

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

ЦИФРОВАЯ МОДУЛЯЦИЯ

Руководитель
_____ Н. В. Богач

Выполнил
_____ Л. Д. Кони́на
группа 33501/3

Санкт-Петербург
2018

Цель: изучение методов модуляции цифровых сигналов.

Постановка задачи:

- 1) Получить сигналы BPSK, PSK, OQPSK, genQAM, MSK, M-FSK модуляторов
- 2) Построить их сигнальные созвездия
- 3) Провести сравнение изученных методов модуляции цифровых сигналов

Теоретическая информация

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.

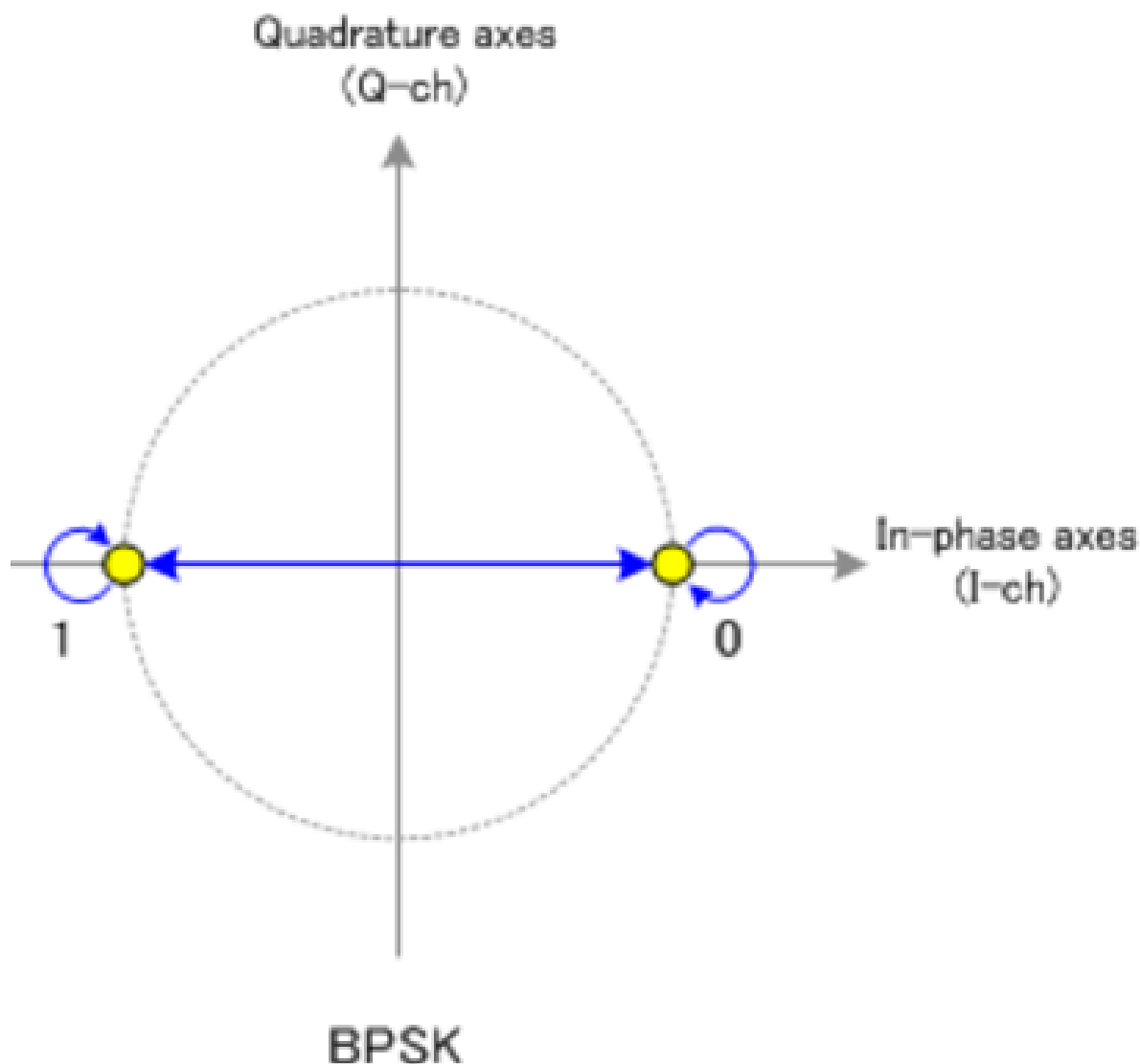
Одна из частных реализаций схемы ASK/PSK - QAM - Quadrature Amplitude Modulation (квадратурная амплитудная модуляция). Это метод объединения двух АМ-сигналов в одном канале. Он позволяет удвоить эффективную пропускную способность. В QAM используется две несущих с одинаковой частотой но с разницей в фазе 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).

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 рисунке.



genQAM, OQPSK

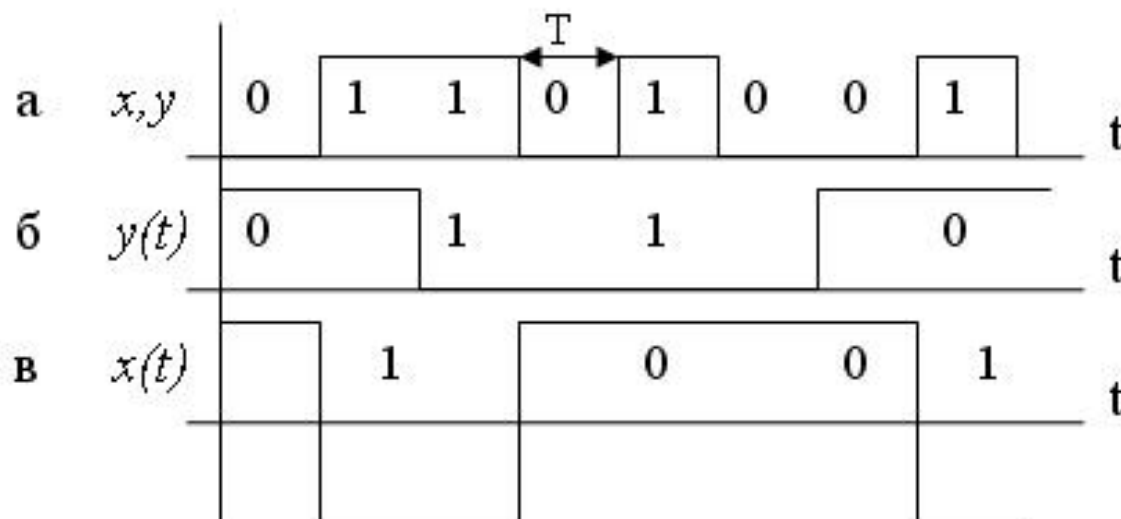
При квадратурной амплитудной модуляции изменяется как фаза, так и амплитуда несущего сигнала. Это позволяет увеличить количество кодируемых в единицу времени бит и при этом повысить помехоустойчивость их передачи по каналу связи. Квадратурное представление сигнала заключается в выражении колебания линейной 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. 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, $+90$ или -90 . Формирование манипулирующих сигналов:

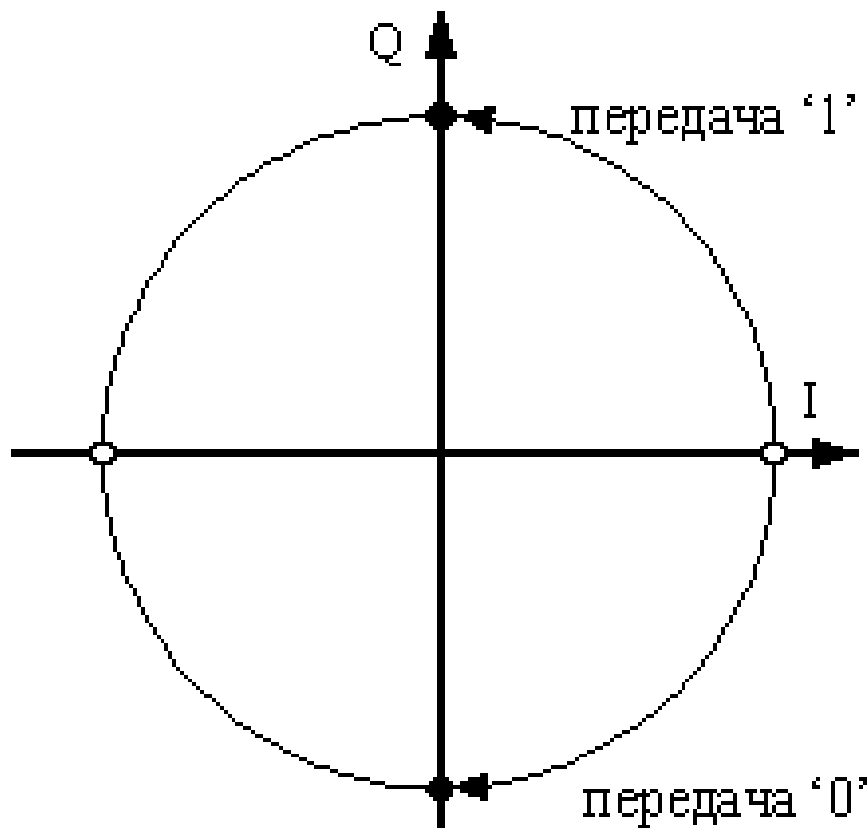


Преобразованные таким образом сигналы передаются в одном канале. Поскольку один и тот же физический канал используется для передачи двух сигналов, то скорость передачи КАМ-сигнала в отличие от АМ-сигнала в два раза выше.

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.

Сигнальное созвездие MSK:



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:

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

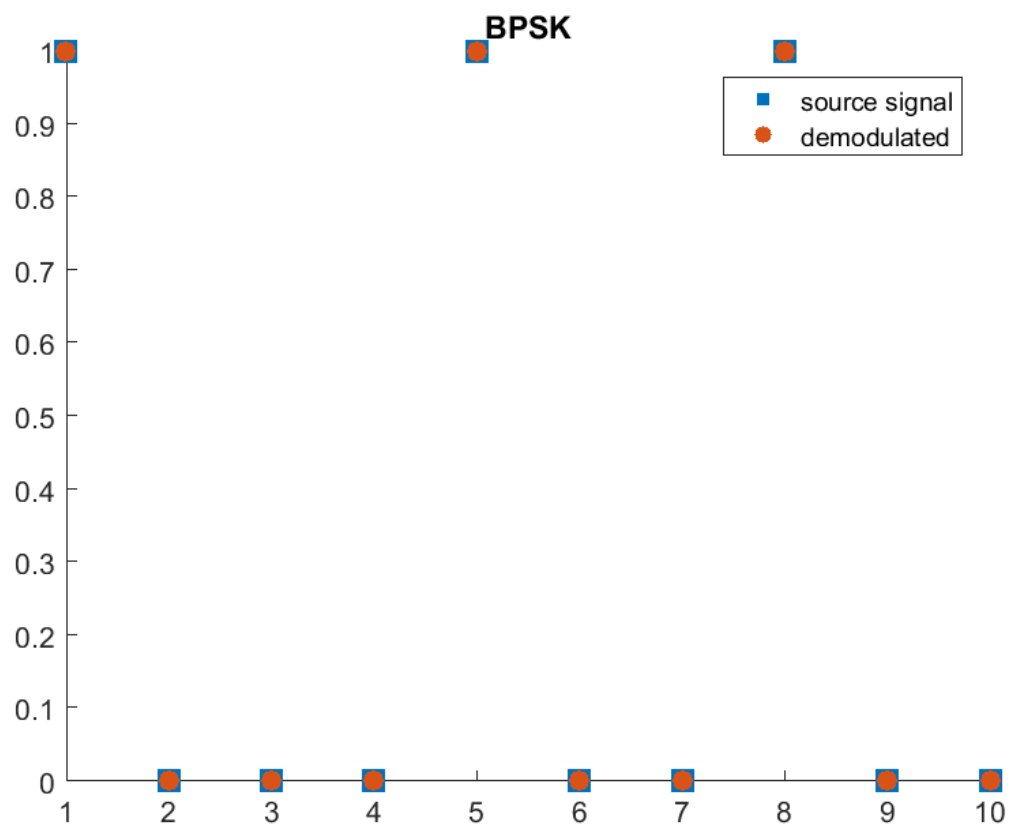
формула сигнала 1 многопозиционной частотной модуляции, формула сигнала 2 многопозиционной частотной модуляции, ..., формула сигнала N многопозиционной частотной модуляции (3) где s_1 используется для передачи первого состояния символа; s_2 — для передачи второго состояния символа; s_N — для передачи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

