

УДК 621.372

Моделирование радиосистемы передачи информации с когерентным приемом сигнала в среде Matlab+Simulink

*Попова А.П., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Радиоэлектронные системы и устройства»*

*Научный руководитель: Комягин Р.В., доцент
кафедра «Радиоэлектронные системы и устройства»,
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
main@rl1-11@bmstu.ru*

Целью данной работы является исследование помехоустойчивости когерентного канала связи с ФМ-2 модуляцией.

Для достижения поставленной цели решались задачи:

- исследование основных этапов и характеристик процесса передачи информации
- моделирование каналов связи в пакете программ Matlab+Simulink
- построение кривых помехоустойчивости, сигнальных созвездий и осциллограмм сигнала.

1. Исследование основных этапов и характеристик процесса передачи информации

Как говорилось ранее, для передачи информации на расстояние необходимо передать содержащее эту информацию сообщение. Структурная схема системы передачи информации приведена на рисунке 1.



Рис. 1. Структурная схема системы передачи информации

Буквами на схеме обозначены следующие устройства:

- а) ИС – источник сообщения;

- b) К – кодер;
- c) М – модулятор;
- d) ДМ – демодулятор;
- e) ДК – декодер;
- f) П – приемник.

Источник сообщения выдает первичные сигналы; модулятор предназначен для формирования радиосигнала.

Кодер осуществляет отображение генерируемого сообщения в дискретную последовательность.

Модулятор и демодулятор в совокупности реализуют операции по преобразованию кодированного сообщения в сигнал и обратные преобразования.

Декодер отображает дискретную последовательность в копию исходного сообщения.

2. Моделирование когерентного канала передачи информации с BPSK модуляцией в среде MatLab+Simulink

Моделировать канал связи мы будем в пакете прикладных программ MatLab+Simulink. Simulink – это графическая среда имитационного моделирования, позволяющая при помощи блок-диаграмм в виде направленных графов, строить динамические модели, включая дискретные, непрерывные и гибридные, нелинейные и разрывные системы.

Интерактивная среда Simulink, позволяет использовать уже готовые библиотеки блоков для моделирования электросиловых, механических и гидравлических систем, а также применять развитый модельно-ориентированный подход при разработке систем управления, средств цифровой связи и устройств реального времени.

Таким образом, используя блоки в Simulink, смоделируем канал связи с когерентной обработкой сигнала (представлен на рис. 2).

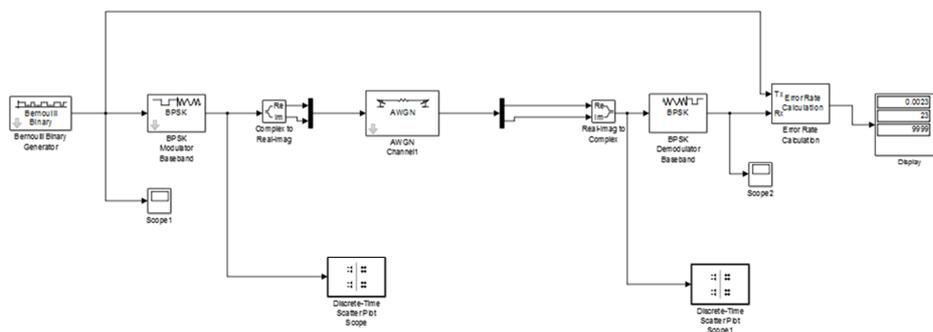


Рис. 2. Канал связи с когерентной обработкой сигнала

Поясним отдельные элементы, представленные в данной схеме.

Блок Bernoulli Binary Generator - генератор двоичных чисел. Генерирует случайные двоичные числа, используя распределение Бернулли. Распределение Бернулли с параметром p выдает ноль с вероятностью p и один с вероятностью $(1-p)$. Распределение Бернулли имеет среднее значение $(1-p)$ и дисперсию $p(1-p)$. Вероятность нулевого параметра указывает число p , p может быть любым действительным числом от нуля до единицы.

