

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1-2

СИГНАЛЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ
СИСТЕМ

Руководитель

_____ Н. В. Богач

Выполнил

_____ Л. Д. Кониная
группа 33501/3

Санкт-Петербург
2018

Цель: Познакомиться со средствами генерации и визуализации простых сигналов

Постановка задачи: В командном окне MATLAB и в среде Simulink промоделировать синусоидальный и прямоугольный сигналы с различными параметрами. Получить их спектры. Вывести на график. Выполнить для сигналов расчет преобразования Фурье. Вычислить корреляцию двумя способами, сравнить время их работы.

Теоретический раздел

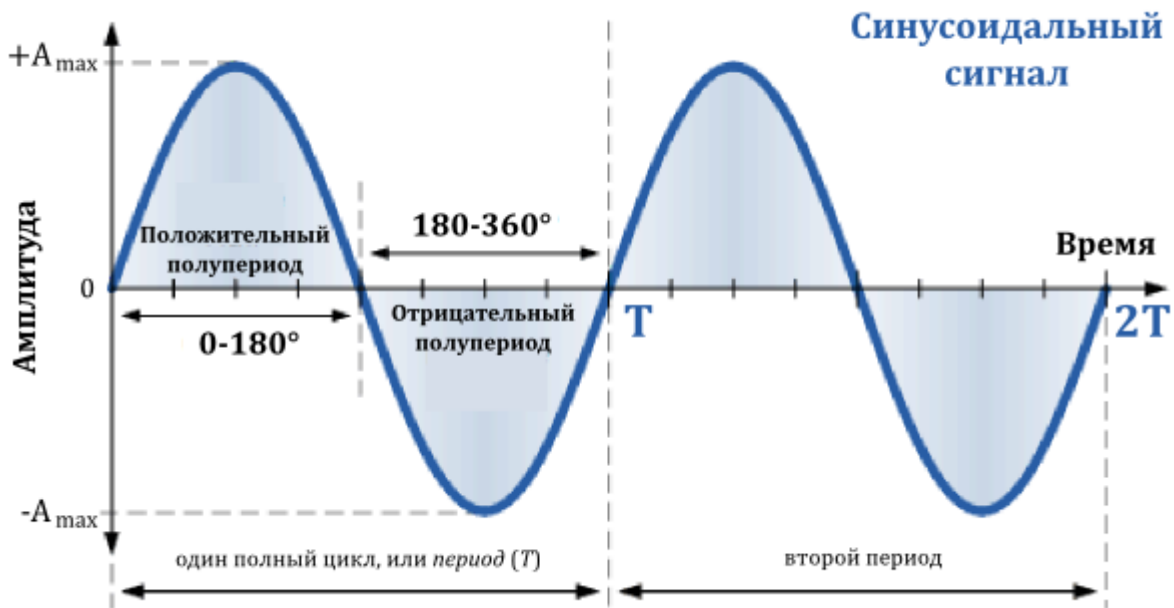
Все электрические сигналы имеют три общие характеристики:

- Период — это отрезок времени, через который сигнал начинает повторяться. Это временное значение также называют временем периода для синусоид или шириной импульса для меандров и обозначают буквой T .
- Частота - это число раз, которое сигнал повторяет сам себя за период времени равный 1 секунде. Частота является величиной, обратной периоду времени, ($f = 1/T$). Единицей измерения частоты является Герц (Гц). Частотой в 1Гц, обладает сигнал, повторяющий 1 раз за 1 секунду.
- Амплитуда — это величина изменения сигнала. Измеряется в Вольтах (В) или Амперах (А), в зависимости от того, какую временную зависимость (напряжения или тока) мы используем.

Синусоидальный сигнал имеет вид $x(t) = A \sin(2\pi * f * t)$

где A - амплитуда, f - частота

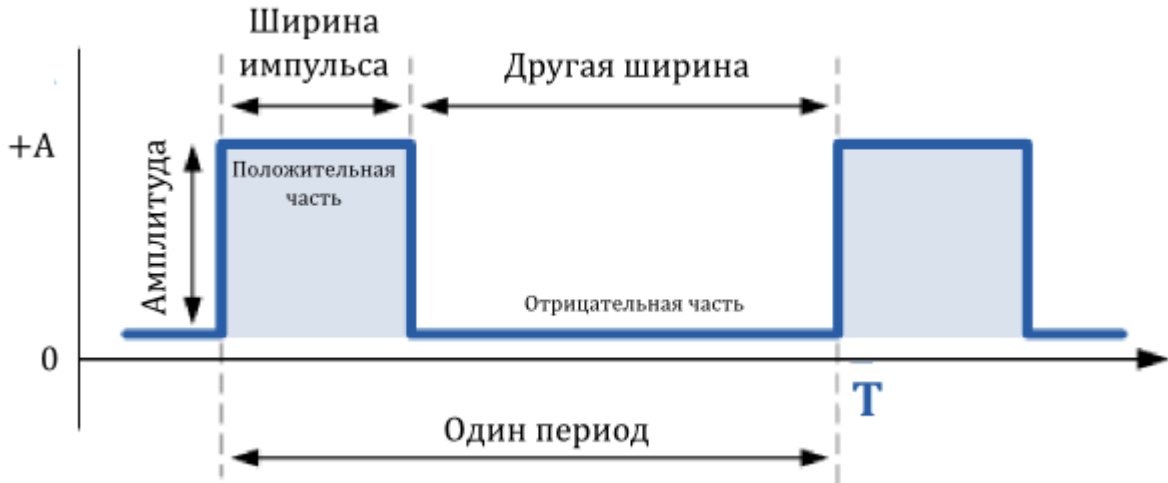
Общий вид синусоидального сигнала представлен на рисунке



