

Федеральное агентство связи
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и
информатики»
(СибГУТИ)
Кафедра Передачи дискретных сообщений и метрологии (ПДСиМ)

Мелентьев О.Г

***Моделирование системы передачи с BPSK модулятором
и корреляционным детектором***

Методические указания
к расчетно-графической работе

Новосибирск, 2020

Цель работы: реализовать программную модель системы передачи с BPSK модулятором и корреляционным детектором, структурная схема которой показана на рисунке 1. Исследовать работу системы в условиях нормального шума. (Рекомендуемая среда Mathcad. Можно реализовать модель в C/C++ и построить графики в любом приложении)

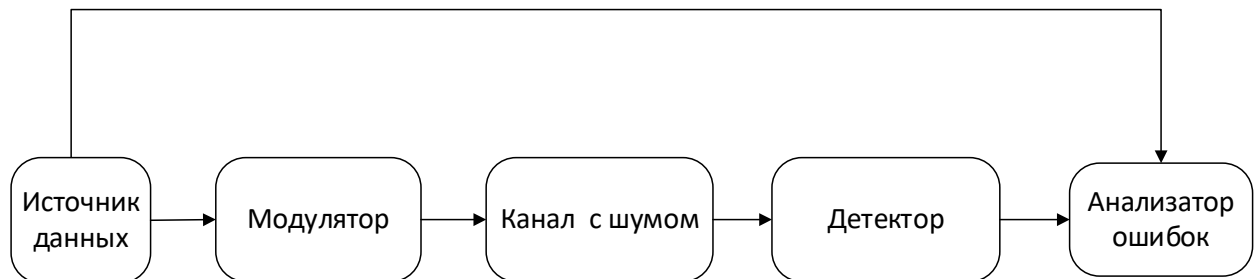


Рисунок 1. Структурная схема исследуемой системы передачи

Краткая теория

Модуляция - это процесс изменения параметров высокочастотного (несущего) сигнала по закону низкочастотного (информационного) сигнала. Другими словами, при модуляции происходит перенос спектра исходного сигнала на частоту несущей, в любую точку частотного диапазона.

Существуют разные виды модуляции, основных три: **амплитудная** (англ. amplitude shift keying (ASK)), **частотная** (англ. frequency shift keying (FSK)) и **фазовая** (англ. phase shift keying (PSK)). В данной лабораторной работе остановимся более подробно на фазовой модуляции.

Фазовая модуляция - модуляция, при которой фаза несущего колебания меняется скачкообразно в зависимости от информационного сообщения. Двоичная фазовая манипуляция (англ. BPSK - binary phase-shift keying) - самая простая форма фазовой манипуляции. Работа схемы двоичной ФМ заключается в смещении фазы несущего колебания на одно из двух значений, ноль или π (180°) [1]. На рисунке 2а изображён пример последовательности исходного сигнала, а на 2b изображён модулированный BPSK сигнал.

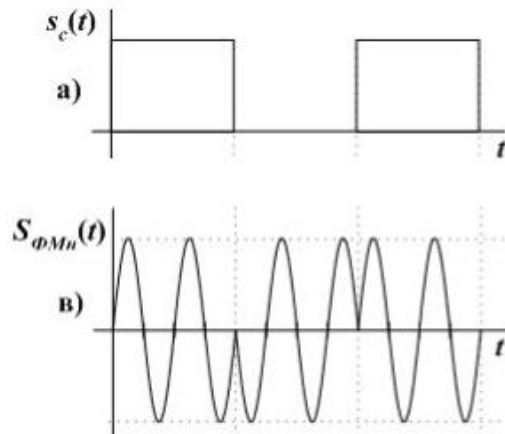


Рисунок 2 - BPSK

Исходные данные

N_e – длина исходного двоичного информационного массива;

$F_0 = 10$ Гц – частота несущего сигнала;

$\tau = 0.1$ с – длительность единичного элемента;

q – количество точек сравнения на единичном интервале;

σ – среднеквадратическое отклонение нормального закона распределения шума;

Выполнение работы

1. Рассчитать частоту дискретизации $F_d = \frac{q}{\tau}$ Гц и период дискретизации T_d .

2. Сгенерировать исходный массив при помощи функции `rbinom`($N_e, 1, 0.5$), где `rbinom` - вектор (массив) N_e независимых случайных чисел, каждое из которых имеет биномиальное распределение и вероятностью появления единицы, равной 0.5.

3. Задать модельное время от нуля до конца массива с шагом равным периоду дискретизации $t = 0, T_d .. \text{длина}(D) * \tau - T_d / 2$.

4. Написать непрерывную функцию BPSK модулятора и записать в массив `Mfm` отсчёты модулированного сигнала с заданной частотой дискретизации.

5. Сгенерировать массив отсчетов шума `noise` длиной равной массиву `Mfm` с помощью функции `gnorm`($N, 0, \sigma$), где `gnorm` - вектор (массив) N независимых случайных чисел, каждое из которых имеет нормальное распределение с математическим ожиданием, равным 0 и

среднеквадратическим отклонением, равным σ (это и будет параметр шума, который и будет влиять на вероятность появления ошибки).

6. Сложить шум с отсчётами модулированного сигнала, то есть провести векторизованное сложение массива сигнала и массива шума (Массив RM).

7. Написать детектор, анализирующий отсчеты принятого сигнала на единичном интервале и принимающий решение о значащей позиции.

Принцип корреляционного детектора:

Задать синусоидальные образцы неискаженных сигналов (как на рисунке 3).

