получена с помощью кода из листинга 1. Исходный сигнал и демодулированный показаны на рис. 4.5.1. Сигнальное созвездие модулированного сигнала показано на рис. 4.5.2.

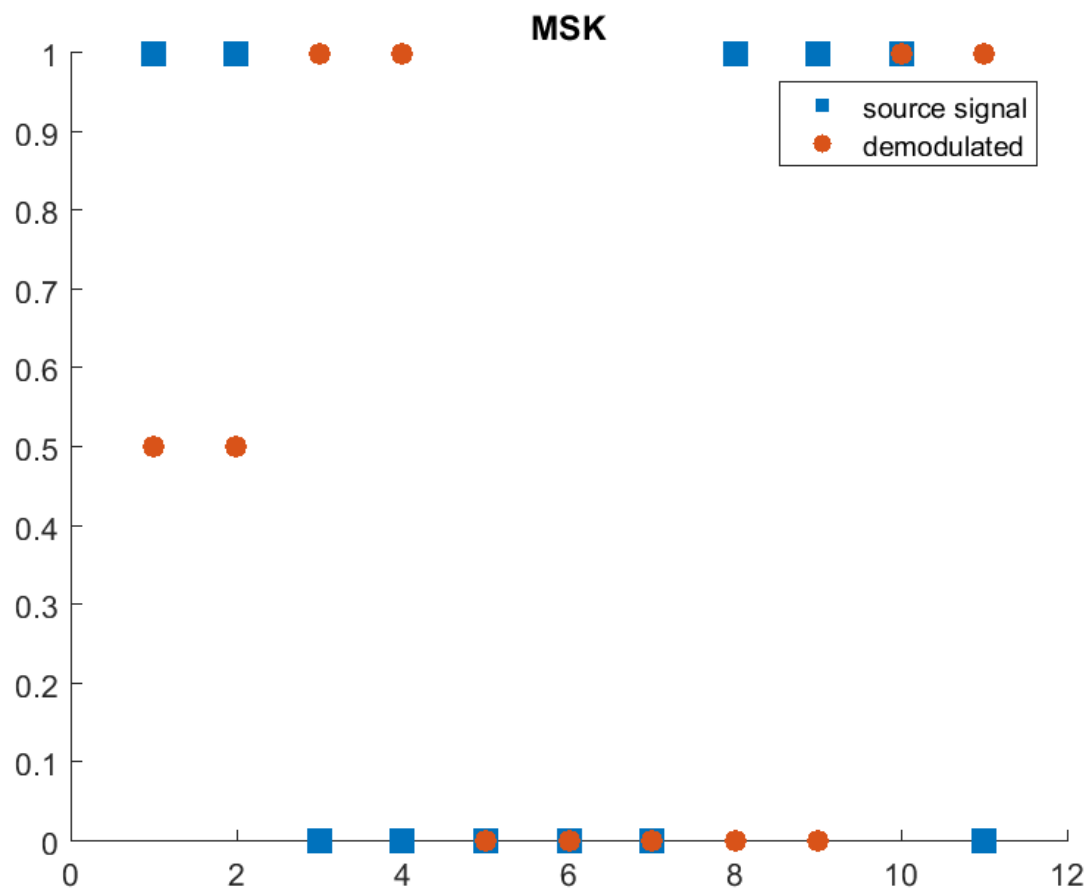


Рис. 4.5.1. сигналы

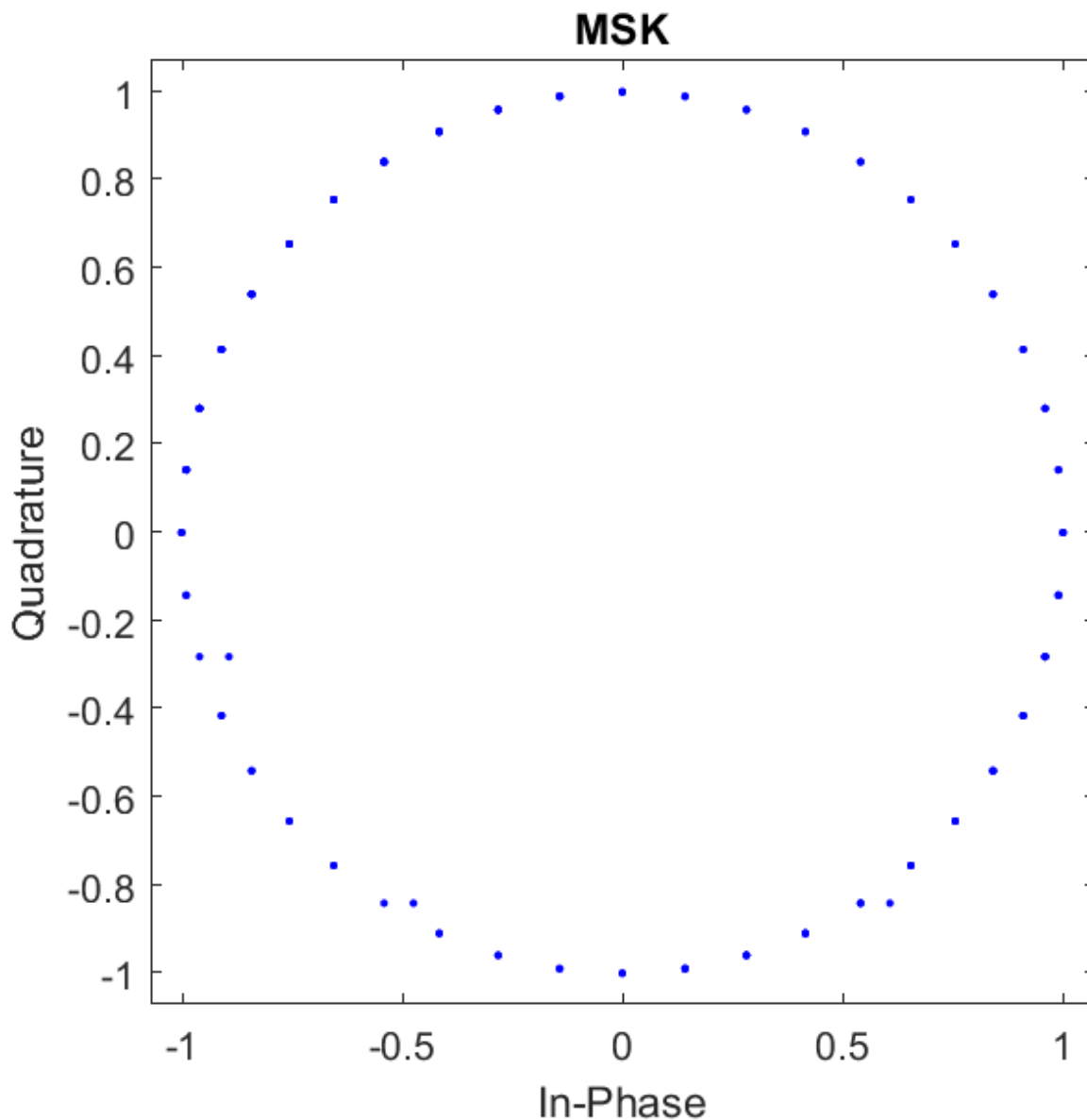


Рис. 4.5.2. Сигнальное созвездие

Как можно видеть, при использовании MSK выходной сигнал имеет задержку при демодуляции. Видно, что демодулированный сигнал совпал с исходным.

4.6. MFSK-модуляция

В Simulink была построена модель MFSK-модулятора, результаты работы совпали с ожидаемыми, входная последовательность совпала с выходной.