Меандр (по названию геометрического орнамента в виде ломаной линии) — периодический сигнал прямоугольной формы, широко используемый в радиотехнике и электронике. Длительность импульса и длительность паузы между импульсами в одном периоде такого сигнала равны.

Прямоугольные сигналы отличаются от меандров тем, что длительности положительной и отрицательной частей периода не равны между собой. Прямоугольные сигналы классифицируются как несимметричные сигналы.

Общий вид прямоугольного сигнала представлен на рисунке



Отношение периода повторения сигнала T , к длительности положительного импульса τ , называют скважностью:

$$S = \frac{T}{\tau}$$

Преобразование Фурье

Для нахождения спектра сигнала чаще всего применяют преобразование Фурье. Формула прямого преобразования Фурье выглядит следующим образом:

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j\omega t} dt \quad (1)$$

Обратное преобразование Фурье строится по следующей формуле:

$$s(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega)e^{j\omega t} d\omega \quad (2)$$

Взаимная корреляция Для нахождения синхропосылки в сигнале используется метод взаимной корреляции. Значение корреляции двух векторов x и y строится по формуле:

$$R = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i * y_i \quad (3)$$

Если искомая посылка y короче передаваемого вектора x , то она дополняется нулями до необходимой длины.

Если вектор x это сигнал, вектор y — искомая посылка, а N — длина сигнала, то для поиска позиции посылки в сигнале N раз повторяется вычисление корреляции между x и y и сдвиг y . Максимальные значения в полученном векторе корреляций соответствуют сдвигу, при котором была найдена часть сигнала x максимально похожая на искомую посылку.

Для ускорения вычисления корреляции, особенно для больших посылок, применяется метод быстрой корреляции:

$$R = \frac{1}{N} F_D^{-1} [X^* * Y] \quad (4)$$

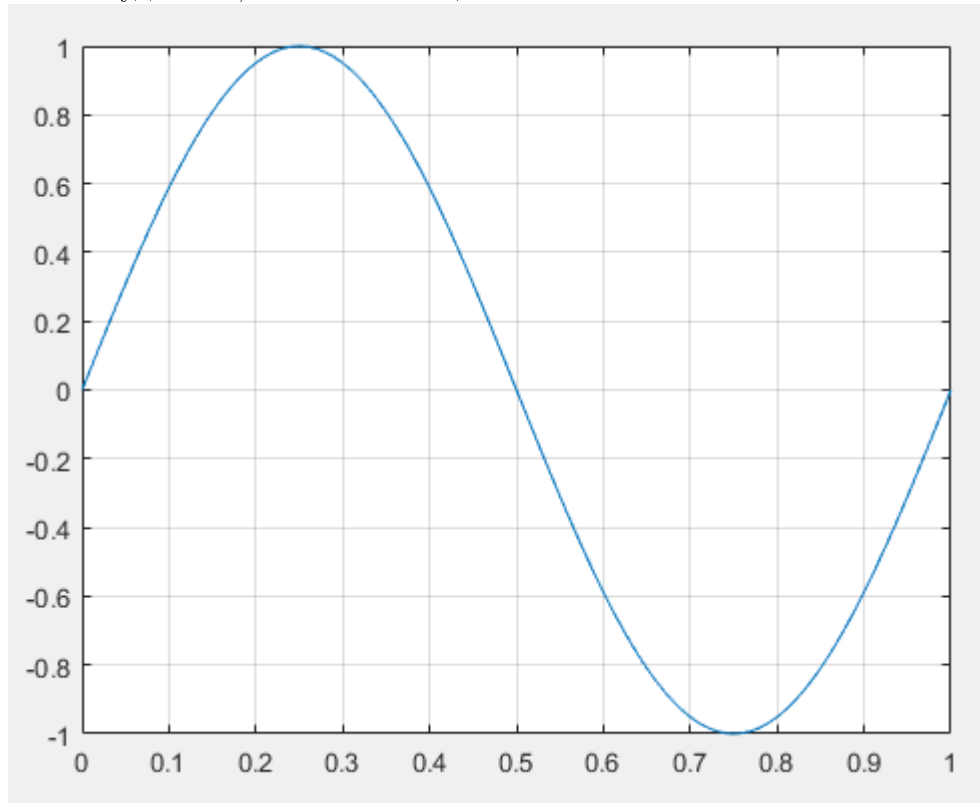
где X^* - комплексно-сопряженный вектор от вектора преобразования Фурье от посылки x , Y - результат преобразования Фурье от вектора искомой посылки, F_D^{-1} - обратное преобразование Фурье.

