

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:

Беседин Д.С.

Группа: 33501/3

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	5
3.1.4. MFSK	7
4. Ход работы	7
4.1. BPSK-модуляция	9
4.2. PSK-модуляция	10
4.3. OQPSK-модуляция	11
4.4. genQAM-модуляция	13
4.5. MSK-модуляция	14
4.6. MFSK-модуляция	16
5. Выводы	17

1. Цель работы

Изучение различных методов модуляции цифровых сигналов.

2. Постановка задачи

В ходе работы нам необходимо получить различные сигналы используя BPSK, PSK, OQPSK, genQAM, MSK, M-FSK модуляторы. В ходе работы с модуляторами необходимо построить их сигнальные созвездия. Затем 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 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).

3.1.1. 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 и схемы модулятора BPSK приведены ниже на следующих рисунках:

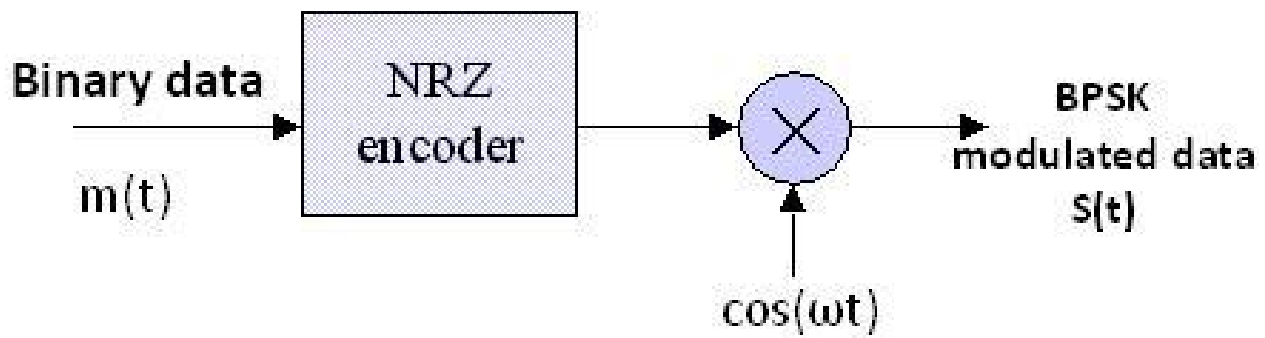


Рис. 3.1.1. Схема устройства модулятора BPSK.

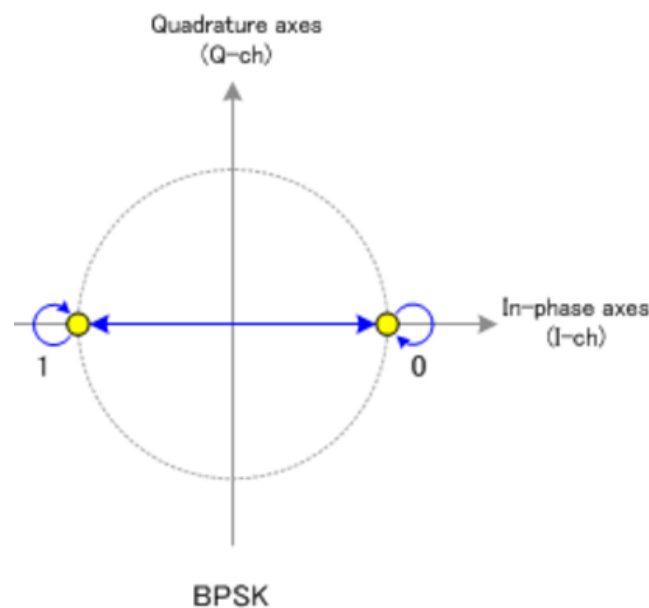


Рис. 3.1.2. Сигнальное созвездие BPSK.

3.1.2. 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, (Рис.3.1.3). 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° .

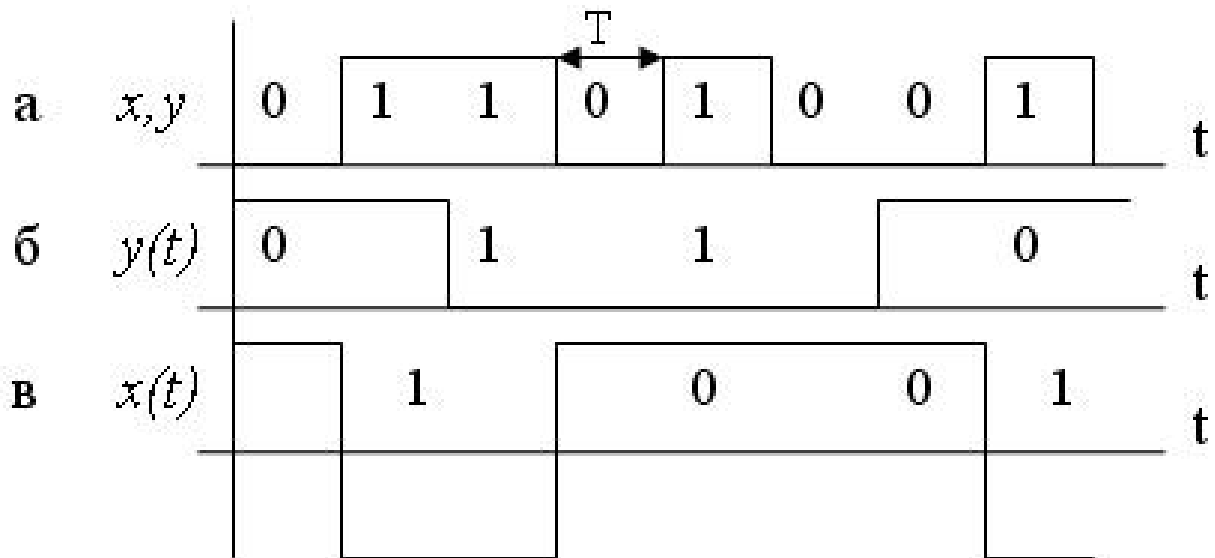


Рис. 3.1.3. Формирование манипулирующих сигналов

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.

