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

Лабораторная работа №1 и №2
по теме
"Сигналы телекоммуникационных систем"

Выполнил студент группы 33501/3
________________ Кисличенко Б. Д

Руководитель
________________ Богач Н. В

Санкт-Петербург
2018

1 Цель

Познакомиться со средствами генерации сигналов и визуализации их спектров.
Изучить представление о спектрах телекоммуникационных сигналов.

2 Постановка задачи

В командном окне MATLAB и в среде Simulink промоделировать синусоидальный и прямоугольный сигналы с различными параметрами. Получить их спектры. Вывести на график.

С помощью функции корреляции найти позицию синхропосылки [101] в сигнале [0001010111000010]. Получить пакет данных, если известно, что его длина составляет 8 бит без учета синхропосылки. Вычислить корреляцию прямым методом, воспользуясь алгоритмом быстрой корреляции, сравнить время работы обоих алгоритмов.

3 Теоретический раздел

Как известно,очень важную роль в технике обработки сигналов играют **гармонические** сигналы, которые записываются следующим способом:

$$s(t) = A\cos(\omega t + \varphi_0),$$

где A - амлитуда колебаний, ω - циклическая (круговая) частота, φ_0 - начальная фаза, $\varphi = \omega t + \varphi_0$ - фаза колебаний.

Амплитуда колебаний — это абсолютная величина максимального отклонения колеблющейся точки от положения равновесия.

Фаза колебаний – это аргумент периодической функции, описывающей колебательный процесс. Фаза колебания показывает, какая часть периода прошла с момента начала наблюдения колебаний. При заданной амплитуде фаза колебаний полностью определяет смещение колеблющегося тела в любой момент времени.

Начальная фаза колебаний – это фаза колебаний в начальный момент времени t=0.

Период колебаний (сек.) – это время, за которое тело совершает одно полное колебание.

Частота колебаний (Гц) – это число колебаний, совершаемых телом в единицу времени:

$$\nu = \frac{n}{T} = \frac{1}{T}$$

Циклическая частота (рад/с) – это число колебаний, совершаемых телом за 2π секунд:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

Меандр - это прямоугольный сигнал, у которого длительность импульса и паузы равны. Обычный прямоугольный сигнал отличается от меандра тем, что имеет разную длительность импульса и паузы.

Прямоугольные сигналы можно охарактеризовать **скважностью** (S) и **коэффициентом заполнения** (D):

$$S = \frac{T}{\tau} = \frac{1}{D}$$

Совокупность амплитуд гармоник ряда Фурье часто называют **амплитудным спектром**, а совокупность их фаз - **фазовым спектром**.

Разложению в ряд Фурье могут подвергаться периодические сигналы. При этом представляются в виде суммы гармонических функций либо комплексных экспонент с частотами, образующими арифметическую прогрессию. Для того, чтобы такое разложение существовало,

Рис. 1: Параметры прямоугольного сигнала

фрагмент сигнала длительностью в один период должен удовлетворять условиям Дирихле:
1) Не должно быть разрывов второго рода (с уходящими в бесконечность ветвями функциями);
2) Число разрывов первого рода (скачков) должно быть конечным;
3)Число экстремумов должно быть конечным.

Комплексная форма записи ряда Фурье:

$$s(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} C_k e^{-jk\omega t}$$

Комплексные коэффициенты ряда связаны с амплитудами A_k и фазами φ_k, фигурирующими в вещественной форме записи ряда Фурье, следующими соотношениями:

$$C_k = \frac{1}{2} A_k e^{j\varphi k},$$

$$A_k = 2|C|_k|$$

Формула прямого преобразования Фурье:

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

Чтобы преобразование Фурье было применимо, сигнал должен удовлетворять следующим требованиям:

1) должны выполняться условия Дирихле;
2) сигнал должен быть абсолютно интегрируемым. Это означает, что интеграл от его модуля должен быть конечной величиной:

$$\int_{-\infty}^{\infty} |s(t)| dt < \infty$$

Однако с привлечением математического аппарата обобщенных функций возможно выполнение Фурье-анализа и для некторых сигналов, не удовлетворяющим этим требованиям.

