

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:
Ерниязов Т.Е.
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	2
3.1.3. MSK	3
3.1.4. MFSK	3
4. Ход работы	4
4.1. BPSK-модуляция	4
4.2. PSK-модуляция	5
4.3. OQPSK-модуляция	7
4.4. genQAM-модуляция	9
4.5. MSK-модуляция	10
4.6. MFSK-модуляция	12
5. Выводы	13

1. Цель работы

Изучение различных методов модуляции цифровых сигналов.

2. Постановка задачи

1. Получить различные сигналы используя BPSK, PSK, OQPSK, genQAM, MSK, M-FSK модуляторы.
2. Построить их сигнальные созвездия.
3. 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).

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. 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.

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).

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.

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 модуляций:

4.1. BPSK-модуляция

Код для получение BPSK модуляции

```
1 %BPSK
2 h = modem.pskmod('M', 2);
3 g = modem.pskdemod('M', 2);
4 msg = randi([0,1], 10, 1);
5 modSignal = modulate(h,msg);
6 errSignal = (randerr(1,10, 3) ./ 30)';
7 modSignal = modSignal + errSignal;
8 demodSignal = demodulate(g, modSignal);
9 plot_signal(msg, modSignal, demodSignal, 'BPSK');
```

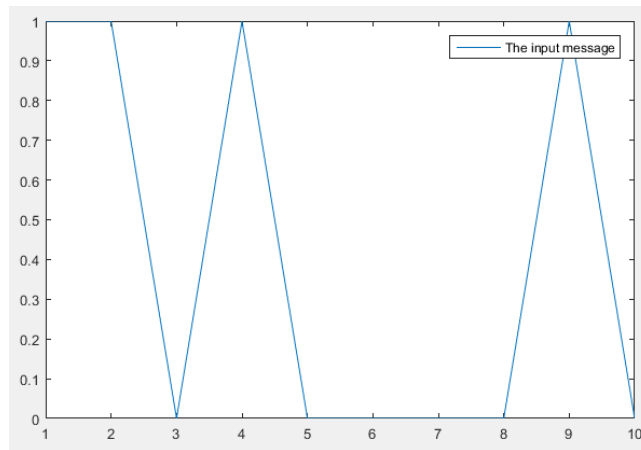


Рис. 4.1.1. Входной сигнал BPSK.

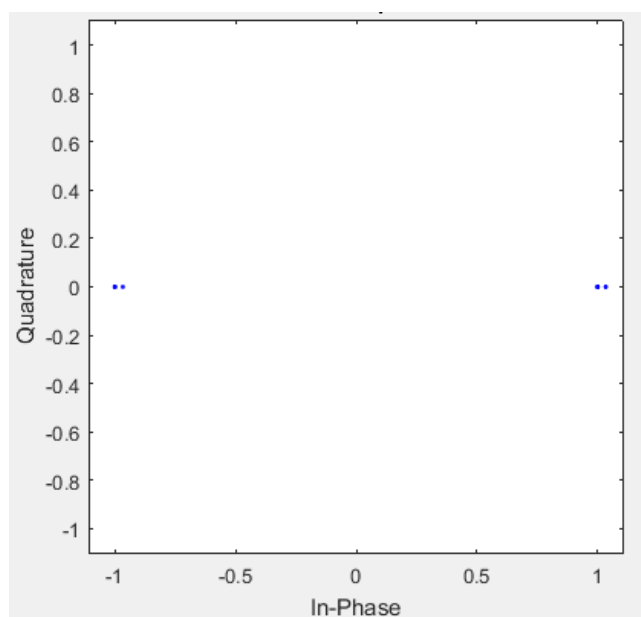


Рис. 4.1.2. Сигнальное созвездие BPSK.