Ниже показана структурная схема модулятора и диаграмма состояний (сигнальное созвездие) системы КАМ-16, в которой $x(t)$ и $y(t)$ принимают значения $\pm 1, \pm 3$ (4-х уровневая КАМ).

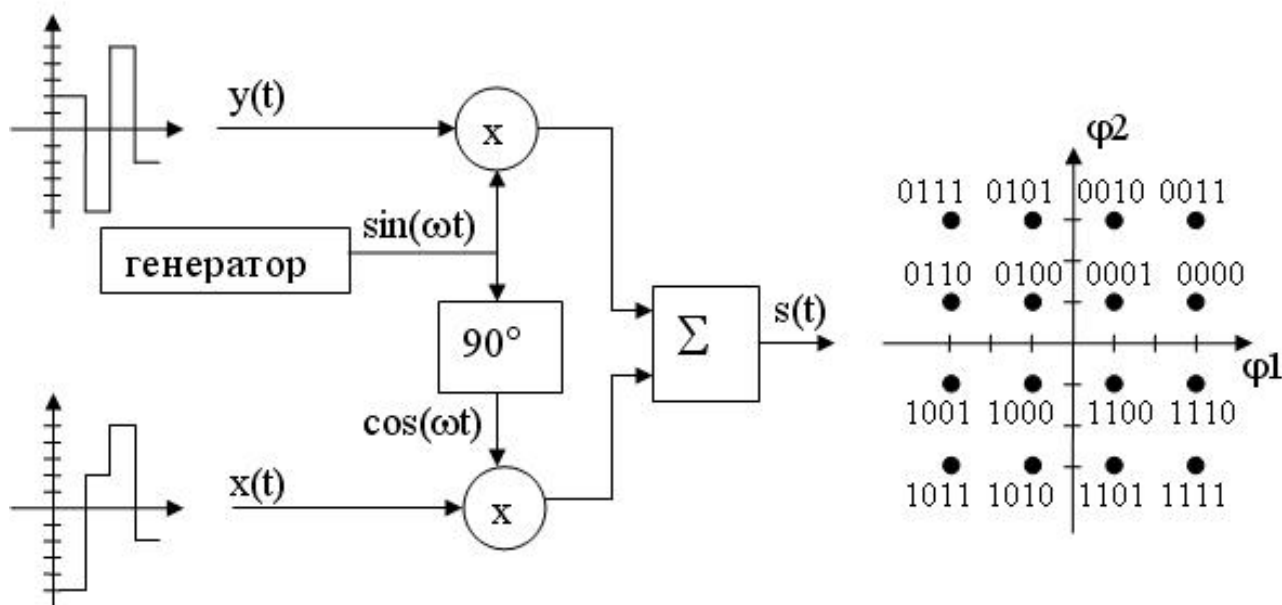


Рис. 3.1.4. Модуляция КАМ-16 и ее сигнальное созвездие

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.

Изображения сигнального созвездия и схемы модулятора MSK приведены ниже на рисунках:

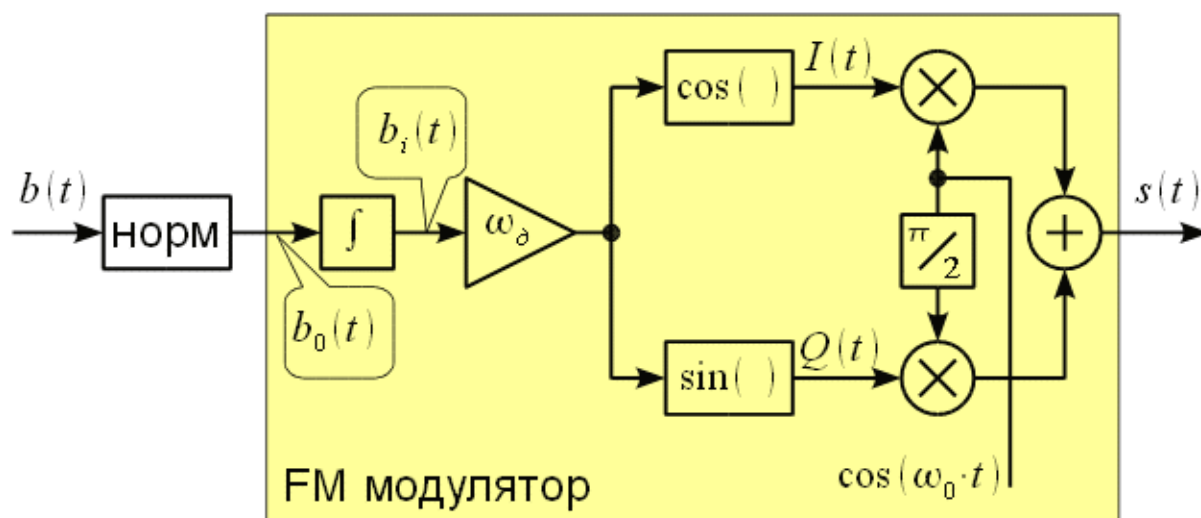


Рис. 3.1.5. Структурная схема формирования MSK на основе FM модулятора.