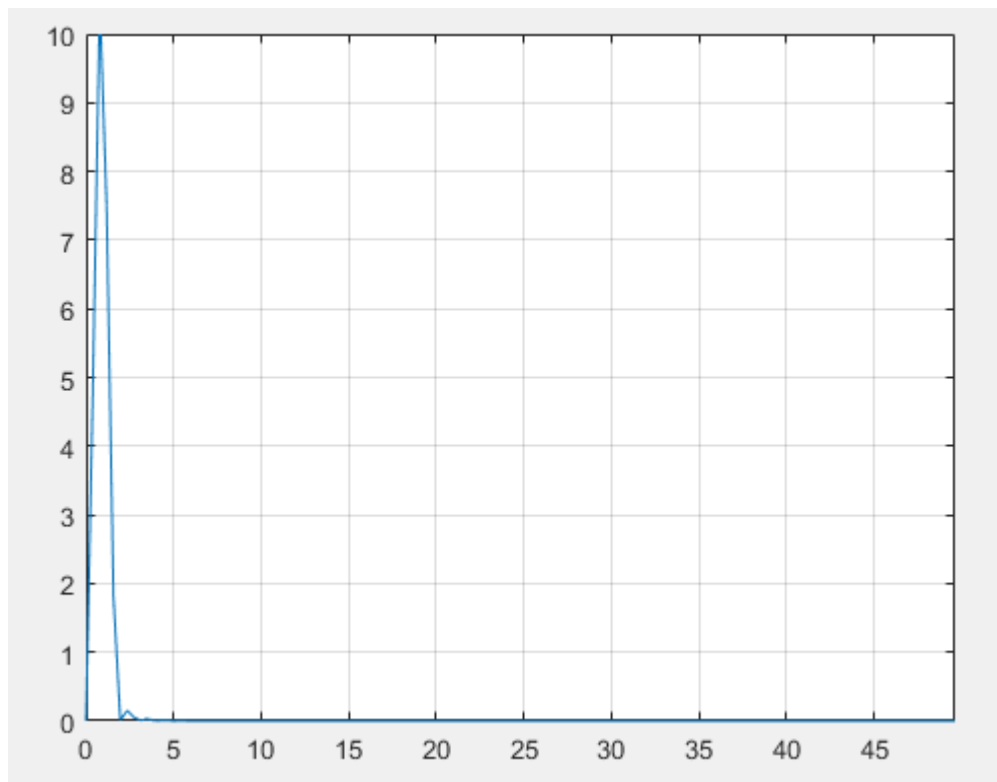
Данная формула позволяет найти вектор значений взаимной корреляции двух векторов быстрее, чем обычный алгоритм.

Ход работы

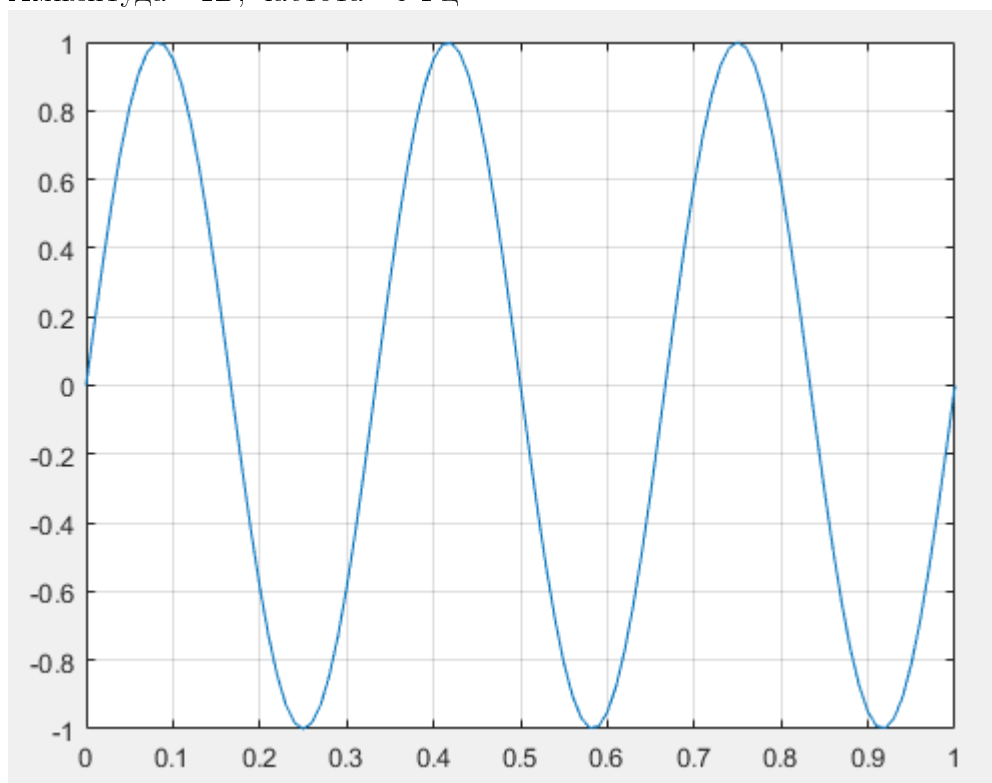
1) Моделирование синусоидального сигнала