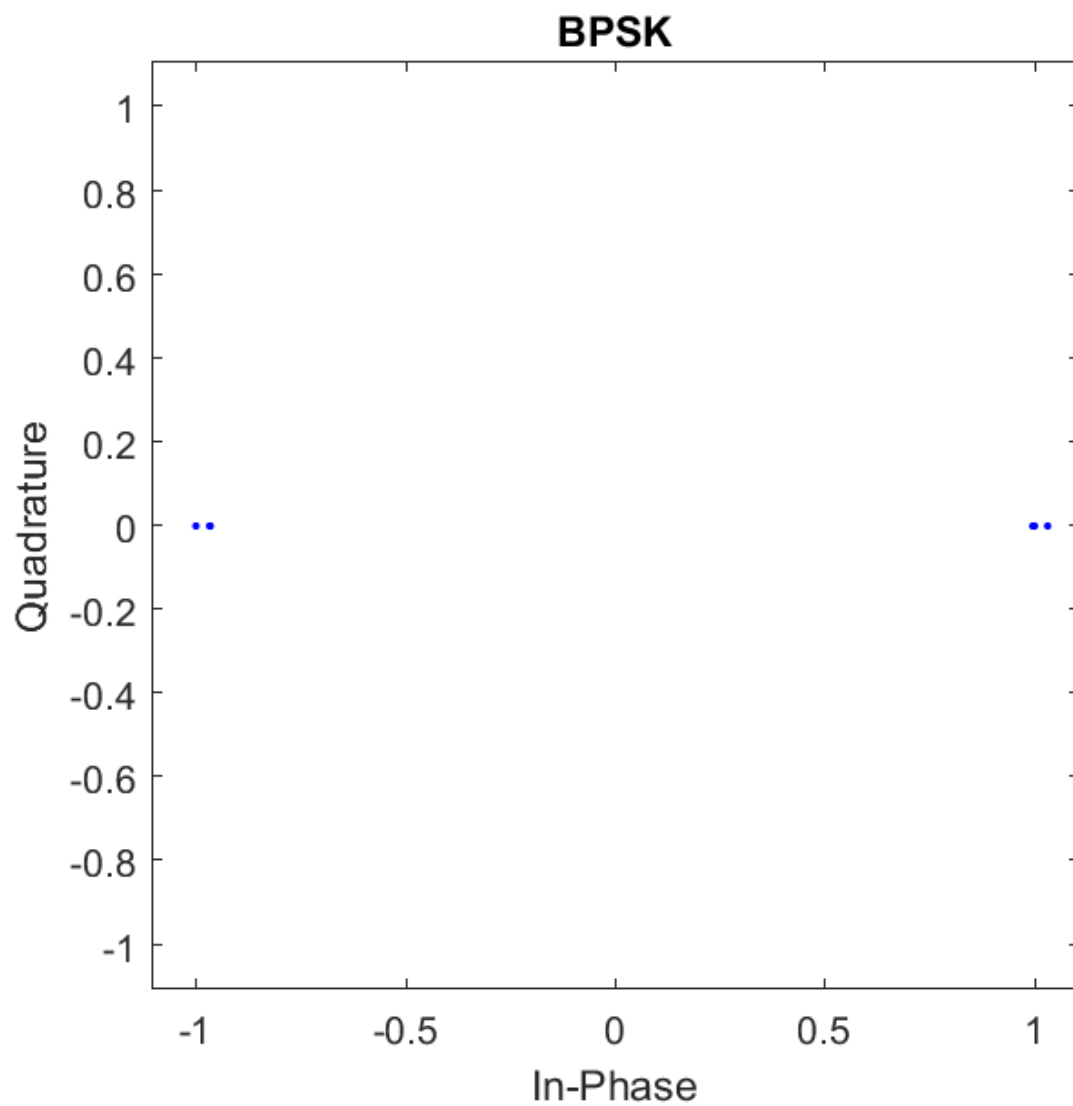
Ход работы

БPSK-модуляция

Исходный и демодулированный сигналы:



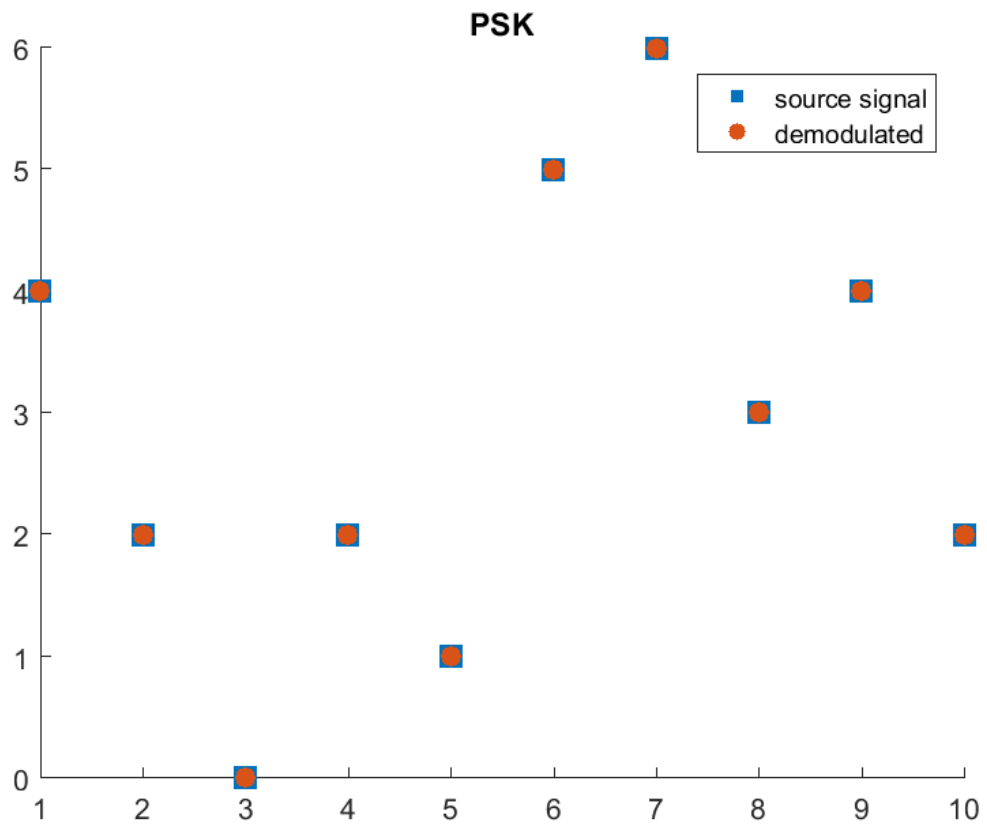
Сигнальное созвездие:



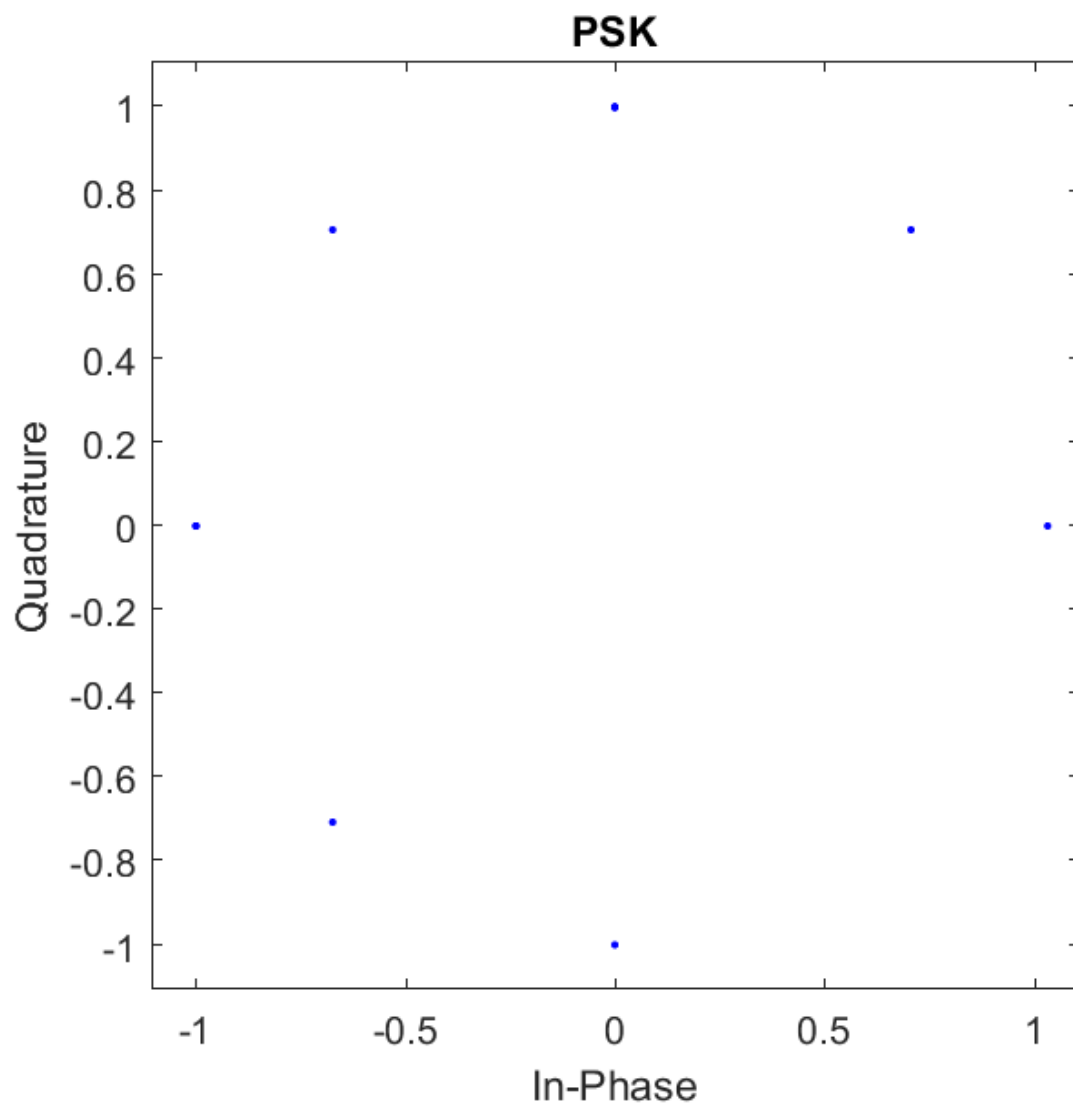
Видно, что демодулированный сигнал совпал с исходным.