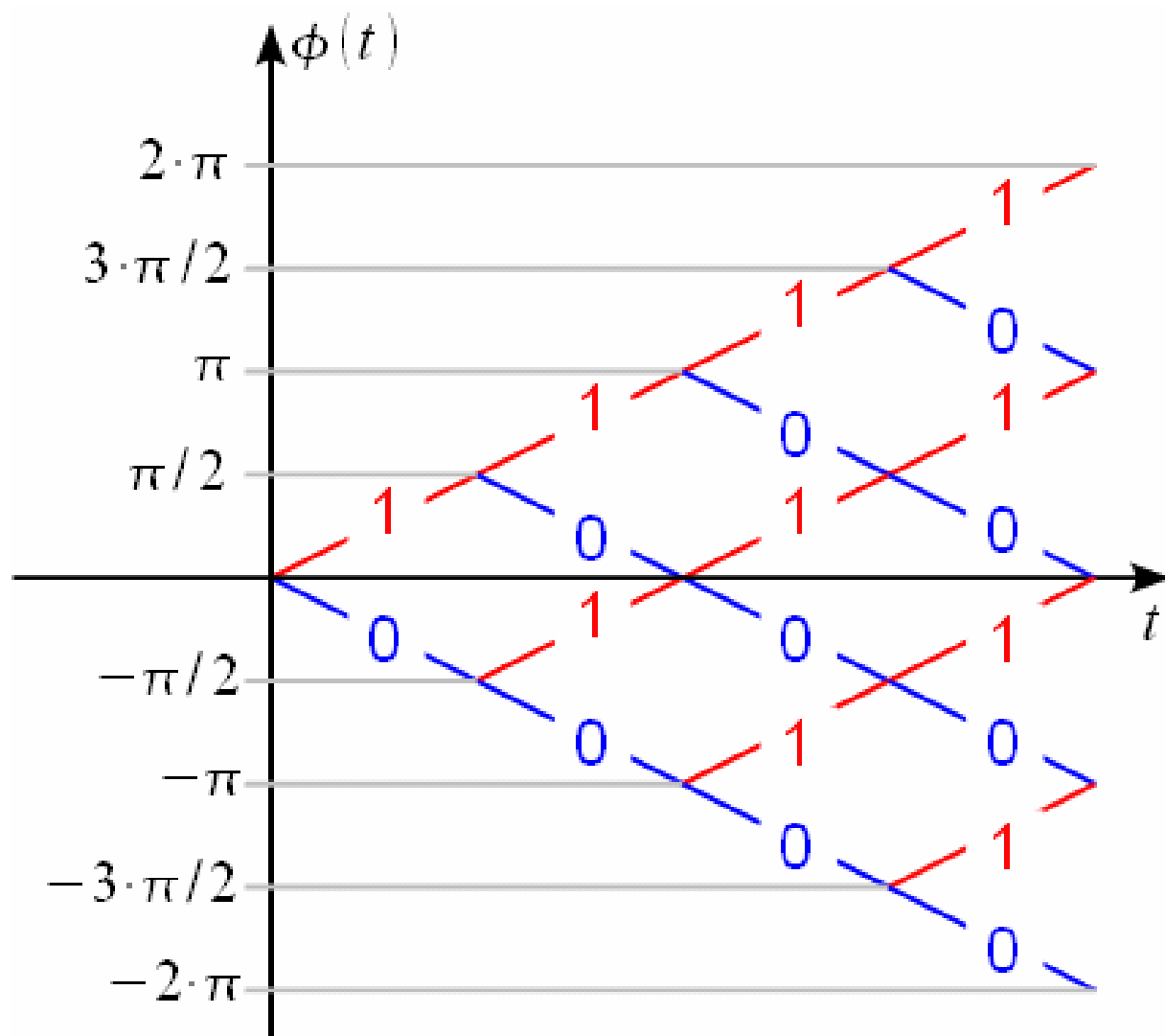


Рис. 3.1.6. Полная фазовая диаграмма при MSK для 4-х бит информации.

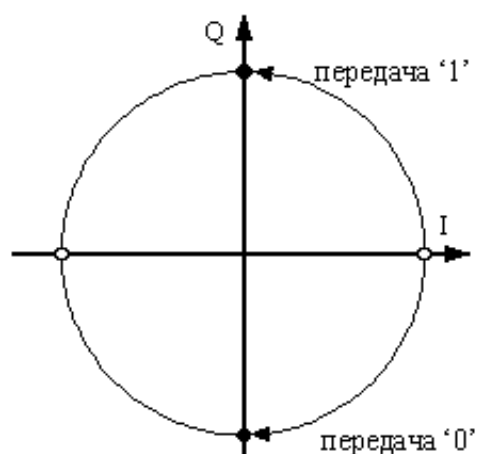


Рис. 3.1.7. Сигнальное созвездие MSK.