Основные свойства преобразования Фурье (ПФ):

1) Перемножение функций - спектр произведения представляет собой свертку спектров;
2) Свертывание функций - спектр свертки равен произведению спектров;
3) Свойство линейности - спектр суммы равен сумме спектров;
4) Изменение масштаба оси времени - изменение сигнала приводит к изменению ширины спектра в противоположную сторону;
5) Интегрирование сигнала - при интегрировании исходного сигнала высокие частоты ослабляются, а низкие усиливаются; фазовый спектр сигнала смещается на -90^o для положительных частот и на 90^o для отрицательных;

4 Ход работы

4.1 Работаем в Matlab

```
clc;
clear all;
close all;

%частота дискретизации 800Гц
Fs=8e2;
%одна секунда дискретных значений времени
t=0:1/Fs:0.5;

%A - амплитуда
A=2;
%частота колебаний 10 Гц
f0=1e1;
%начальная фаза - 45 градусов
phi=pi/4;
%задание гармонического сигнала
s1=A/7*cos(2*pi*f0*5*t+phi)+A/5*cos(2*pi*f0*1*t+phi);
s2=A/7*cos(2*pi*f0*1*t+phi);
%вывод графика синуосиды
figure;
subplot(2,2,1);
plot(t,s1);
title ('Сигнал синусоиды 1');
xlabel('Время');
ylabel('Амплитуда');
subplot(2,2,3);
plot(t,s2);
title ('Сигнал синусоиды 2');
xlabel('Время');
ylabel('Амплитуда');
```

Рис. 2: Генерируем два синусоидальных сигнала

```
%Количество линий Фурье спектра
fftL=1000;
%вектор частот для расчета спектра
f=0:Fs/fftL:Fs-1;
%Преобразование Фурье от сигнала s1 по fftL точкам
F=fft(s1,fftL);
%вычислим спектр
sp1=abs(F);
sp2=abs(fft(s2,fftL));
%выведем спектр
subplot(2,2,2);
plot(f,sp1(1:length(f)));
title ('Спектр синусоиды 1');
xlabel('Частота (Гц)');
ylabel('Амплитуда');

subplot(2,2,4);
plot(f,sp2(1:length(f)));
title ('Спектр синусоиды 2');
xlabel('Частота (Гц)');
ylabel('Амплитуда');
```