PSK-модуляция

Исходный и демодулированный сигналы:



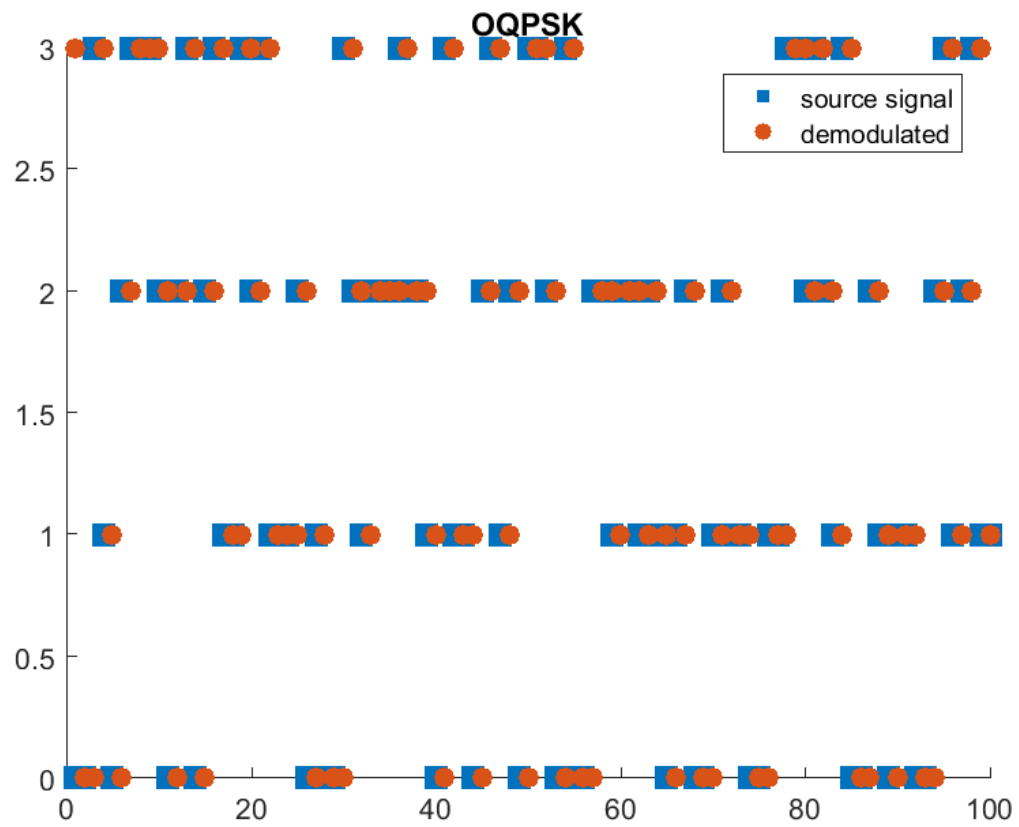
Сигнальное созвездие:



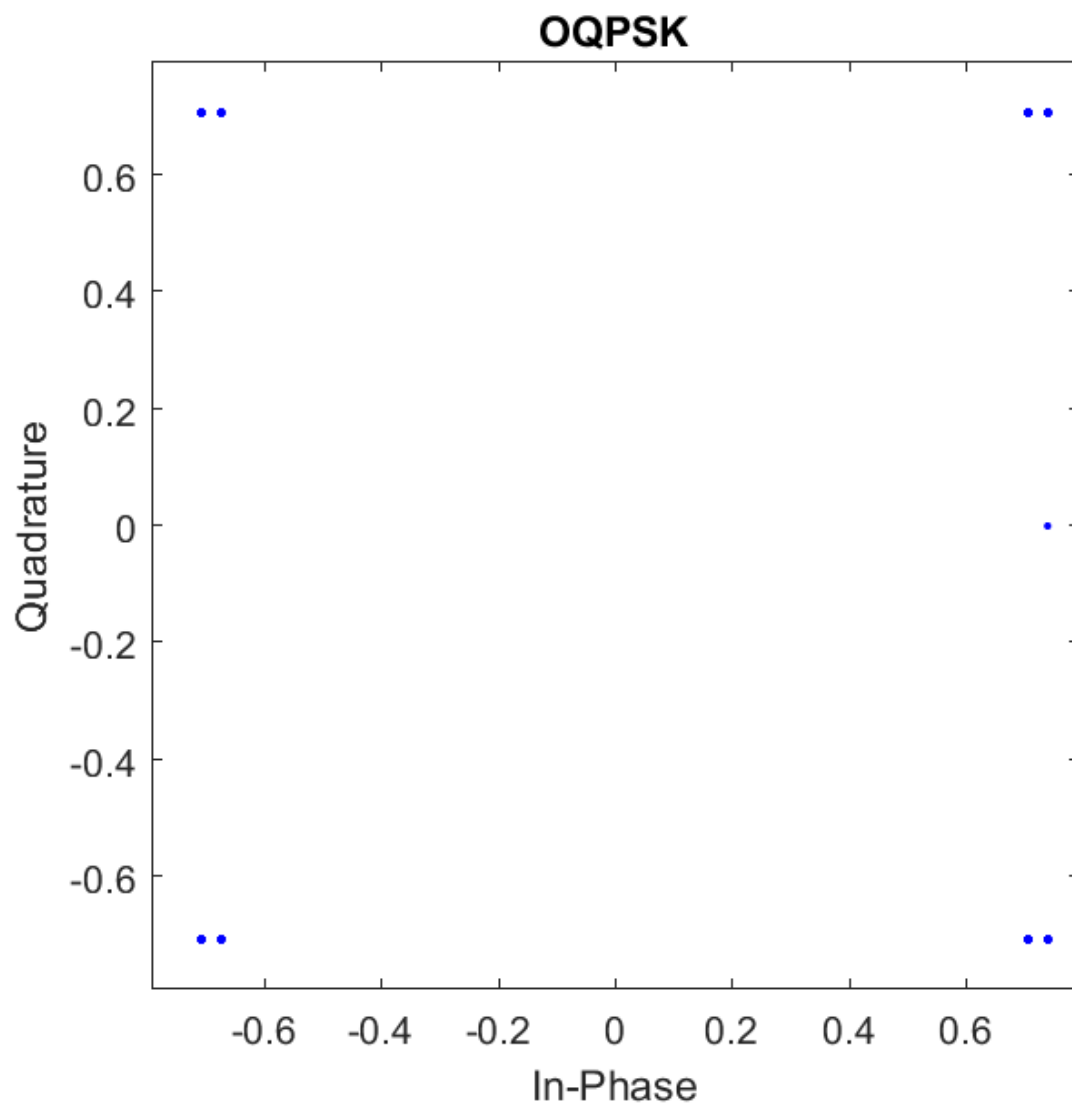
Видно, что демодулированный сигнал совпал с исходным.