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, ..., 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

Реализация различных типов модуляций с помощью MATLAB:

Листинг 1: Код в МатЛаб

```
1 %BPSK
2 h = modem.pskmod('M', 2);
3 g = modem.pskdemod('M', 2);
4 msg = randint(10,1,2)
5 modSignal = modulate(h,msg);
6 errSignal = (randerr(1,10, 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(modSignal);
15 figure
16 plot(demodSignal);
17 legend('The demodulated message');
18
19
20 %PSK_modulation
21 h_ = modem.pskmod('M', 8);
22 g_ = modem.pskdemod('M', 8);
23 msg_ = randint(10,1,8);
24 modSignal_ = modulate(h, msg);
25 errSignal_ = (randerr(1,10, 3) ./ 30)';
26 modSignal = modSignal + errSignal;
27 demodSignal = demodulate(g, modSignal);
28 scatterplot(modSignal);
29 figure
30 plot(msg);
31 legend('The_input_message');
32 figure
```



```

33 plot(modSignal);
34 figure
35 plot(demodSignal);
36 legend('The_demodulated_message');
37
38 %QPSK modulation
39 h = modem.oqpskmod;
40 g = modem.oqpskdemod;
41 msg = randint(200,1,4);
42 modSignal = modulate(h,msg);
43 errSignal = (randerr(1,400, 100) ./ 30)';
44 modSignal_ = modSignal_ + errSignal;
45 demodSignal_ = demodulate(g, modSignal);
46 scatterplot(modSignal);
47 figure
48 plot(msg);
49 legend('The input message');
50 figure
51 plot(modSignal);
52 figure
53 plot(demodSignal);
54 legend('The demodulated message');
55
56 %genQAM
57 M_ = 10;
58 h_ = modem.genqammod('Constellation', exp(j*2*pi*[0:M-1]/M));
59 g_ = modem.genqamdemod('Constellation', exp(j*2*pi*[0:M-1]/M));
60 msg_ = randint(10,1,8);
61 modSignal_ = modulate(h,msg);
62 errSignal_ = (randerr(1,10, 3) ./ 30)';
63 modSignal = modSignal + errSignal;
64 demodSignal = demodulate(g, modSignal);
65 scatterplot(modSignal);
66 figure
67 plot(msg);
68 legend('The_input_message');
69 figure
70 plot(modSignal);
71 figure
72 plot(demodSignal);
73 legend('The_demodulated_message');
74
75
76 %MSK modulation
77 h = modem.mskmod('SamplesPerSymbol', 10);
78 g = modem.mskdemod('SamplesPerSymbol', 10);
79 msg = randint(10,1,2);
80 modSignal = modulate(h, msg);
81 errSignal = (randerr(1,100, 3) ./ 30)';
82 modSignal_ = modSignal_ + errSignal;
83 demodSignal_ = demodulate(g, modSignal);
84 scatterplot(modSignal);
85 figure
86 plot(msg);
87 legend('The input message');
88 figure
89 plot(modSignal);
90 figure
91 plot(demodSignal);
92 legend('The demodulated message');

```

Результаты выполнения представлены на рисунках ниже:

4.1. BPSK-модуляция

Код для получение BPSK модуляции расположен в строках 1-17 на ??:

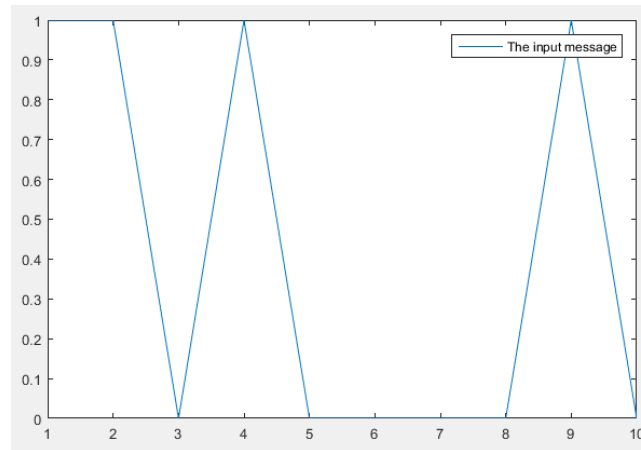


Рис. 4.1.1. Входной сигнал BPSK.

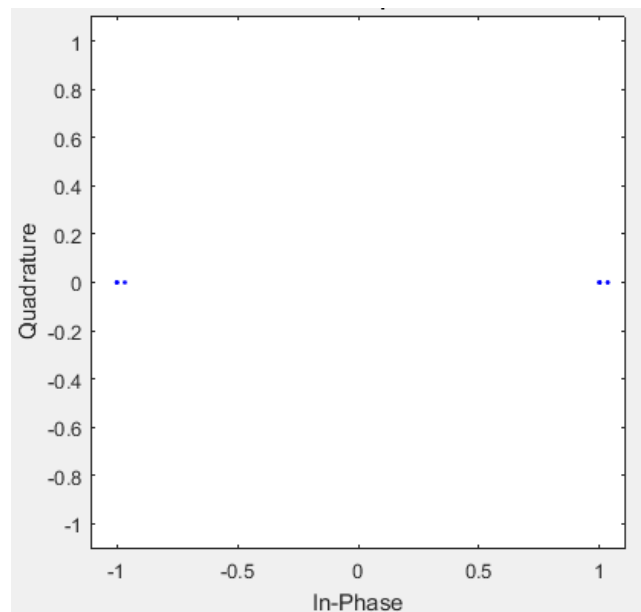


Рис. 4.1.2. Сигнальное созвездие BPSK.