Рис. 3: Получаем спектры двух синусоидальных сигналов

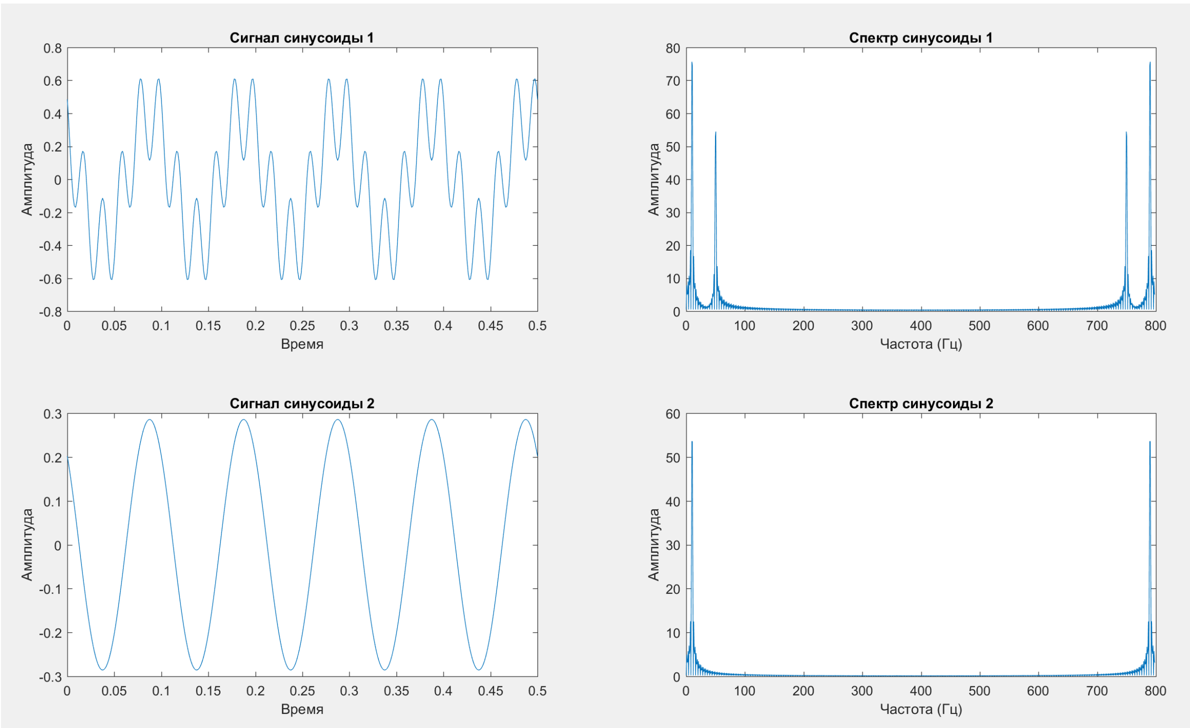

Рис. 4: Вывод синусоид и их спектров

```
%частота дискретизации 800Гц
Fs=8e2;
%одна секунда дискретных значений времени
t=0:1/Fs:2;
%сгенерируем прямоугольный сигнал
%duty - коэф. заполнения (в процентах)
duty=60;
%T-период
T=pi/16;
%Амплитуда А
A=2;
%генерация прямоугольного сигнала
y1=A*square(2*pi*t/T, duty);
y2=A/2*square(2*pi*t/(T/2), duty/2);

%вывод прямоугольных сигналов
%вывод графика синуосиды
figure;
subplot(2,2,1);
plot(t,y1);
axis([-inf inf 0 3]);
title ('Прямоугольный сигнал 1');
xlabel('Время');
ylabel('Амплитуда');
subplot(2,2,3);
plot(t,y2);
axis([-inf inf 0 3]);
title ('Прямоугольный сигнал 2');
xlabel('Время');
ylabel('Амплитуда');
```

Рис. 5: Генерируем два прямоугольных сигнала

```
%Количество линий Фурье спектра
fftL=1000;
%вектор частот для расчета спектра
f=0:Fs/fftL:Fs-1;
%вычислим спектр
sp3=abs(fft(y1,fftL));
sp4=abs(fft(y2,fftL));
%выведем спектр
subplot(2,2,2);
plot(f,sp3(1:length(f)));
title ('Спектр прямоугольного сигнала 1');
xlabel('Частота (Гц)');
ylabel('Амплитуда');

subplot(2,2,4);
plot(f,sp4(1:length(f)));
title ('Спектр прямоугольного сигнала 2');
xlabel('Частота (Гц)');
ylabel('Амплитуда');
```