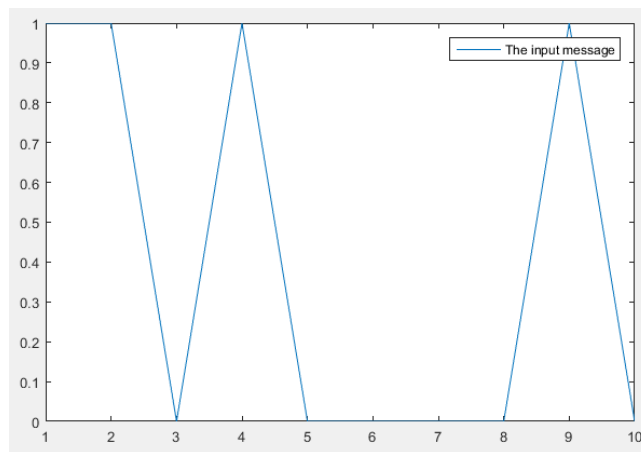


Рис. 4.1.3. Демодулированный сигнал BPSK.

Видно, что демодулированный сигнал совпал с исходным.

4.2. PSK-модуляция

Код для получение PSK модуляции

```

1 %PSK
2 h = modem.pskmod('M', 8);
3 g = modem.pskdemod('M', 8);
4 msg = randi([0, 7], 10, 1);
5 modSignal = modulate(h, msg);
6 errSignal = (randerr(1, 10, 3) ./ 30)';
7 modSignal = modSignal + errSignal;
8 demodSignal = demodulate(g, modSignal);
9 plot_signal(msg, modSignal, demodSignal, 'PSK');

```

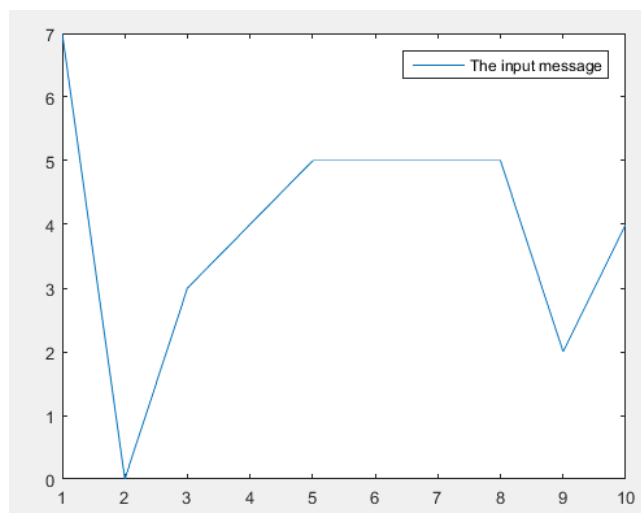


Рис. 4.2.1. Входной сигнал PSK.

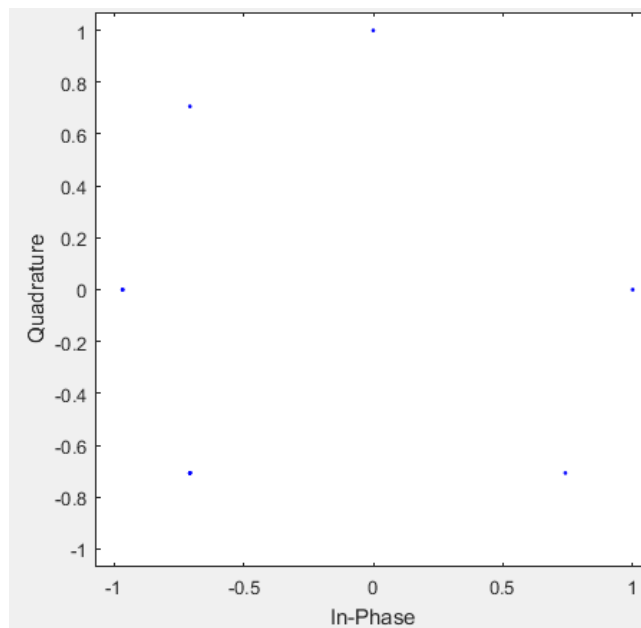


Рис. 4.2.2. Сигнальное созвездие PSK.