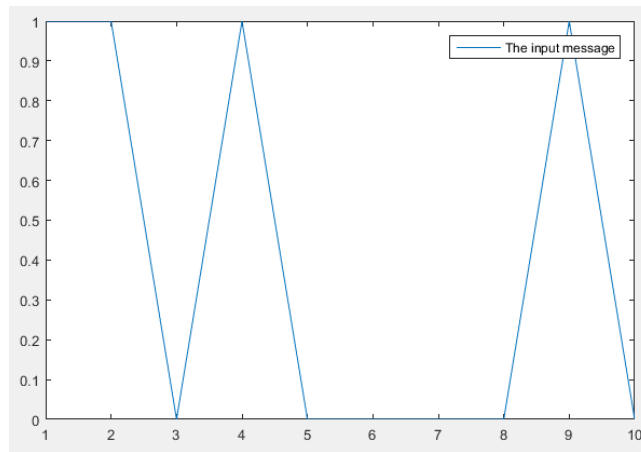


Рис. 4.1.3. Демодулированный сигнал BPSK.

Видно, что демодулированный сигнал совпал с исходным.

4.2. PSK-модуляция

Код для получение BPSK модуляции расположен в строках 20-36 на ??:

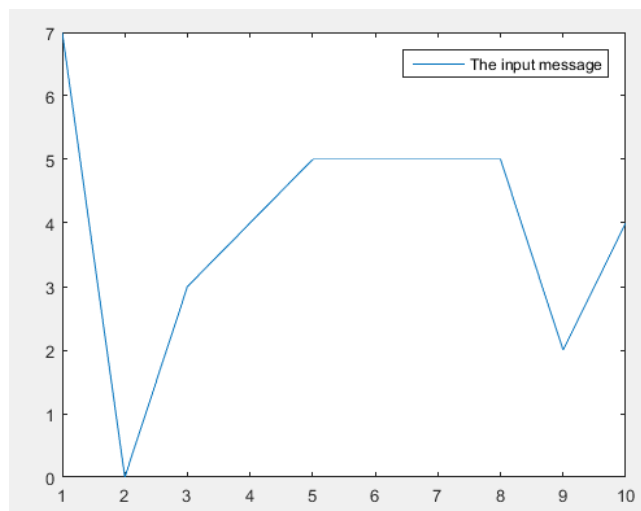


Рис. 4.2.1. Входной сигнал PSK.

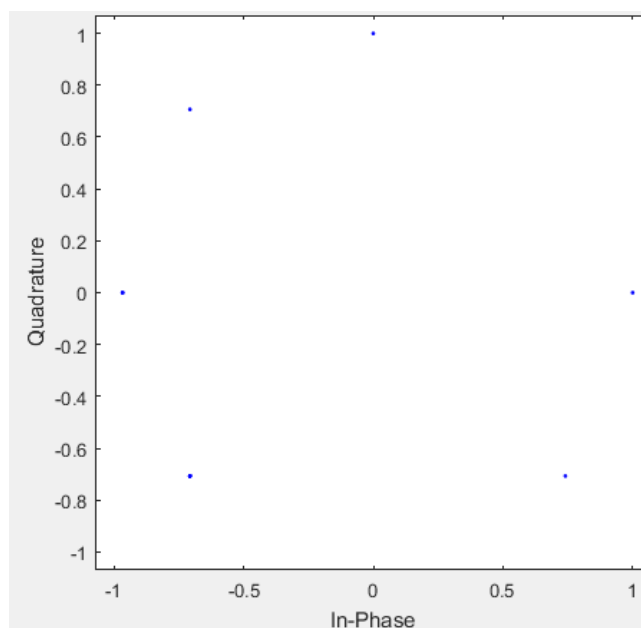


Рис. 4.2.2. Сигнальное созвездие PSK.

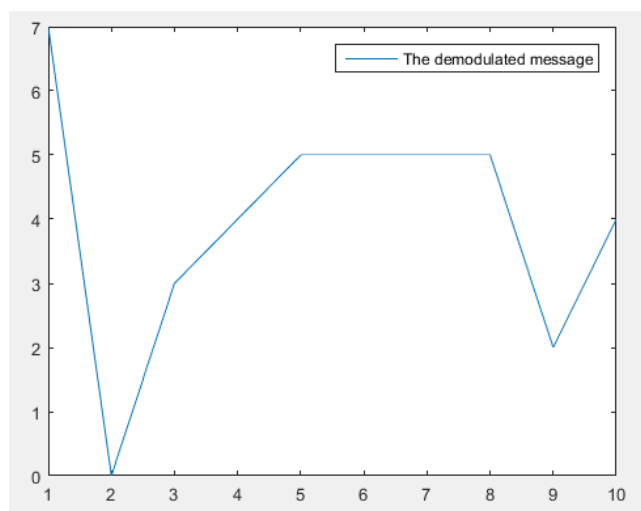


Рис. 4.2.3. Демодулированный сигнал PSK.

Видно, что демодулированный сигнал совпал с исходным.