Рис. 6: Получаем спектры двух прямоугольных сигналов

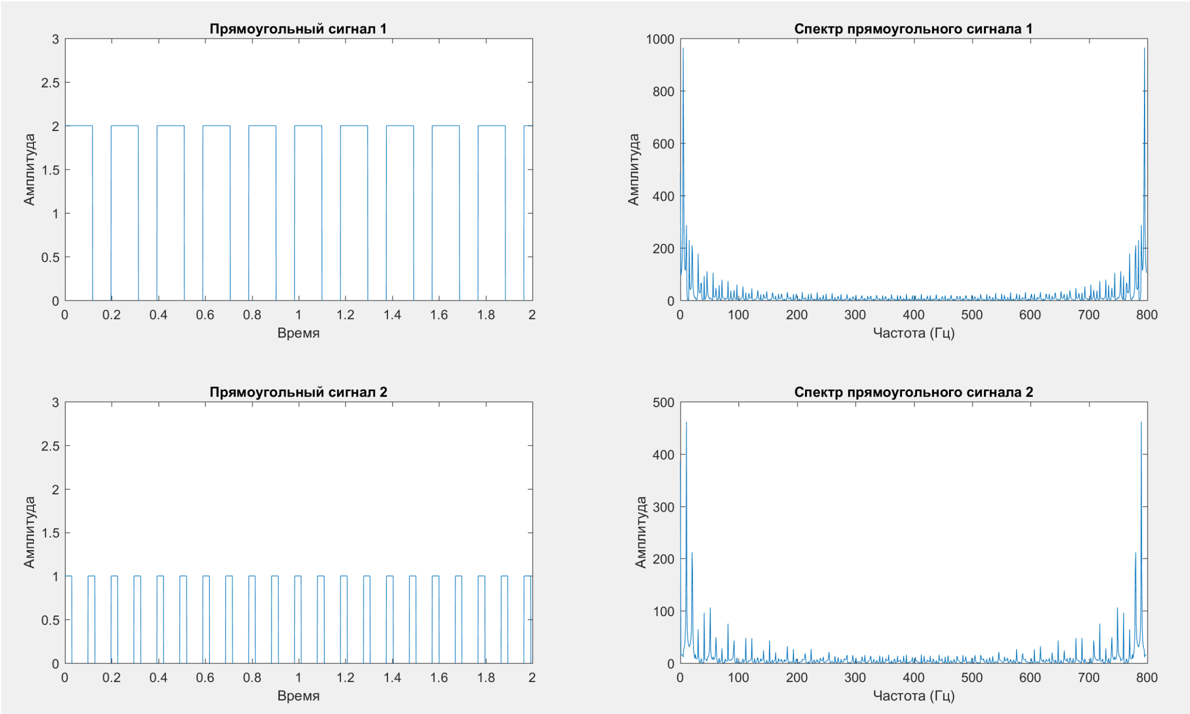

Рис. 7: Вывод прямоугольных импульсов и их спектров

4.2 Работаем в Simulink (синусоида)

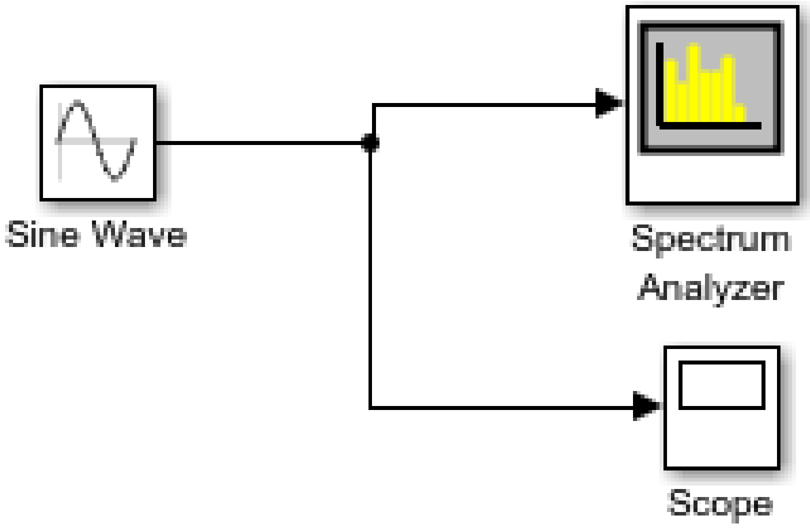

Рис. 8: Схема для синусоиды.