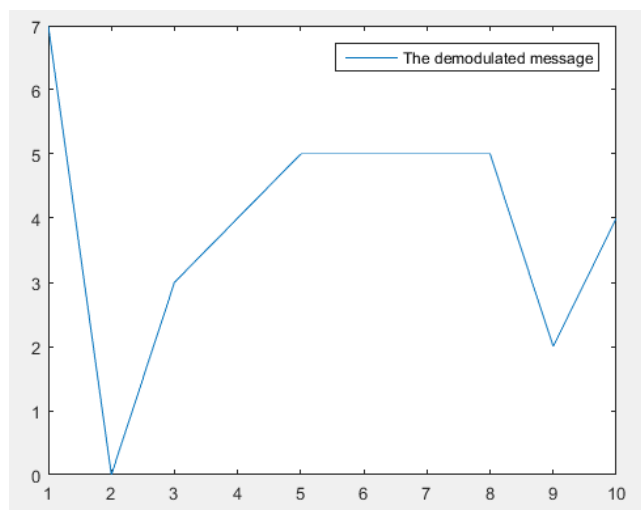


Рис. 4.2.3. Демодулированный сигнал PSK.

Видно, что демодулированный сигнал совпал с исходным.

4.3. OQPSK-модуляция

Код для получение QPSK модуляции

```
1 %OQPSK
2 h = modem.oqpskmod;
3 g = modem.oqpskdemod;
4 msg = randi([0, 3],100,1);
5 modSignal = modulate(h,msg);
6 errSignal = (randerr(1,200, 100) ./ 30)';
7 modSignal_ = modSignal_ + errSignal;
8 demodSignal_ = demodulate(g, modSignal);
9 plot_signal(msg, modSignal, demodSignal, 'OQPSK');
```

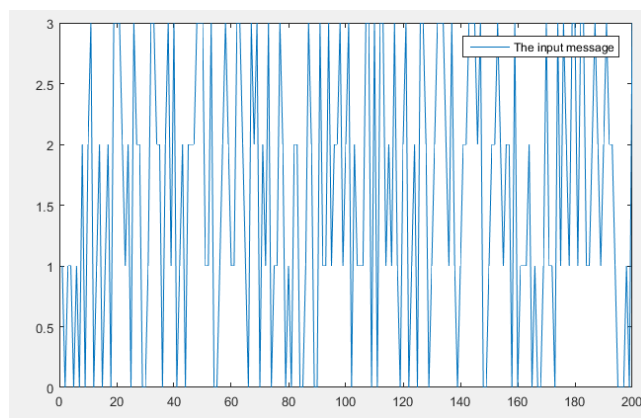


Рис. 4.3.1. Входной сигнал OQPSK.

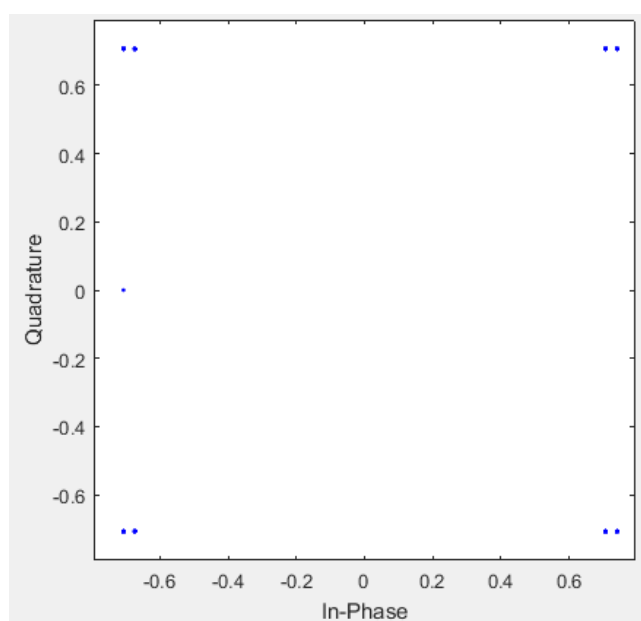


Рис. 4.3.2. Сигнальное созвездие OQPSK.