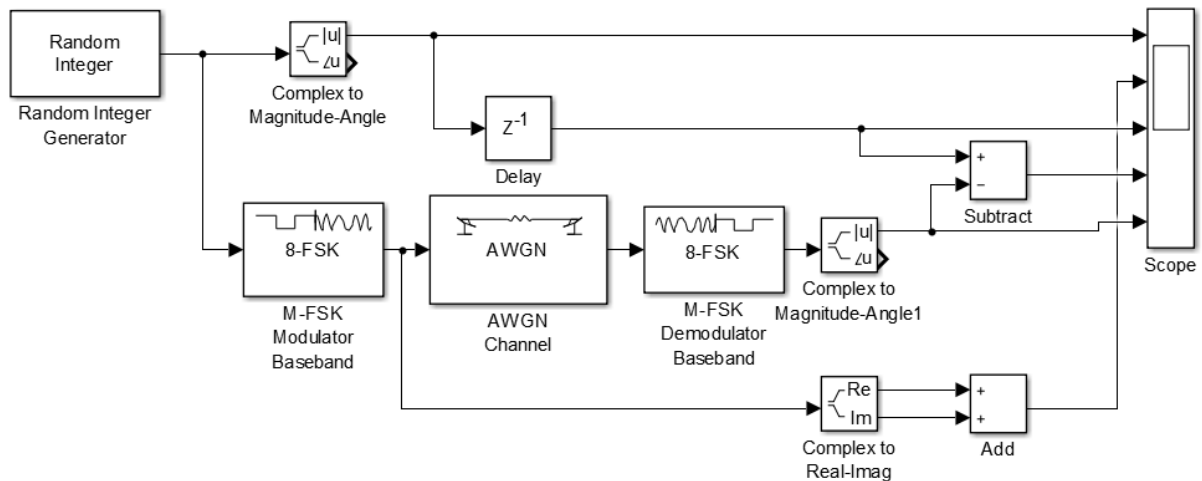


Рис. 4.6.1. Simulink-модель MFSK.

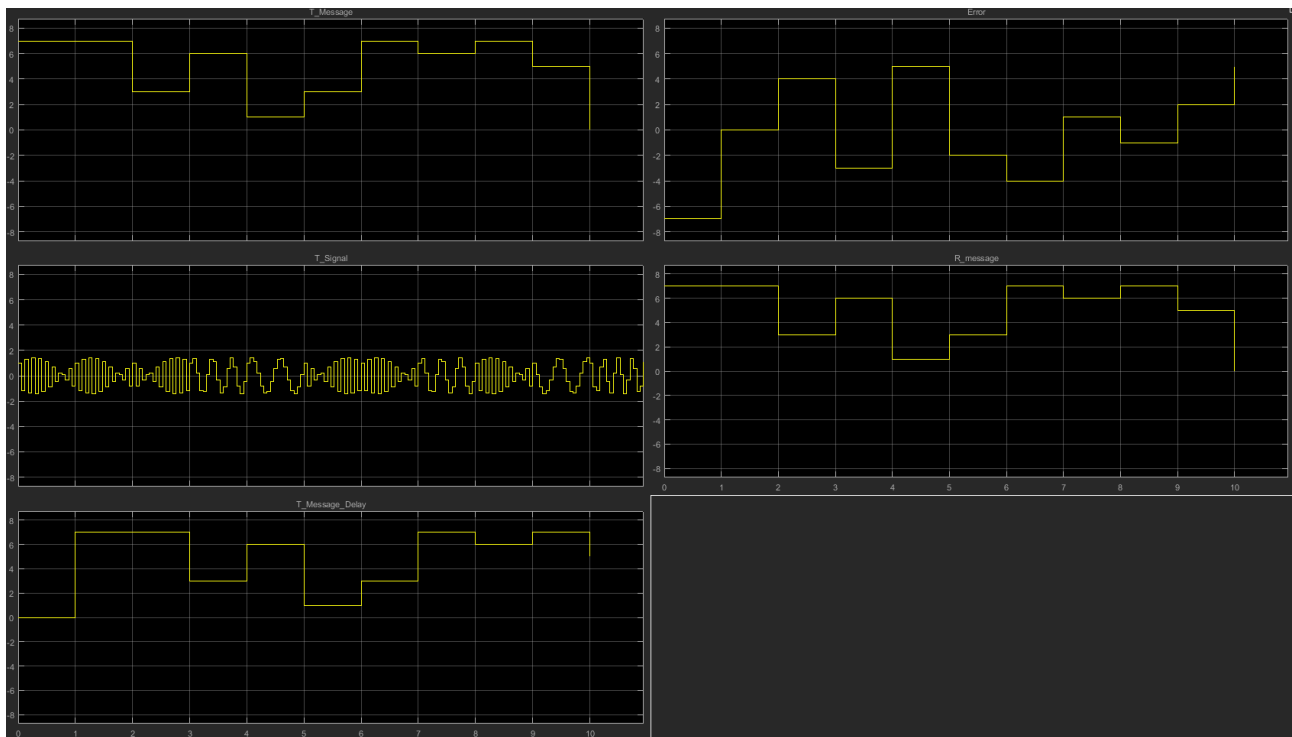


Рис. 4.6.2. Графики входного сигнала, задержанного сигнала, модулированного сигнала, сигнала ошибки с задержанным сигналом, выходного сигнала MFSK.

5. Выводы

Квадратурная амплитудная манипуляция (QAM) — манипуляция, при которой изменяется как фаза, так и амплитуда сигнала, что позволяет увеличить количество информации, передаваемой одним состоянием сигнала.

Фазовая манипуляция (PSK) — модуляция, при которой фаза несущего колебания меняется скачкообразно.