OQPSK-модуляция

Исходный и демодулированный сигналы:



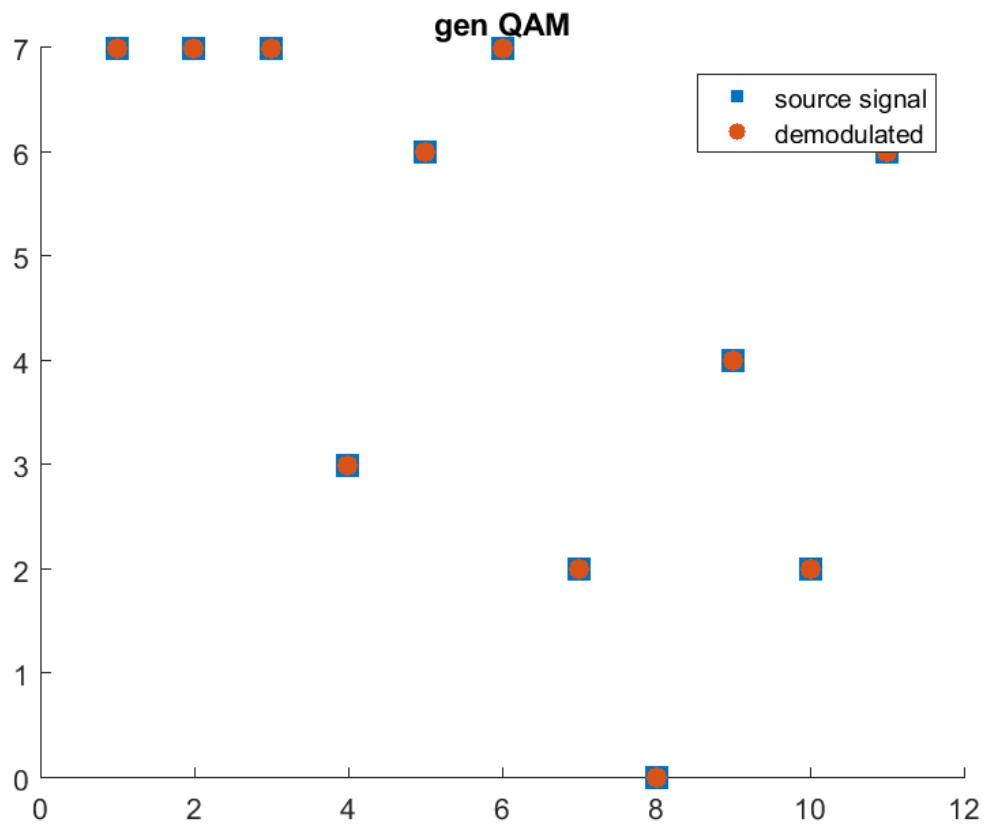
Сигнальное созвездие:



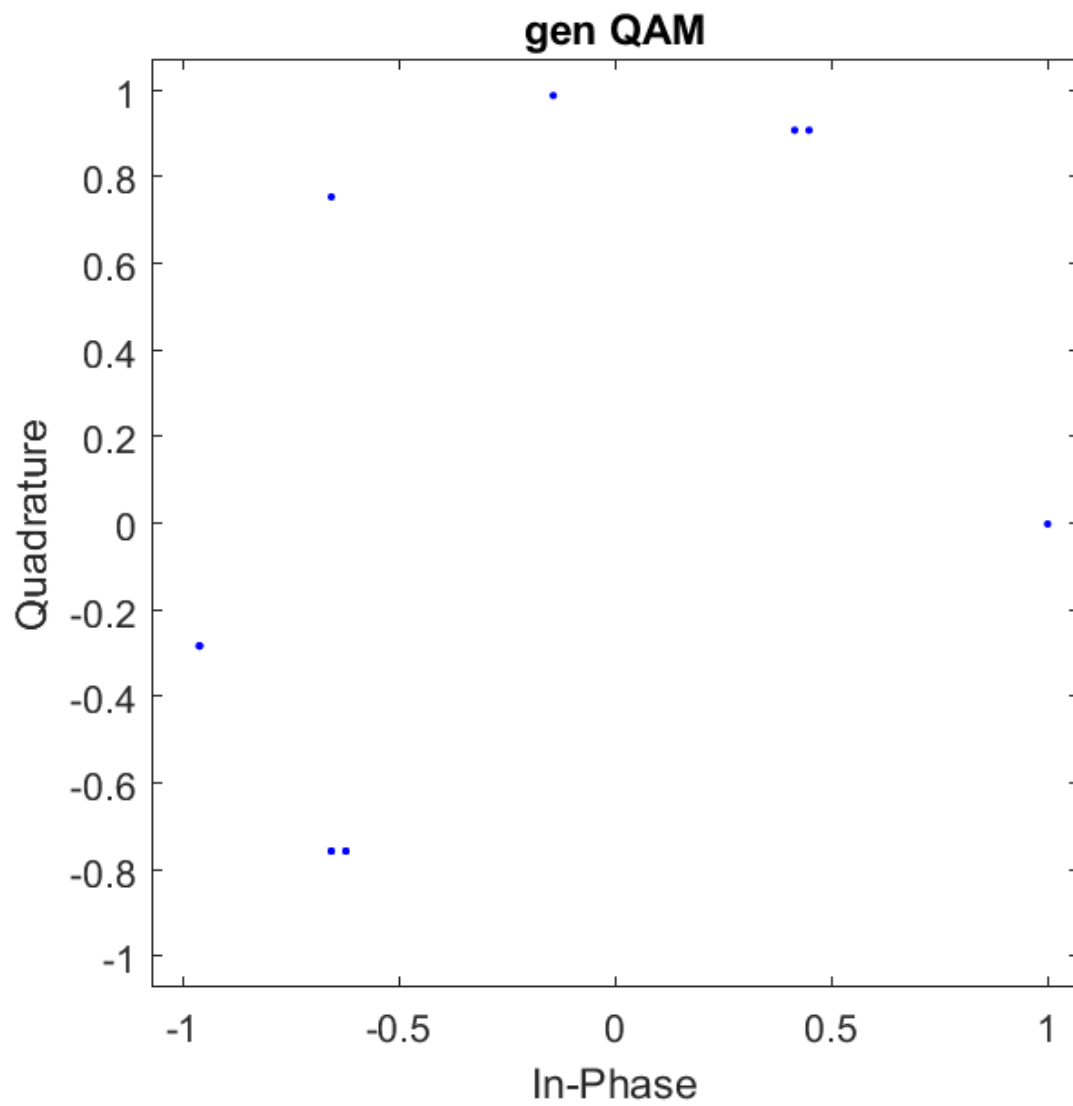
Видно, что демодулированный сигнал совпал с исходным.