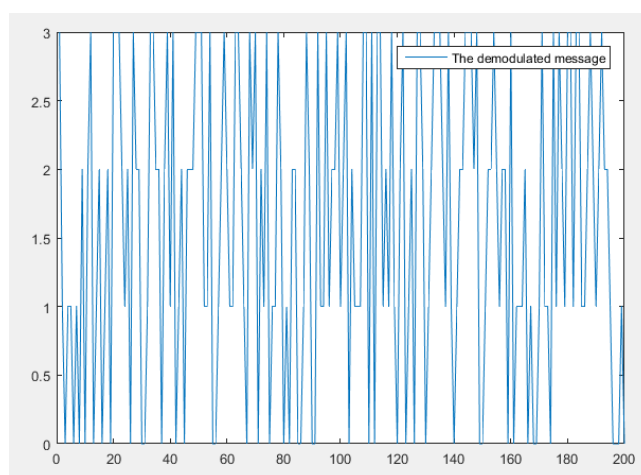


Рис. 4.3.3. Демодулированный сигнал OQPSK.

Видно, что демодулированный сигнал совпал с исходным.

4.4. genQAM-модуляция

Код для получение genQAM модуляции

```
1 M = 11;
2 h = modem.genqammod('Constellation', exp(1i*2*pi*(0:M-1)/M));
3 g = modem.genqamdemod('Constellation', exp(1i*2*pi*(0:M-1)/M));
4 msg = randi([0, 7], 11, 1);
5 modSignal = modulate(h, msg);
6 errSignal = (randerr(1, 11, 3) ./ 30)';
7 modSignal_ = modSignal + errSignal;
8 demodSignal_ = demodulate(g, modSignal_);
9 plot_signal(msg, modSignal, demodSignal, 'gen QAM');
```

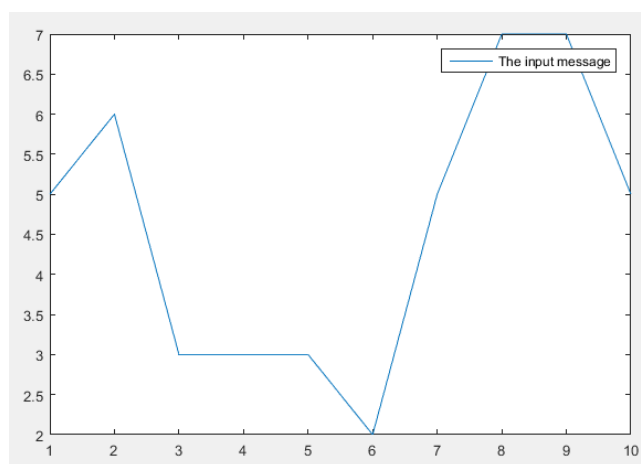


Рис. 4.4.1. Входной сигнал genQAM.

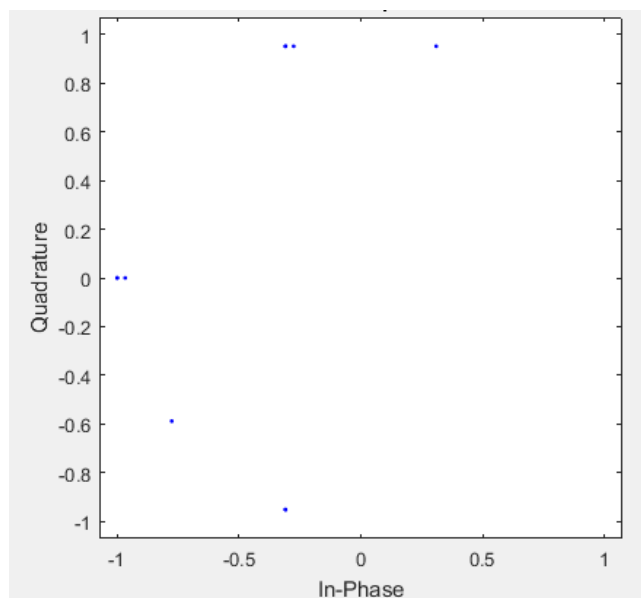


Рис. 4.4.2. Сигнальное созвездие genQAM.