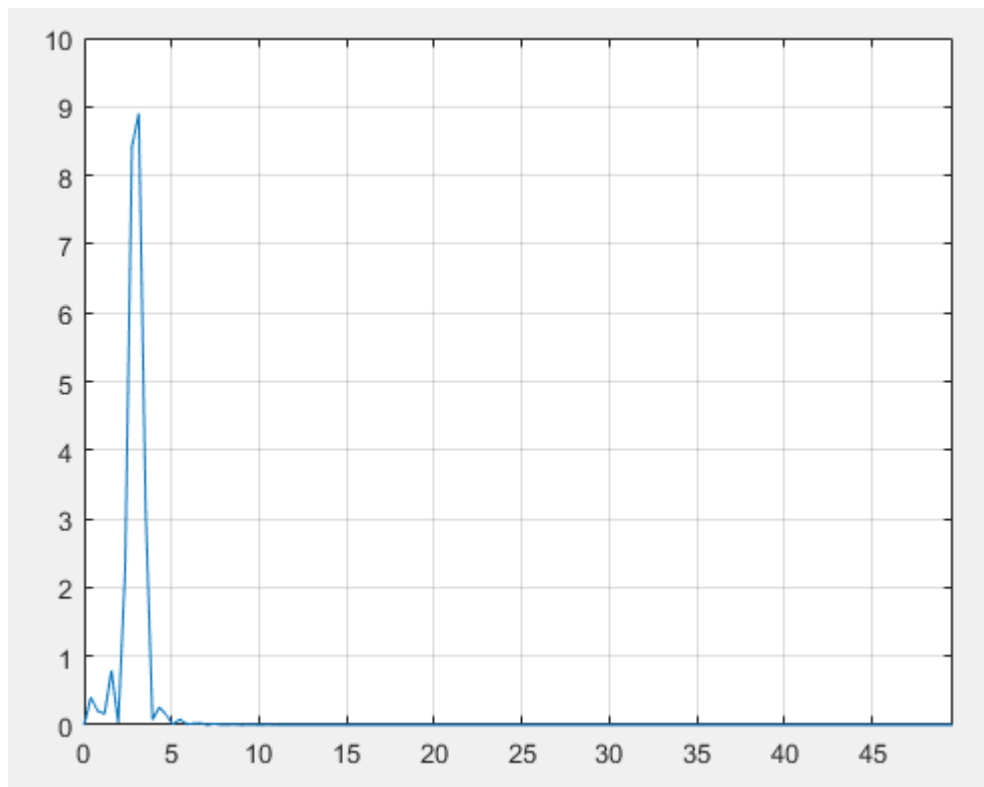
- Амплитуда - 1В, частота - 1 Гц



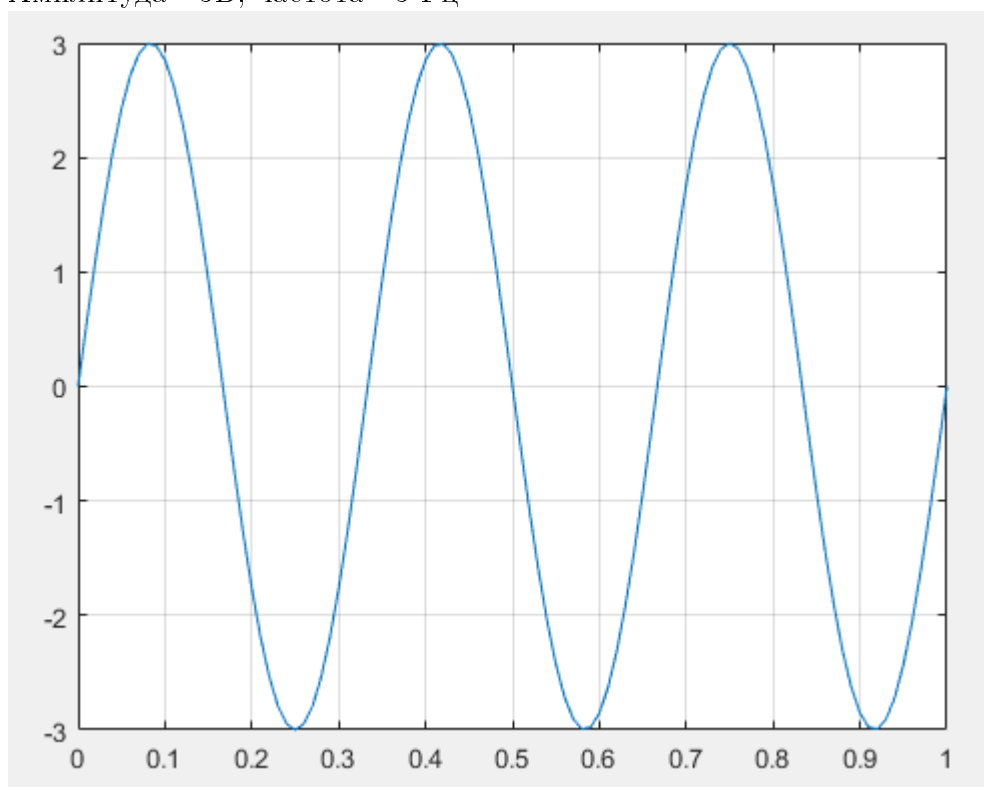


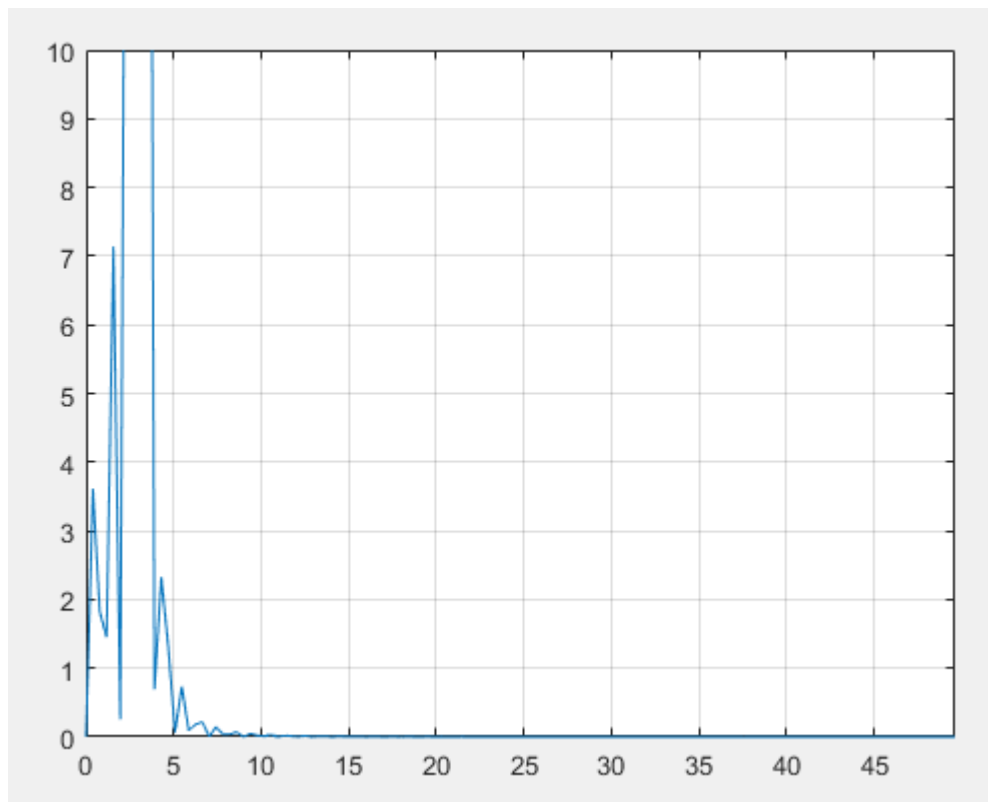