Блок BPSK Modulator модулирует основную полосу сигнала с использованием метода двоичной фазовой манипуляции. На выходе получается представленный в виде полосы модулированный сигнал. Этот блок принимает входной сигнал в виде вектора-столбца. На входе должен быть сигнал дискретный по времени. Если входной бит равен 0 или 1, то модулированный символ равен $\exp(j\theta)$ или $-\exp(j\theta)$, соответственно, где θ представляет собой смещение фазы.

Блок Complex-to-real принимает комплексный сигнал любого типа данных (например, с фиксированной запятой). Он выдает действительную и / или мнимую часть входного сигнала, в зависимости от настройки параметра Output. Действительные выходы имеют тот же самый тип данных, что и входной сигнал. Вход может быть массивом (вектором или матрицей) сложных сигналов, и в этом случае выходные сигналы являются массивами тех же размеров. Действительный массив содержит действительные части соответствующих комплексных входных элементов. Мнимый выход же содержит мнимые части входных элементов.

Блок AWGN канал добавляет белый шум к действительному или комплексному входному сигналу. Если входной сигнал является действительным, этот блок добавляет действительный гауссовский шум и производит действительный выходной сигнал. Когда входной сигнал является комплексным, это добавляет блок комплексный гауссовский шум и производит комплексный выходной сигнал. Этот блок берет время выборки из входного сигнала. Этот блок принимает скалярный или векторный входной сигнал, матрицу с одинарным или двойным типом данных. Выходной сигнал принимает типы информационных данных сигналов, которые управляют блоком.

Real-Image to complex блок преобразует реальные и / или мнимые сигналы в выходные комплексные. Входы могут быть оба массивами (векторы или матрицы) одинакового размера, или один из входов может быть массивом, а другой скаляром. Если блок получает на входе массив, на выходе получается комплексный сигнал тех же размеров. Мнимая часть на входе же отображается в мнимых частях комплексных выходных сигналов. Если один вход является скаляром, он преобразуется в

соответствующие компоненты (действительные или мнимые) всех комплексных выходных сигналов.

Блок BPSK Demodulator нужен для демодуляции сигнала, который был модулирован с использованием метода двоичной фазовой манипуляции. На вход подается модулированный сигнал (скаляр или вектор-столбец). Входной сигнал должен быть дискретным по времени комплексным сигналом. Блок преобразует точки $\exp(j\theta)$ и $-\exp(j\theta)$ в 0 и 1 соответственно, θ является сдвигом фазы.

Блок Error Rate Calculation сравнивает входные данные от передатчика, с входными данными от приемника. Он рассчитывает частоту ошибок в получаемой статистике, путем деления общего количества неравных пар элементов данных на общее количество элементов данных входного сигнала от одного источника. Этот блок нужно использовать для вычисления либо символьной либо ошибки в расчете на бит. Если на вход поступают биты, то блок вычисляет частоту битовой ошибки. Если на вход поступают символы, то он вычисляет частоту ошибок в символах.

3. Построение кривых помехоустойчивости, сигнальных точек и осциллограмм сигнала в канале с BPSK модуляцией

Построим графики сигнальных точек, используя блок Discrete-Time Scatter Plot (см. рис. 3 и 4). В данных графиках комплексная огибающая сигнала отображается путем последовательного отображения ее значений на амплитудно-фазовой плоскости с наложением текущего значения на предыдущее. Каждому компоненту созвездия соответствует точка на амплитудно-фазовой плоскости. Работа схемы двоичной ФМн (2-PSK) заключается в смещении фазы несущего колебания на одно из двух значений, нуль или, что хорошо видно на получившихся графиках.