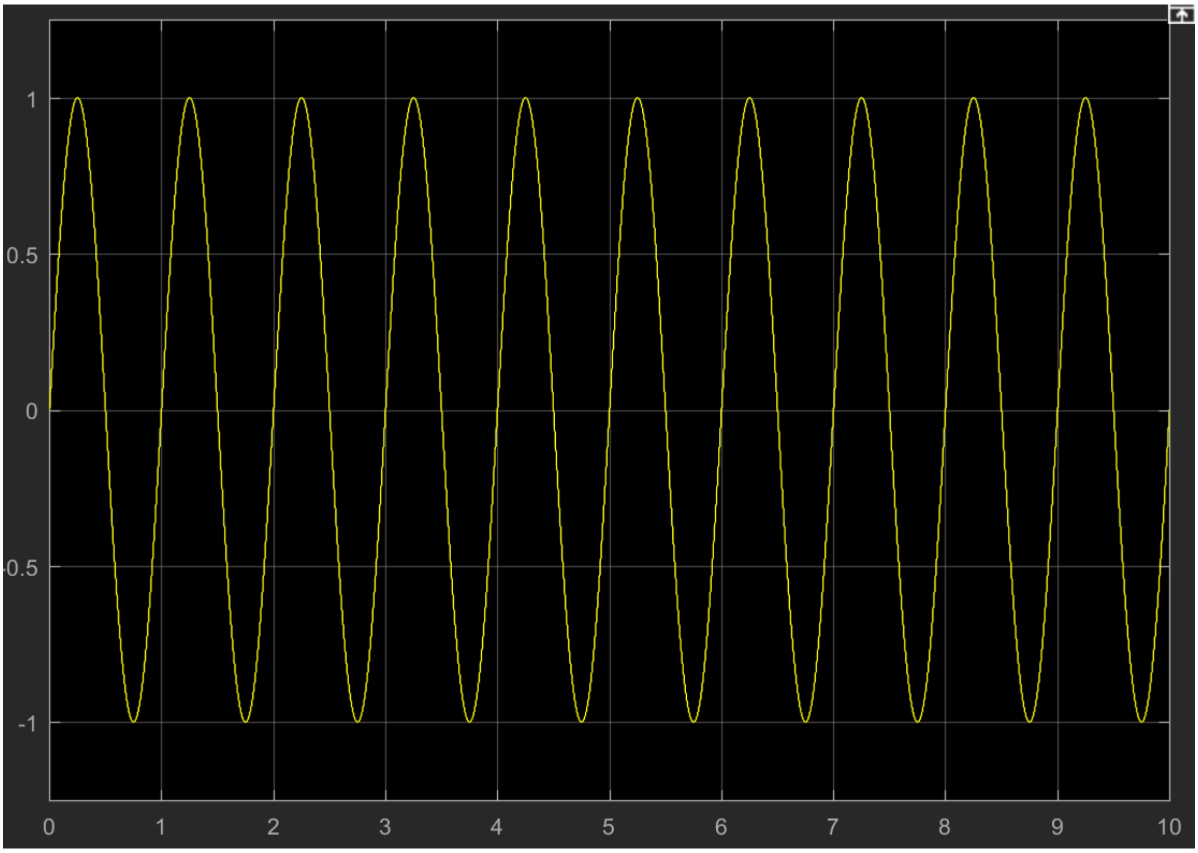

Рис. 9: Сигнал в Simulink.