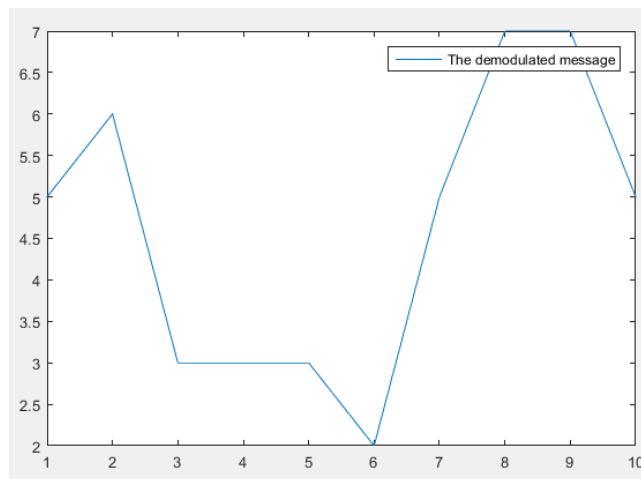


Рис. 4.4.3. Демодулированный сигнал genQAM.

Видно, что демодулированный сигнал совпал с исходным.

4.5. MSK-модуляция

Код для получение MSK модуляции

```

1 %MSK
2 h = modem.mskmod('SamplesPerSymbol', 11);
3 g = modem.mskdemod('SamplesPerSymbol', 11);
4 msg = randi([0, 1], 11, 1);
5 modSignal = modulate(h, msg);
6 errSignal = (randerr(1, 121, 3) ./ 15)';
7 modSignal = modSignal + errSignal;
8 demodSignal = demodulate(g, modSignal);
9 plot_signal(msg, modSignal, demodSignal, 'MSK');

```

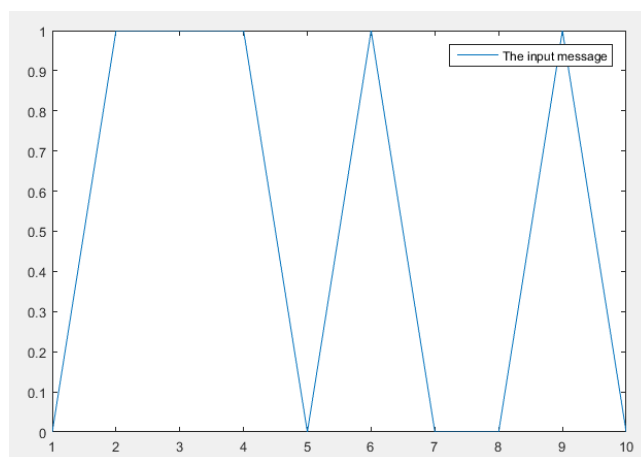


Рис. 4.5.1. Входной сигнал MSK.

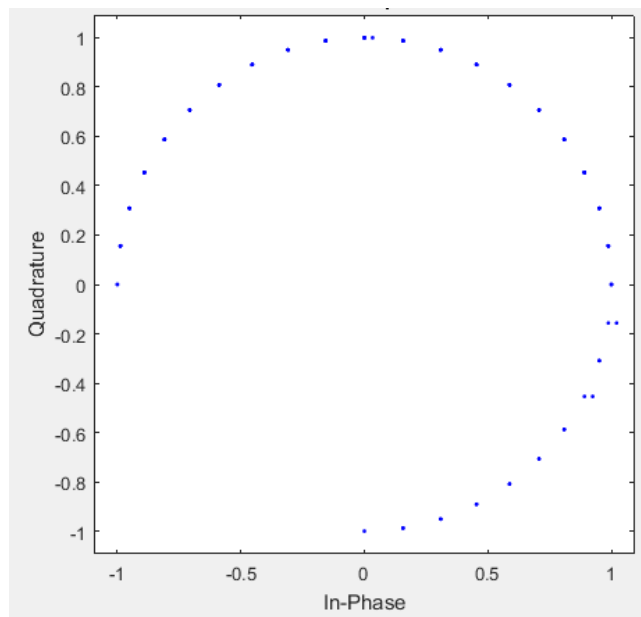


Рис. 4.5.2. Сигнальное созвездие MSK.