- Амплитуда - 1В, частота - 3 Гц



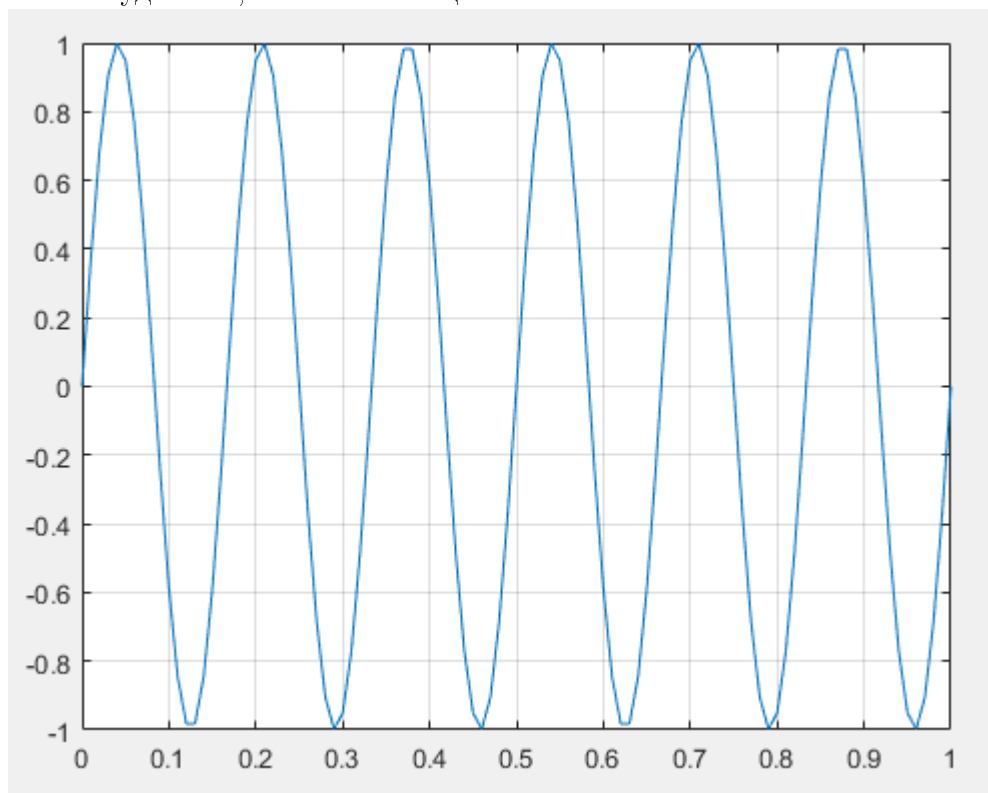


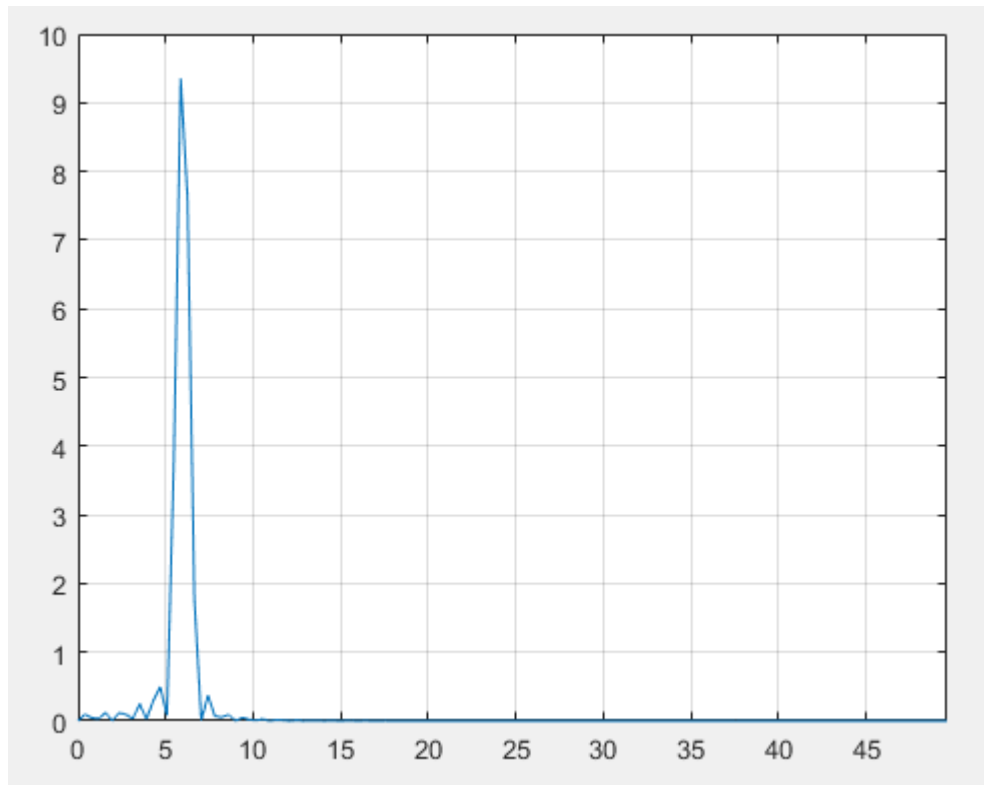