4.3. OQPSK-модуляция

Код для получение BPSK модуляции расположен в строках 38-54 на ??:

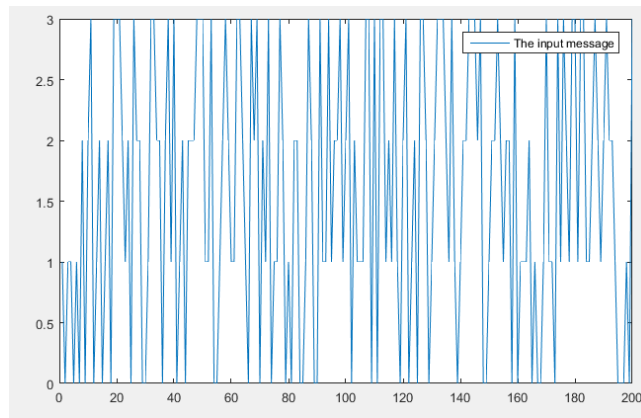


Рис. 4.3.1. Входной сигнал OQPSK.

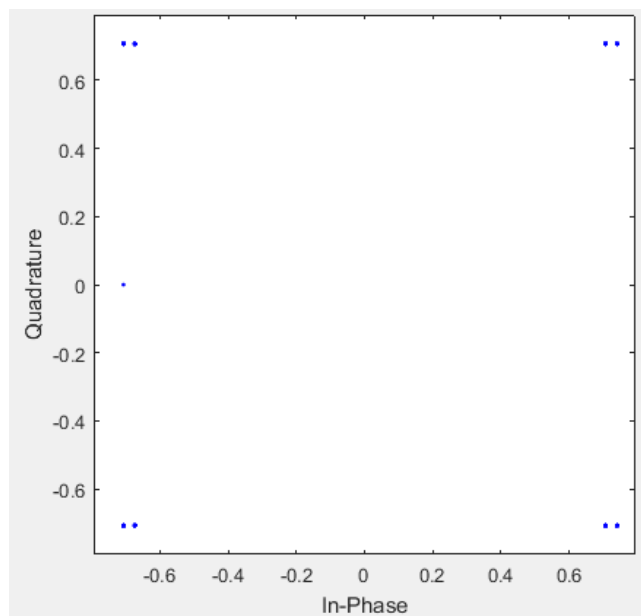


Рис. 4.3.2. Сигнальное созвездие OQPSK.

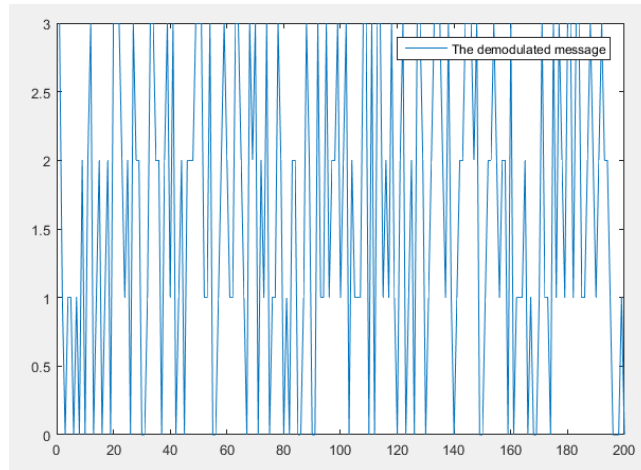


Рис. 4.3.3. Демодулированный сигнал OQPSK.

Видно, что демодулированный сигнал совпал с исходным.

4.4. genQAM-модуляция

Код для получение BPSK модуляции расположен в строках 57-73 на ??:

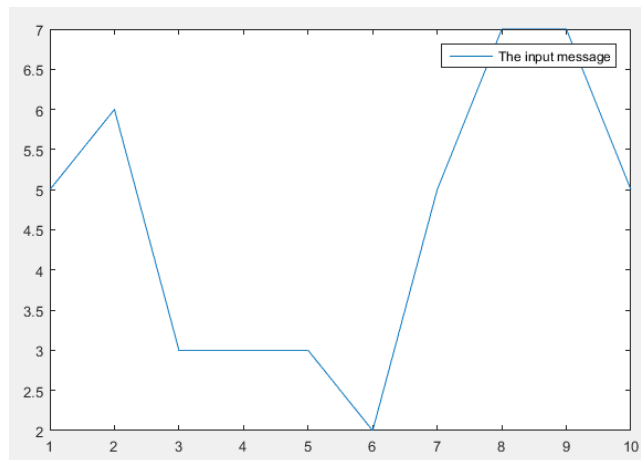


Рис. 4.4.1. Входной сигнал genQAM.

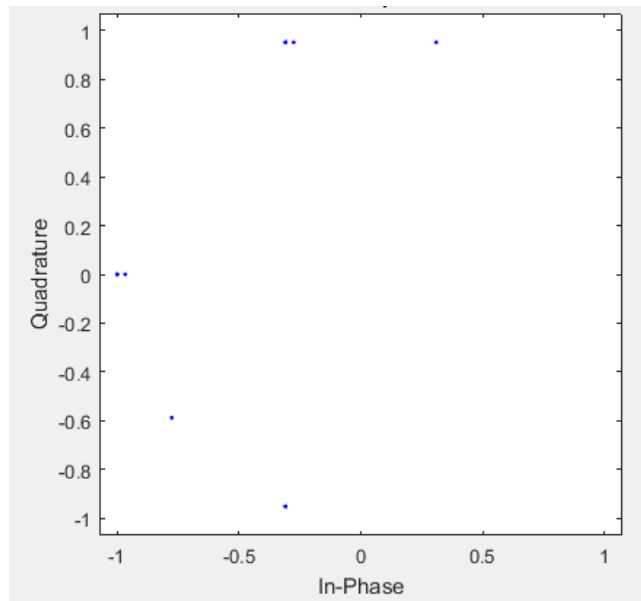


Рис. 4.4.2. Сигнальное созвездие genQAM.