genQAM-модуляция

Исходный и демодулированный сигналы:



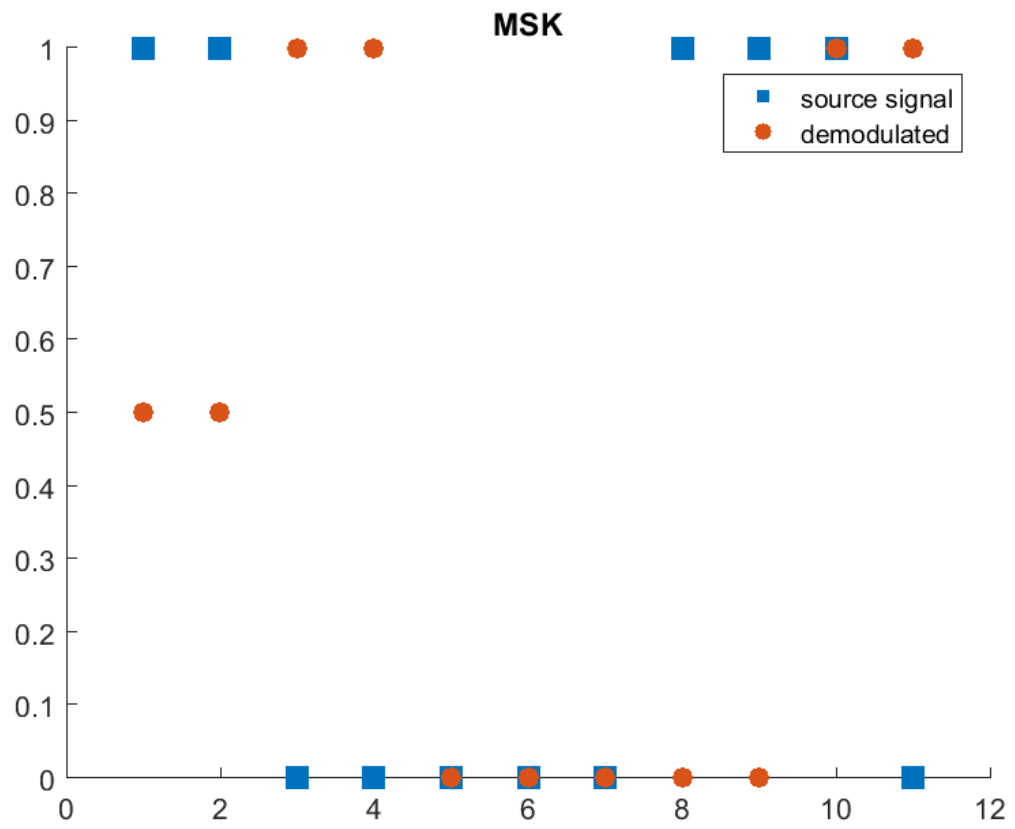
Сигнальное созвездие:



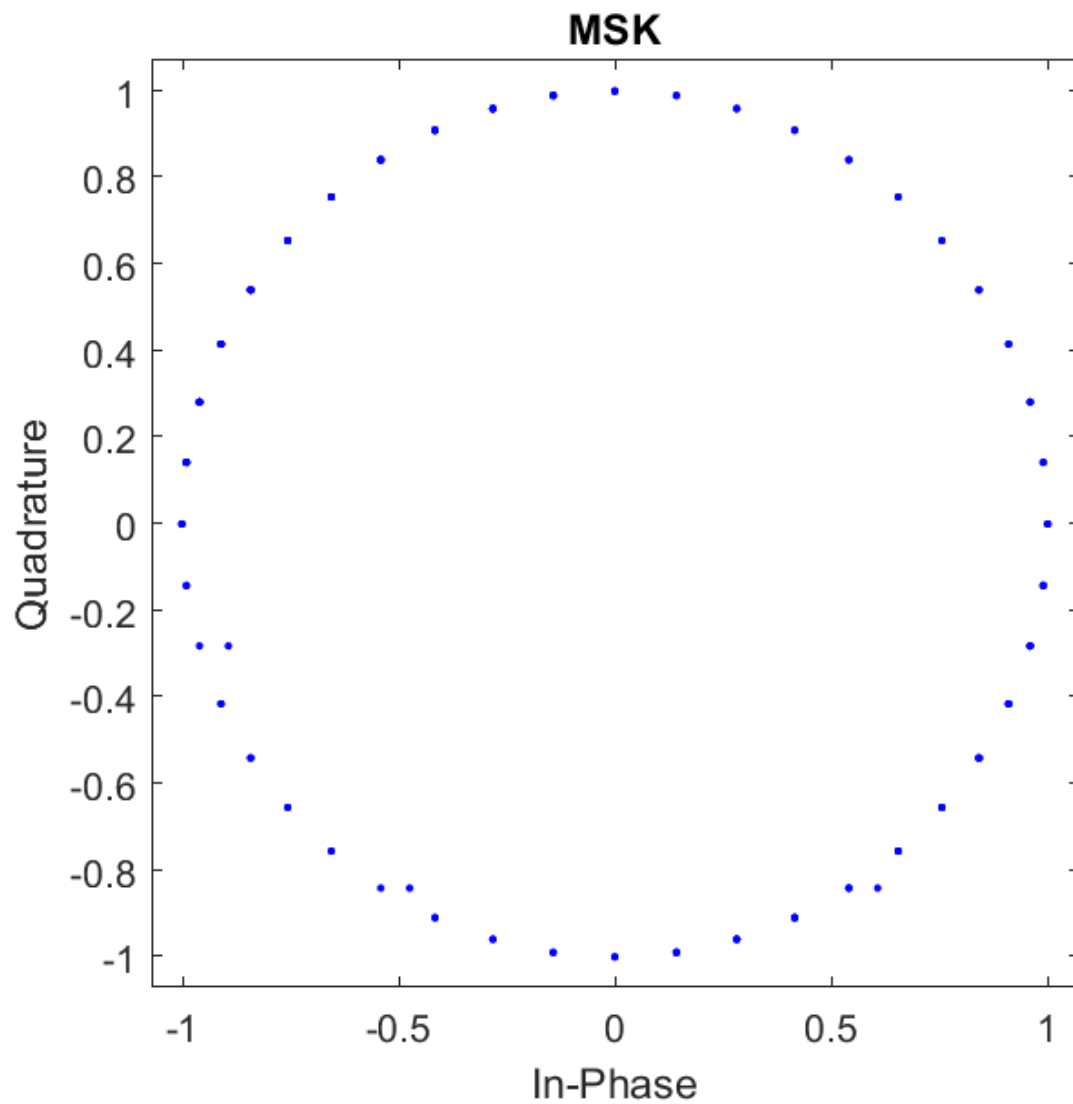
Видно, что демодулированный сигнал совпал с исходным.