- Амплитуда - 3В, частота - 3 Гц





- Амплитуда - 1В, частота - 6 Гц



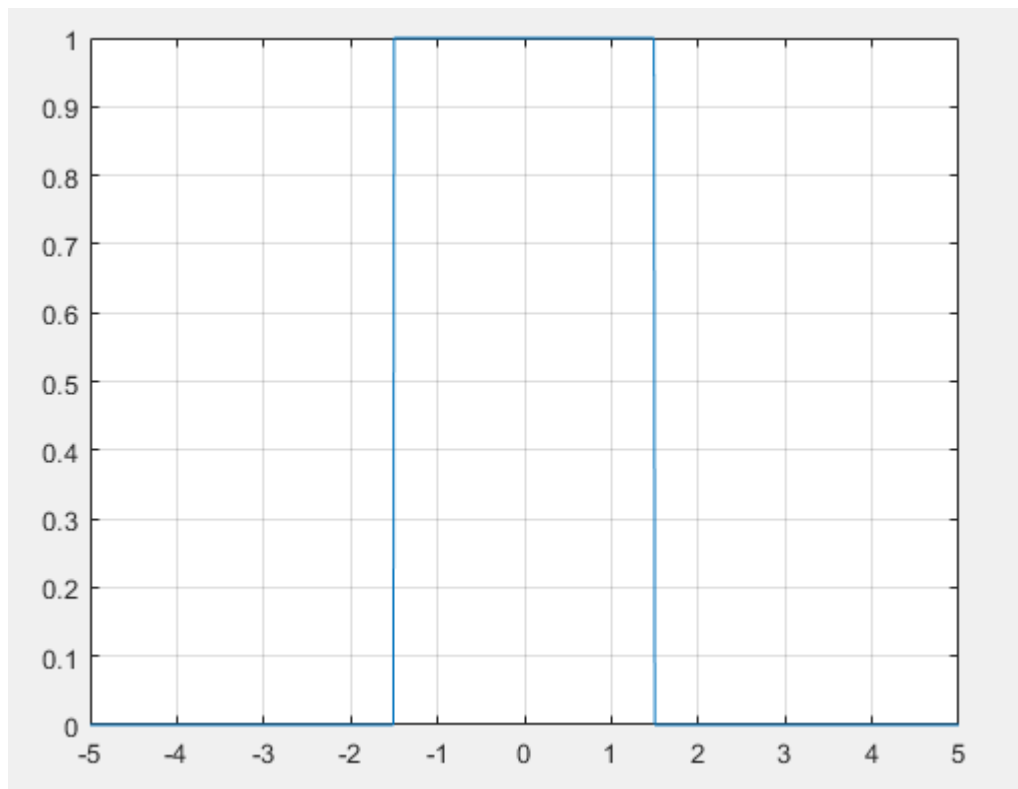


2) Моделирование прямоугольного сигнала