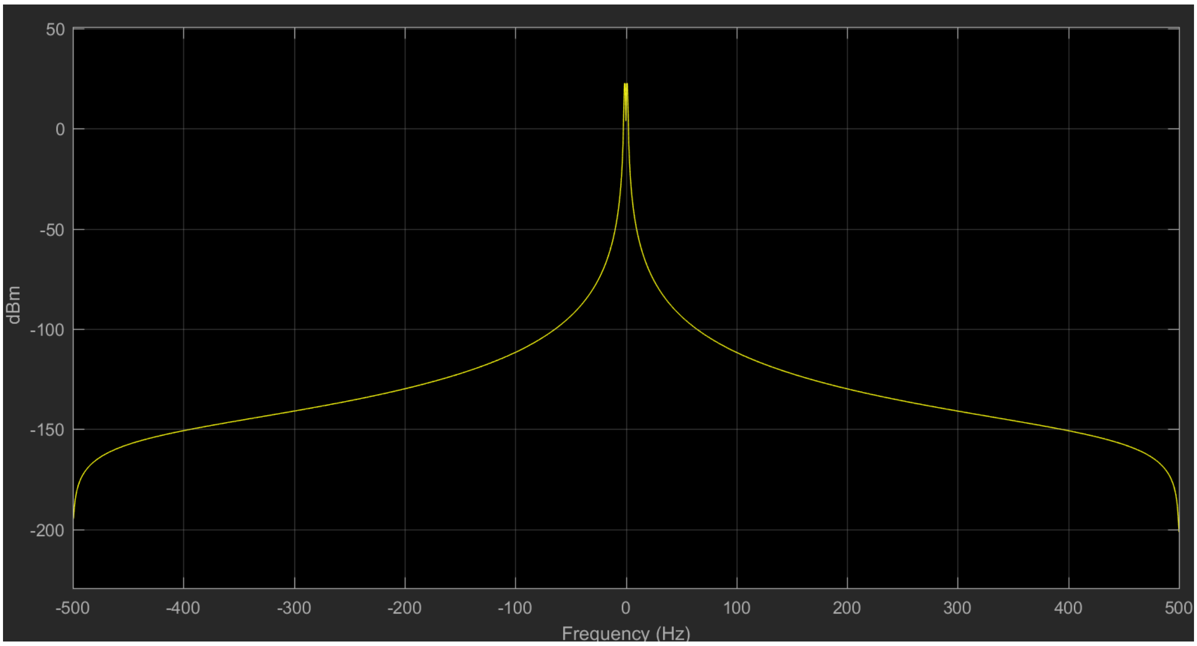

Рис. 10: Спектр синусоиды в Simulink.

4.3 Работаем в Simulink (прямоугольный сигнал)