MSK-модуляция

Исходный и демодулированный сигналы:



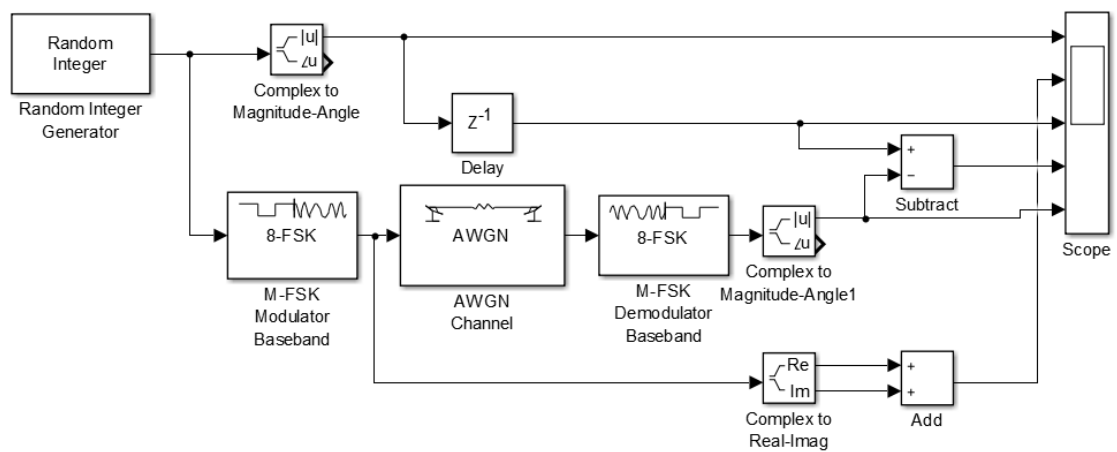
Сигнальное созвездие:



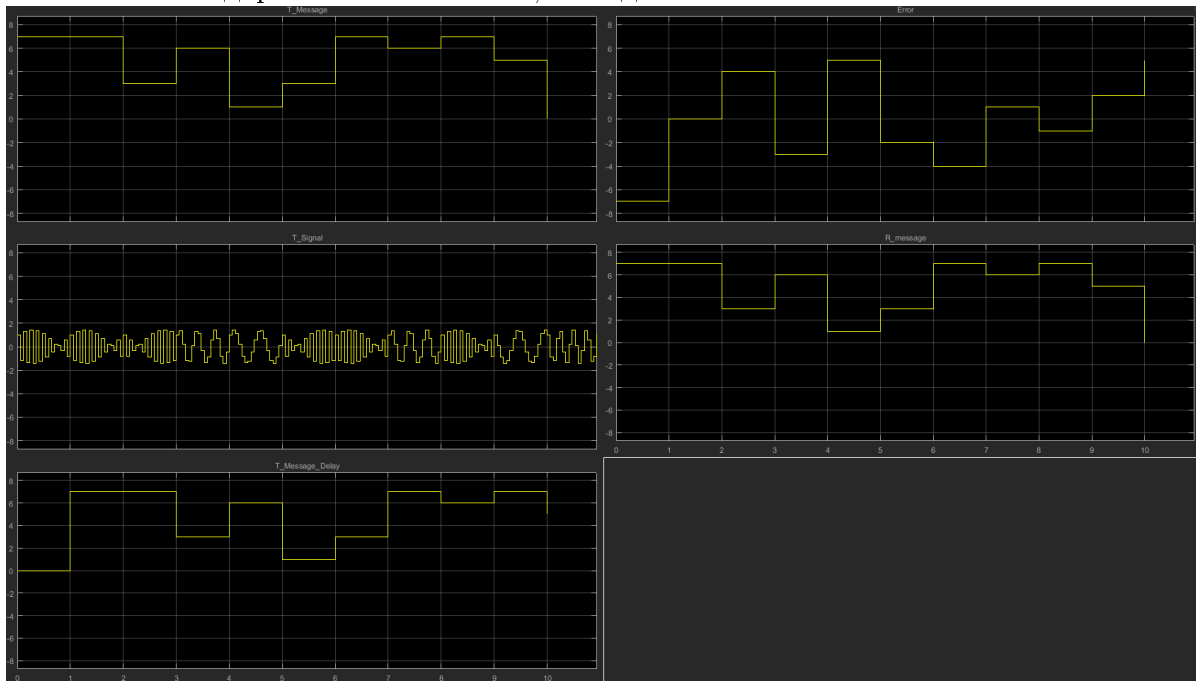
Можно заметить, что при использовании MSK выходной сигнал имеет задержку при демодуляции.

MFSK-модуляция

В Simulink была построена модель MFSK-модулятора:



Графики входного сигнала, задержанного сигнала, модулированного сигнала, сигнала ошибки с задержанным сигналом, выходного сигнала MFSK:



Входная последовательность совпала с выходной.

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.