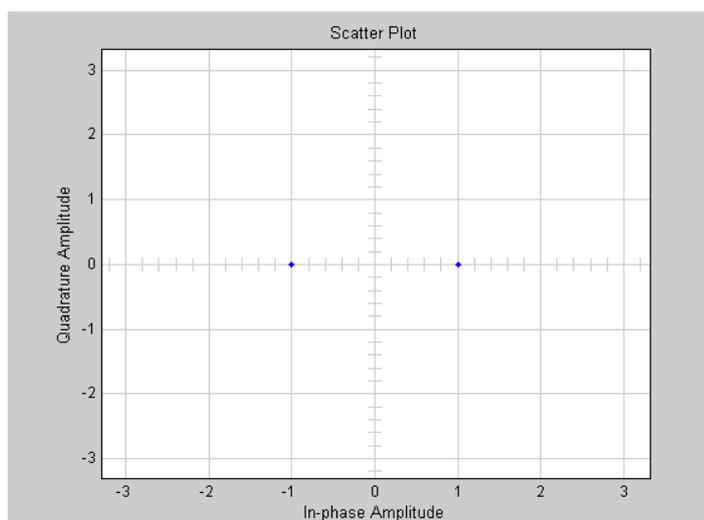


Рис. 3. Фазовое созвездие на выходе модулятора для двоичной ФМ-2(BPSK)

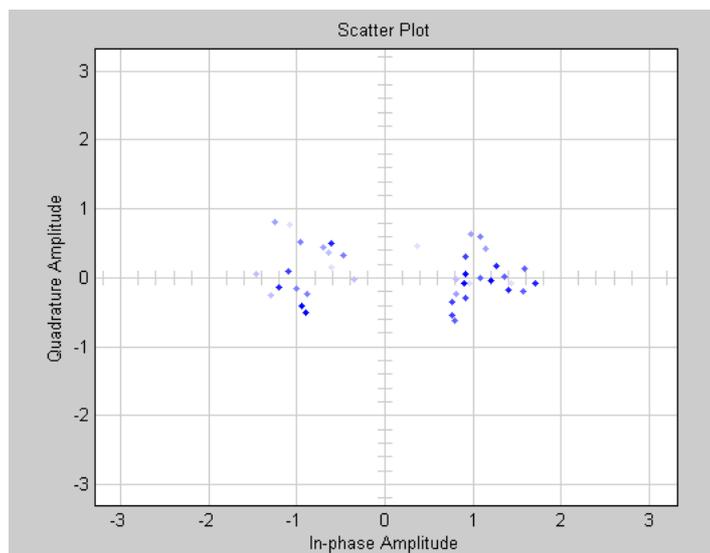


Рис. 4. Фазовое созвездие для двоичной ФМ-2(BPSK) после наложения белого гауссовского шума

Следует отметить, что на сигнальном созвездии положения всех значений символов равноудалены от начала координат. Это означает равенство амплитуд всех символьных колебаний. Можно также отметить, что можно еще больше усложнить способность модуляции, делая сдвиги фаз на меньший угол. Тогда в каждом символе будет передаваться большее количество бит и на сигнальном созвездии будет больше точек. Но тогда труднее будет в условиях воздействия шумов различать фазовые углы на приеме, поэтому возрастает вероятность ошибочного восстановления при приеме символов.

Далее с использованием построенной схемы получим кривые помехоустойчивости (зависимость вероятности ошибки от отношения сигнал/шум) для канала связи с фазовой манипуляцией (2-PSK), то есть зависимость вероятности ошибки от отношения сигнал-шум (см. рис.5).

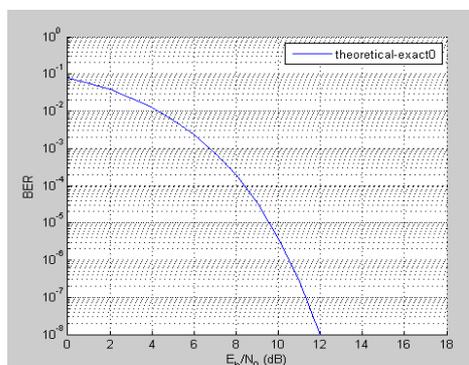


Рис. 5. Кривая помехоустойчивости для канала с ФМ-2