При квадратурной фазовой манипуляции (QPSK) используется созвездие из четырёх точек, размещённых на равных расстояниях на окружности. Имеется 4 фазовых смещения, при этом в QPSK на символ приходится два бита.

Частотная манипуляция с минимальным сдвигом (MSK) представляет собой способ модуляции, при котором не происходит скачков фазы и изменение частоты происходит в моменты пересечения несущей нулевого уровня. Принцип MSK таков, что значение 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.

Подводя итог, можно сказать что:

- Наиболее помехоустойчивы те модуляторы, у которых наименьшее число уровней модуляции (кол-во состояний несущей и скорость передачи). Отсюда следует, что из рассмотренных в данной работе модуляторов наиболее помехоустойчивы MSK и BPSK модуляторы.
- Поскольку один и тот же физический канал используется для передачи двух сигналов, то скорость передачи КАМ-сигналов в отличие от АМ-сигнала в два раза выше.
- При равном числе точек в сигнальном созвездии спектр сигналов КАМ идентичен спектру сигналов ФМ, однако их помехоустойчивость различна (при одинаковом числе точек КАМ помехозащищённее систем ФМ). Это обусловлено тем, что расстояние между сигнальными точками в ФМ меньше расстояния между сигнальными точками в КАМ.

6. Листинг

Листинг 1: Код использованный при работе

```
1 function Lab6()
2 clc
3 close all
4
5 %BPSK
6 h = modem.pskmod('M', 2);
7 g = modem.pskdemod('M', 2);
8 msg = randi([0, 1], 10, 1);
9 modSignal = modulate(h, msg);
10 errSignal = (randerr(1, 10, 3) ./ 30)';
11 modSignal = modSignal + errSignal;
12 demodSignal = demodulate(g, modSignal);
13 plot_signal(msg, modSignal, demodSignal, 'BPSK');
14
15 %PSK
16 h = modem.pskmod('M', 8);
17 g = modem.pskdemod('M', 8);
18 msg = randi([0, 7], 10, 1);
19 modSignal = modulate(h, msg);
20 errSignal = (randerr(1, 10, 3) ./ 30)';
21 modSignal = modSignal + errSignal;
22 demodSignal = demodulate(g, modSignal);
23 plot_signal(msg, modSignal, demodSignal, 'PSK');
24
25 %QPSK
26 h = modem.qpskmod;
27 g = modem.qpskdemod;
28 msg = randi([0, 3], 100, 1);
29 modSignal = modulate(h, msg);
30 errSignal = (randerr(1, 200, 100) ./ 30)';
31 modSignal = modSignal + errSignal;
32 demodSignal = demodulate(g, modSignal);
33 plot_signal(msg, modSignal, demodSignal, 'QPSK');
34
35 %genQAM
36 M = 11;
37 h = modem.genqammod('Constellation', exp(1i*2*pi*(0:M-1)/M));
38 g = modem.genqamdmod('Constellation', exp(1i*2*pi*(0:M-1)/M));
39 msg = randi([0, 7], 11, 1);
40 modSignal = modulate(h, msg);
41 errSignal = (randerr(1, 11, 3) ./ 30)';
42 modSignal = modSignal + errSignal;
43 demodSignal = demodulate(g, modSignal);
44 plot_signal(msg, modSignal, demodSignal, 'gen_QAM');
45
46 %MSK
47 h = modem.mskmod('SamplesPerSymbol', 11);
48 g = modem.msksdemod('SamplesPerSymbol', 11);
49 msg = randi([0, 1], 11, 1);
50 modSignal = modulate(h, msg);
51 errSignal = (randerr(1, 121, 3) ./ 15)';
52 modSignal = modSignal + errSignal;
53 demodSignal = demodulate(g, modSignal);
54 plot_signal(msg, modSignal, demodSignal, 'MSK');
55
56
```

```

57     function plot_signal(input,modulated, output, name)
58         t = 1:length(input);
59         ff = figure();
60         scatter(t, input, 's', 'filled', 'SizeData', 120)
61         hold on
62         scatter(t, output, 'o', 'filled', 'SizeData', 50);
63         hold off
64         legend('source_signal','demodulated')
65         title(name)
66         sp = scatterplot(modulated);
67         title(name)
68         saveas(ff, strcat('.. / fig/signal_',name), 'png');
69         saveas(sp, strcat('.. / fig/scatter_',name), 'png');
70     end
71 close all
72 end

```