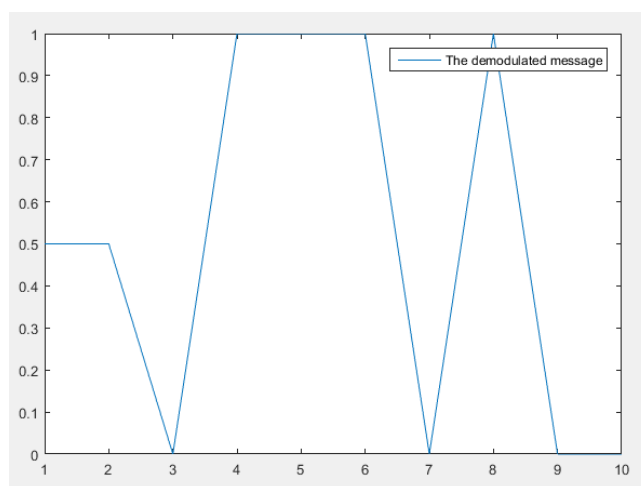


Рис. 4.5.3. Демодулированный сигнал MSK.

Выходной сигнал имеет задержку при демодуляции.

4.6. MFSK-модуляция

С помощью Simulink был создан MFSK-модулятор.

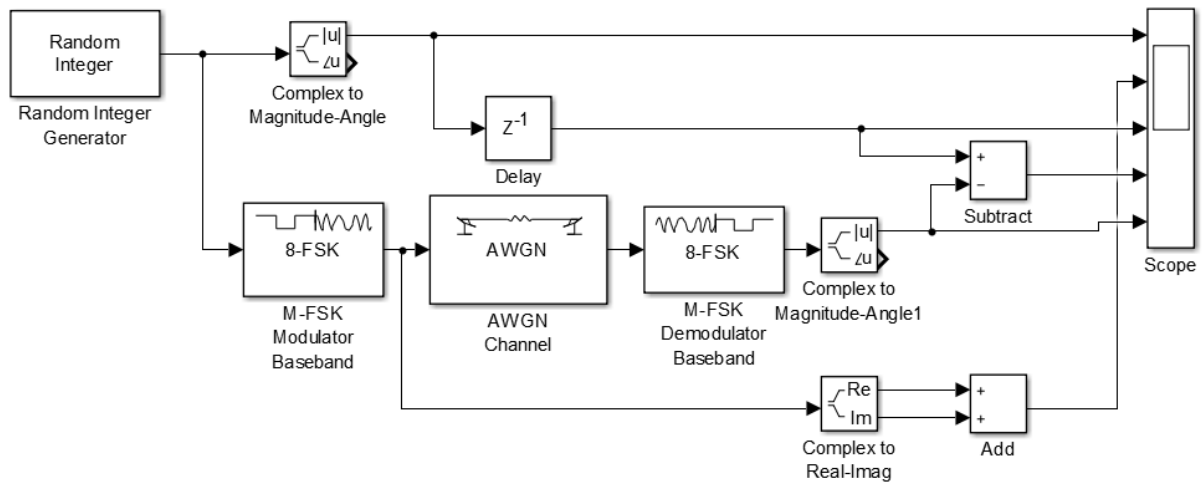


Рис. 4.6.1. Simulink-модель MFSK.