Организовать цикл по детектируемым элементам в котором последовательно берем по q отсчетов из модулированного сигнала с шумом на текущем единичном интервале и отсчеты двух образцов, использованных при модуляции. (на рис. 3 – q равно 12)

Перемножаем отсчёты модулированного сигнала с шумом с отсчётами первого образца, взятые в одинаковые моменты времени, потом суммируем полученные произведения. В результате получаем коэффициент корреляции A . Аналогично получаем коэффициент корреляции для второго образца - B . Если $A \geq B$, принимается решение о «1», иначе «0» и пишем в текущий элемент выходного массива. На выходе детектора будет двоичный массив длиной N_e элементов.

8. Сравнить элементы с выхода детектора с исходным информационным массивом, определить количество ошибок. Определить вероятность ошибки делением числа ошибок на длину массива. При отладке $N_e = 20$ при чистовых прогонах сотни – тысячи.

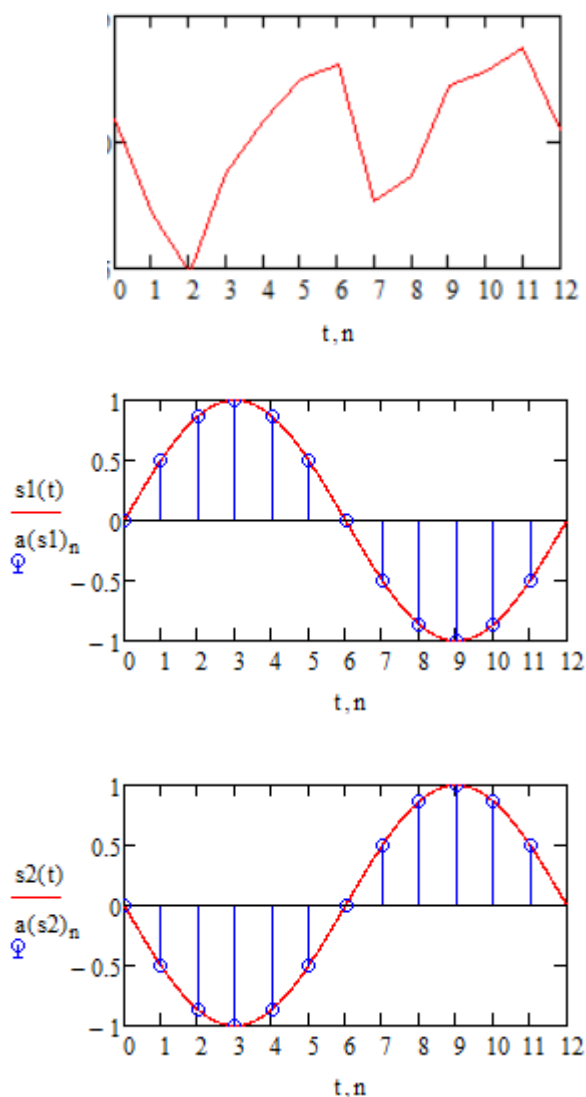


Рисунок 3 – Принимаемый сигнал с шумом $s(t)$, образцы $s1(t)$ и $s2(t)$, взятые отсчёты с частотой дискретизации

9. Используя созданные выше элементы, разработать модель, формирующую вектор вероятностей ошибок (Per) для значений СКО ($\sigma = 0.1, 0.2 \dots 2$) и заданного количества точек суммирования при определении корреляции $Per(\sigma) = f(\sigma / q = const)$.

13. Получить и выгрузить на диск массивы Per для разного числа точек сравнения $q = 3, 5, 10, 20$. Для экспорта массива использовать функцию `WRITEPRN(concat("Per_q=", num2str(q))) := имя_модели`

14. Загрузить полученные массивы в MathCAD, используя команду `READPRN("Per _ q = 3.prn")` с соответствующими значениями q .

Построить на одном графике зависимости вероятности ошибок от мощности шума при постоянном q , на втором зависимости вероятности ошибок от q при постоянной мощности шума. Проанализировать полученные графики и сделать выводы.

Пример зависимостей вероятности ошибок от СКО шума для разных значений q приведен на рисунке 3.

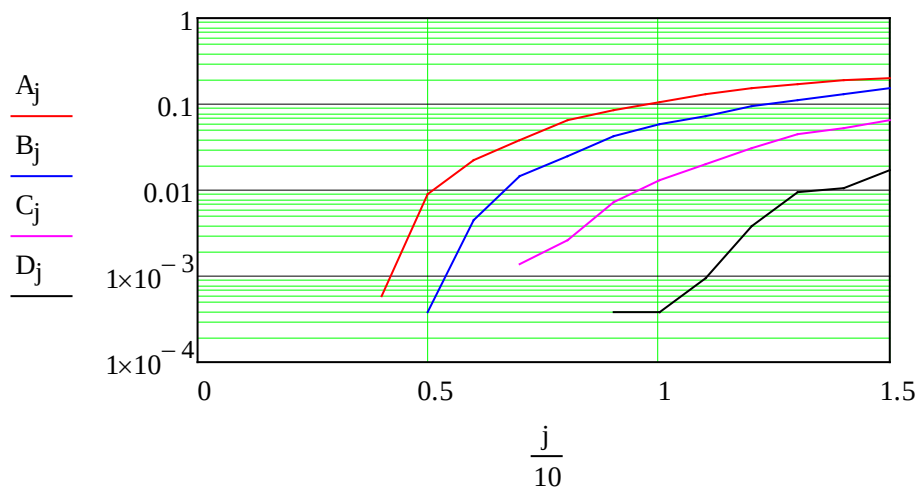


Рисунок 3. Пример зависимостей вероятности ошибок от СКО шума

Представить листинг программы и пояснительную записку в виде текстового файла с графиками, пояснениями и выводами.