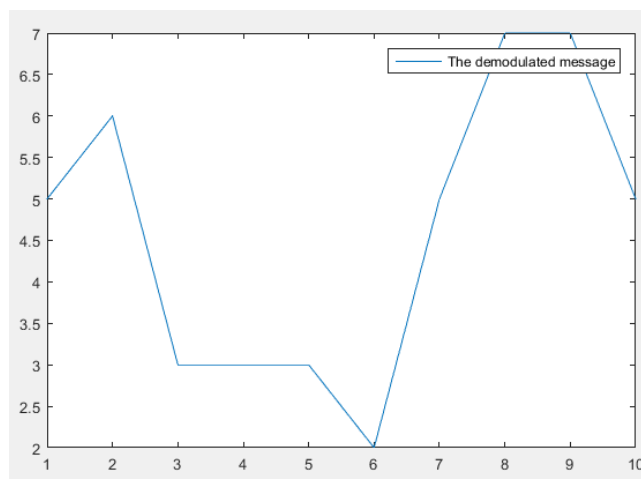


Рис. 4.4.3. Демодулированный сигнал genQAM.

Видно, что демодулированный сигнал совпал с исходным.

4.5. MSK-модуляция

Код для получение BPSK модуляции расположен в строках 76-92 на ??:

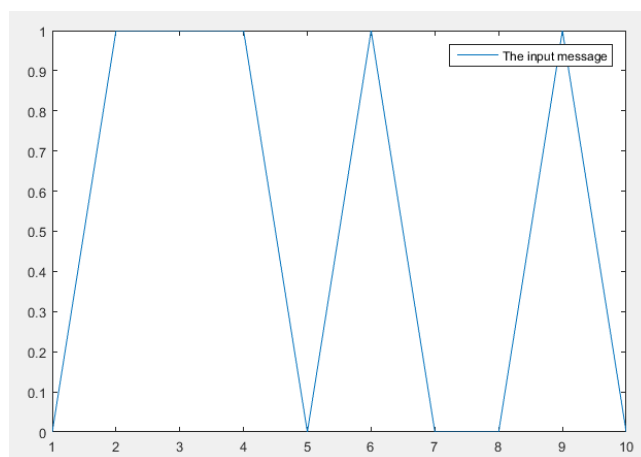


Рис. 4.5.1. Входной сигнал MSK.

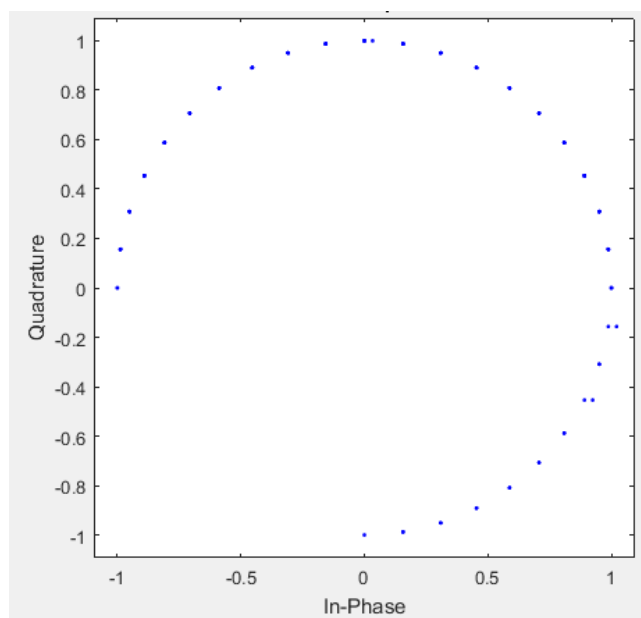


Рис. 4.5.2. Сигнальное созвездие MSK.

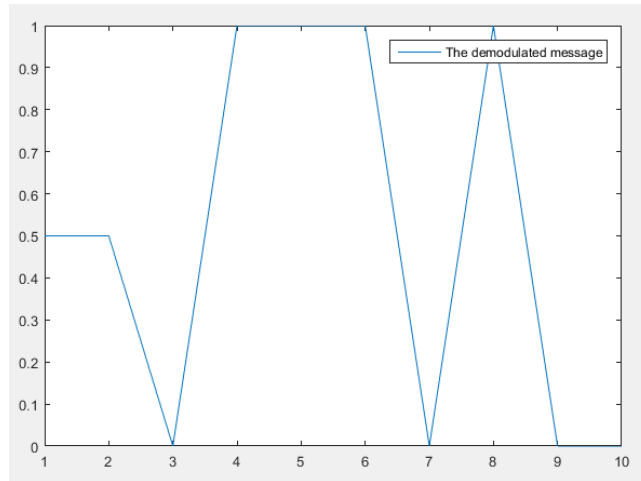


Рис. 4.5.3. Демодулированный сигнал MSK.

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.