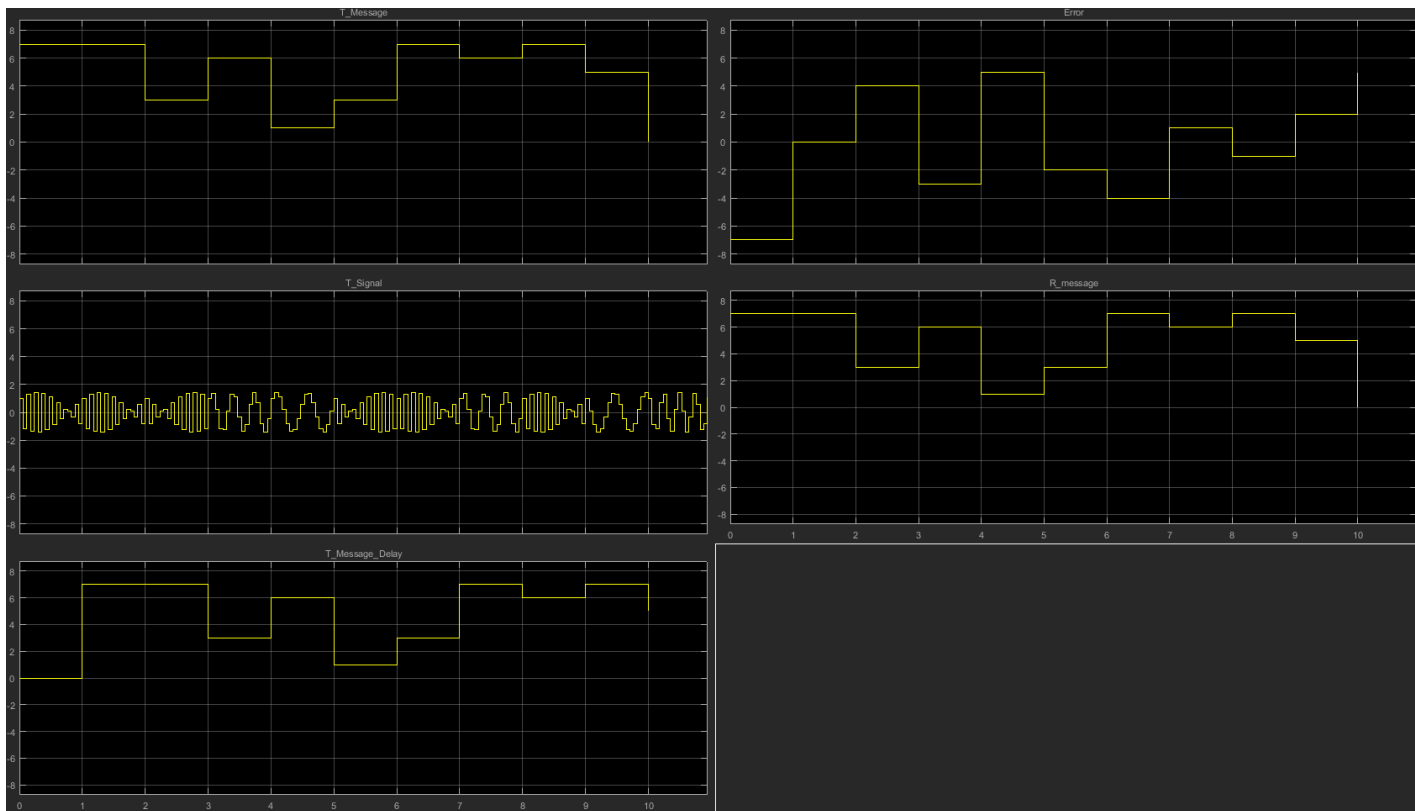


Рис. 4.6.2. Графики входного сигнала, задержанного сигнала, модулированного сигнала, сигнала ошибки с задержанным сигналом, выходного сигнала MFSK.

5. Выводы

В ходе работы были рассмотрены различные методы цифровой модуляции и демодуляции. Были изучены их основные принципы:

Квадратурная амплитудная манипуляция — манипуляция, при которой изменяется как фаза, так и амплитуда сигналаа.

Фазовая манипуляция — модуляция, при которой фаза несущего колебания меняется скачкообразн.

При квадратурной фазовой манипуляции используется созвездие из четырёх точек, размещённых на равных расстояниях на окружности.

Частотная манипуляция с минимальным сдвигом представляет собой способ модуляции, при котором не происходит скачков фазы и изменение частоты происходит в моменты пересечения несущей нулевого уровня.