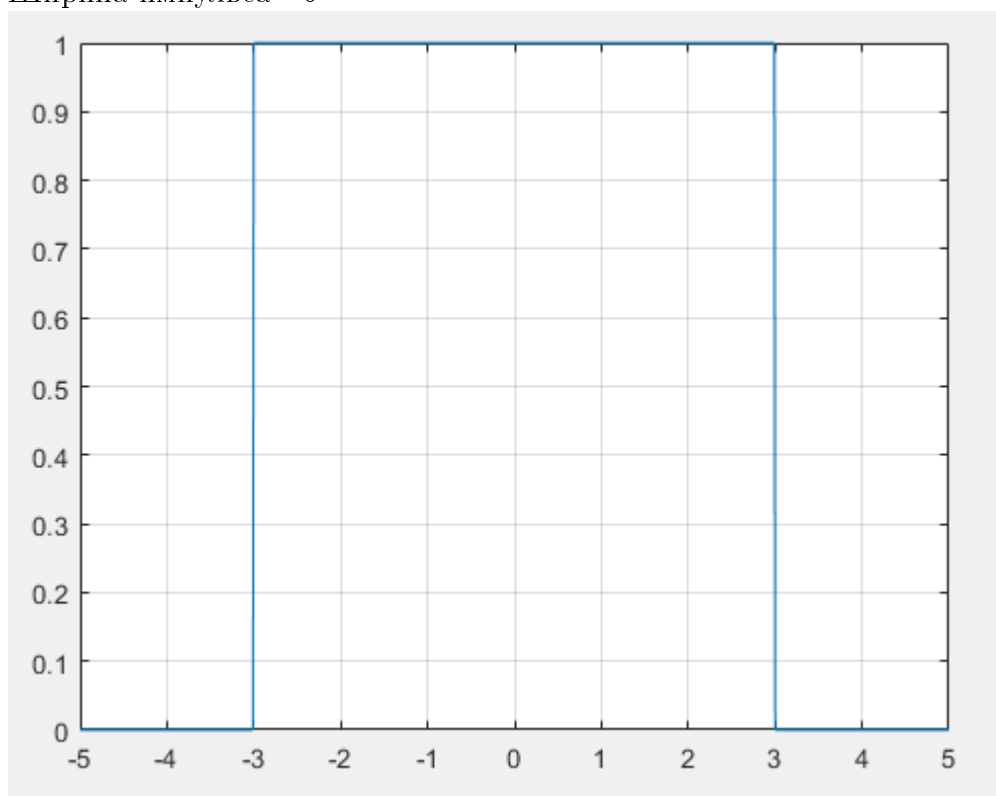
Будем генерировать одиночный прямоугольный импульс с помощью функции `rectpuls` в MATLAB.