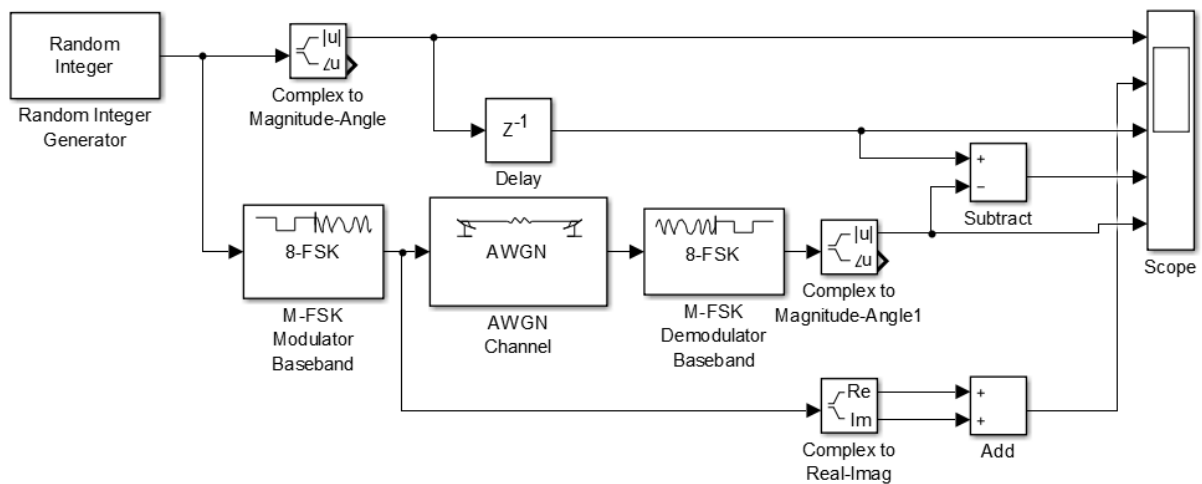


Рис. 4.6.1. Simulink-модель MFSK.

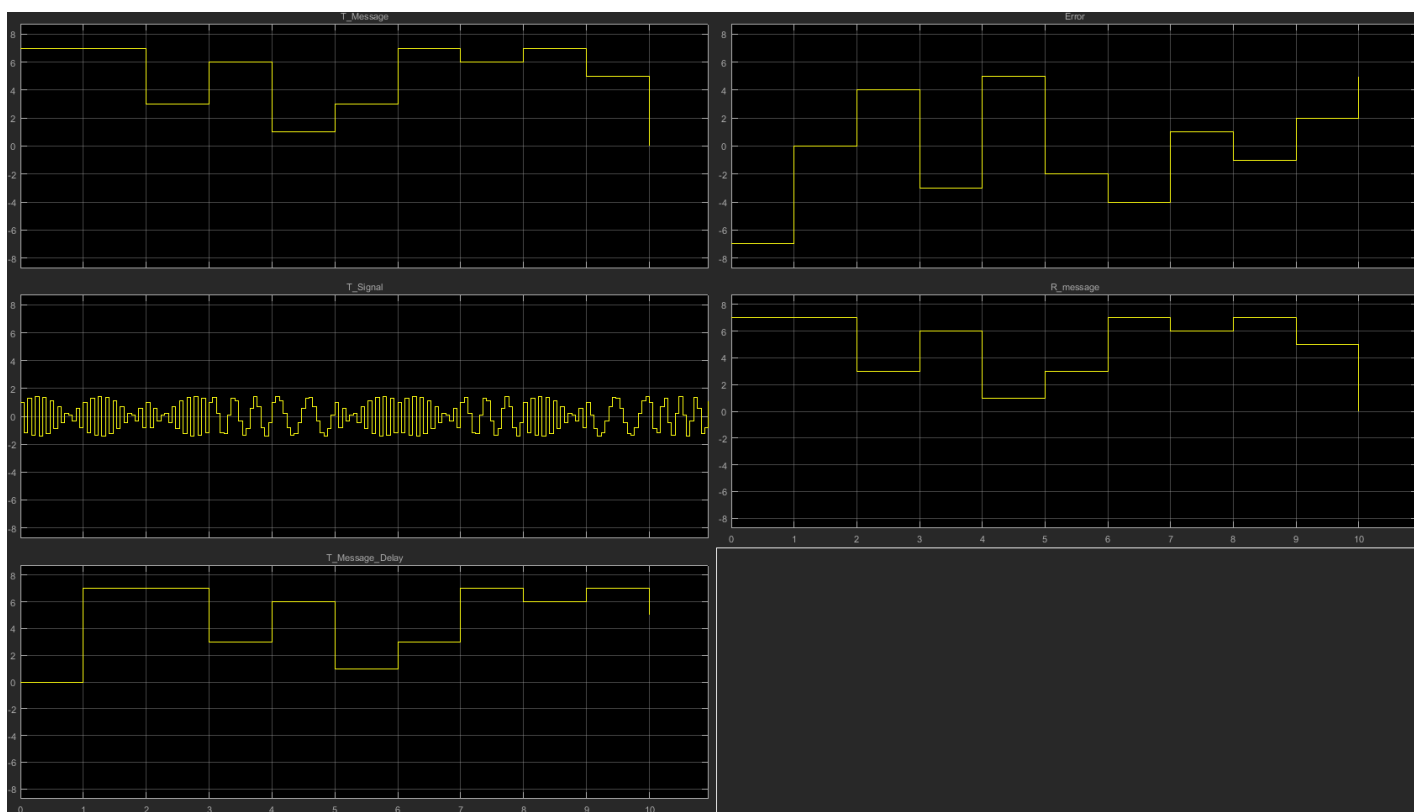


Рис. 4.6.2. Графики входного сигнала, задержанного сигнала, модулированного сигнала, сигнала ошибки с задержанным сигналом, выходного сигнала MFSK.

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 смещений, 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.