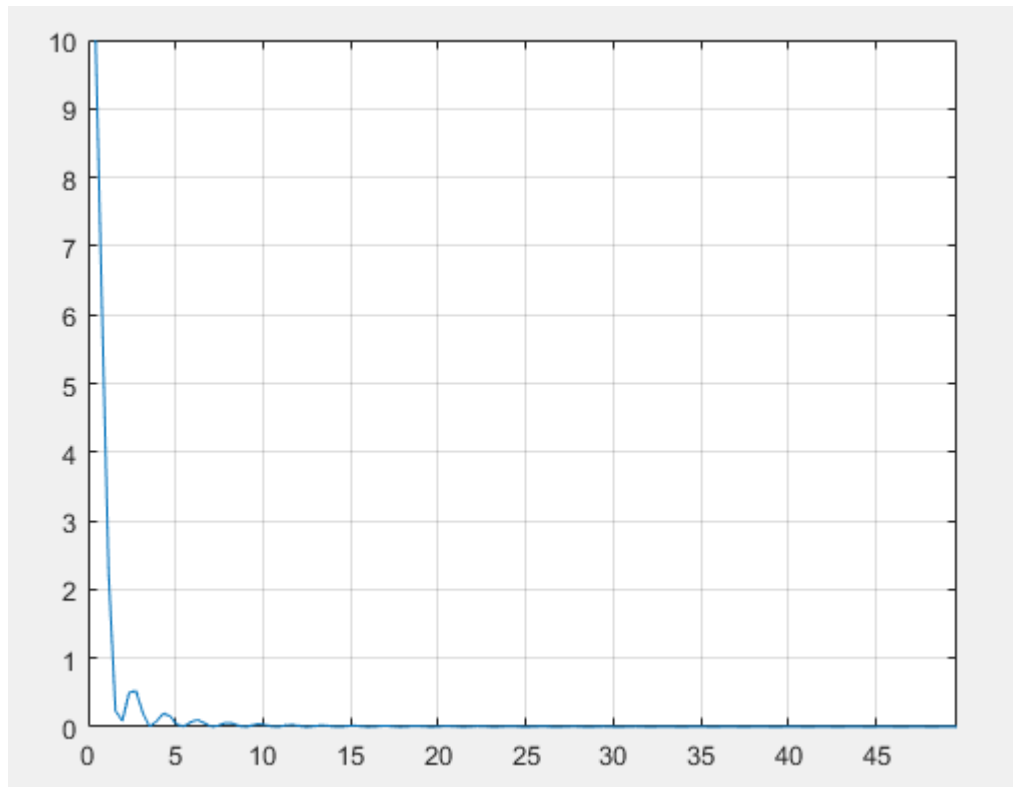
Функция $y = \text{rectpuls}(t,w)$ генерирует прямоугольный импульс с длительностью, заданной вторым входным параметром w . Формируемый импульс центрирован относительно момента времени $t = 0$.

- Ширина импульса - 3



- Ширина импульса - 6





3) Сравнение методов корреляции

В качестве исходного примера была взята задача нахождения синхропосылки 101 в сигнале 0001010111000010. Перед началом вычисления корреляции синхропосылка была изменена - 1 0 1 на 1 -1 1 для ее более надежного нахождения в посылке, и дополнена нулями для совпадения длин двух векторов. Далее производились 2 расчета корреляции - обычным алгоритмом и быстрым с контролем времени на каждую операцию. Оба алгоритма показали, что синхропосылка была найдена в сигнале 2 раза - по смещению +3 и +5. Первый алгоритм показал время выполнения - 0,035 мс, в то время как второй - 0,017 мс. Можно сделать вывод, что алгоритм быстрой корреляции эффективней обычного, однако разница незначительна из-за малой длины посылки.

Вывод:

Основными признаками классификации сигналов являются:

- По степени наличия априорной информации (детерминированные и случайные)
- По периодичности (периодические и непериодические)
- По длительности (финитные (конечные) и бесконечные)
- По характеру измерения информативного и временного параметров (аналоговый, дискретный, цифровой)

Спектр сигнала - результат разложения сигнала на более простые в базисе ортогональных функций. Различают амплитудный и фазовый спектры.

Амплитудный спектр сигнала - амплитуды всех гармоник, из которых складывается негармонический сигнал.

Фазовый спектр сигнала - совокупность начальных фаз всех гармоник.

Непериодический сигнал имеет непрерывный спектр. Полигармонический сигнал имеет дискретный спектр. Были проверены 2 метода корреляции на тестовом примере. На коротком примере алгоритм быстрой корреляции оказался в 2 раза быстрее обычного алгоритма. На больших посылах его эффективность вырастает во много раз, по сравнению с обычным алгоритмом.