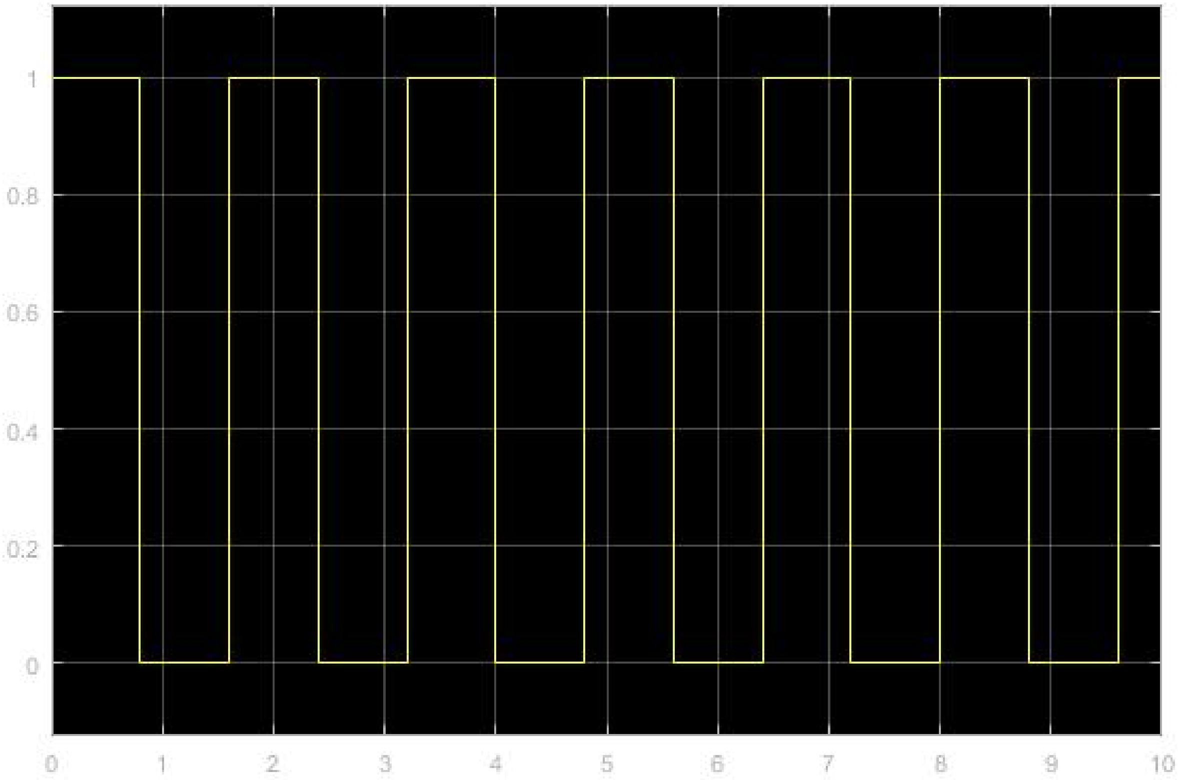

Рис. 11: Прямоугольный сигнал в Simulink.

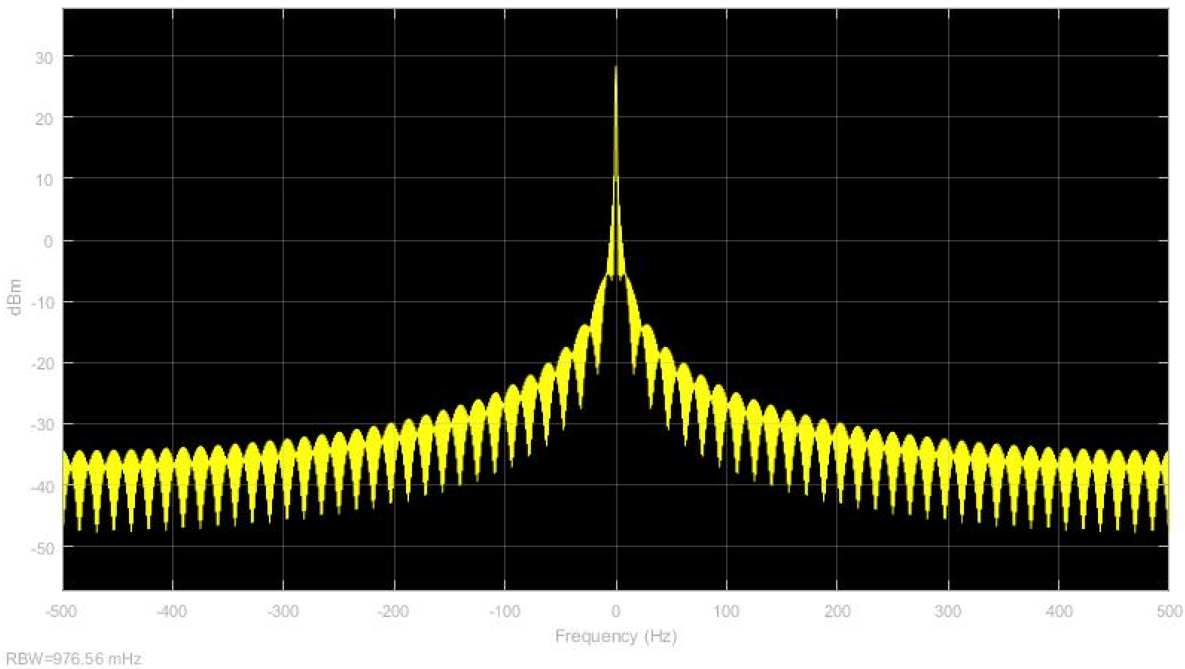

Рис. 12: Спектр прямоугольного сигнала в Simulink.

5 Найдем по синхропосылке сигнал

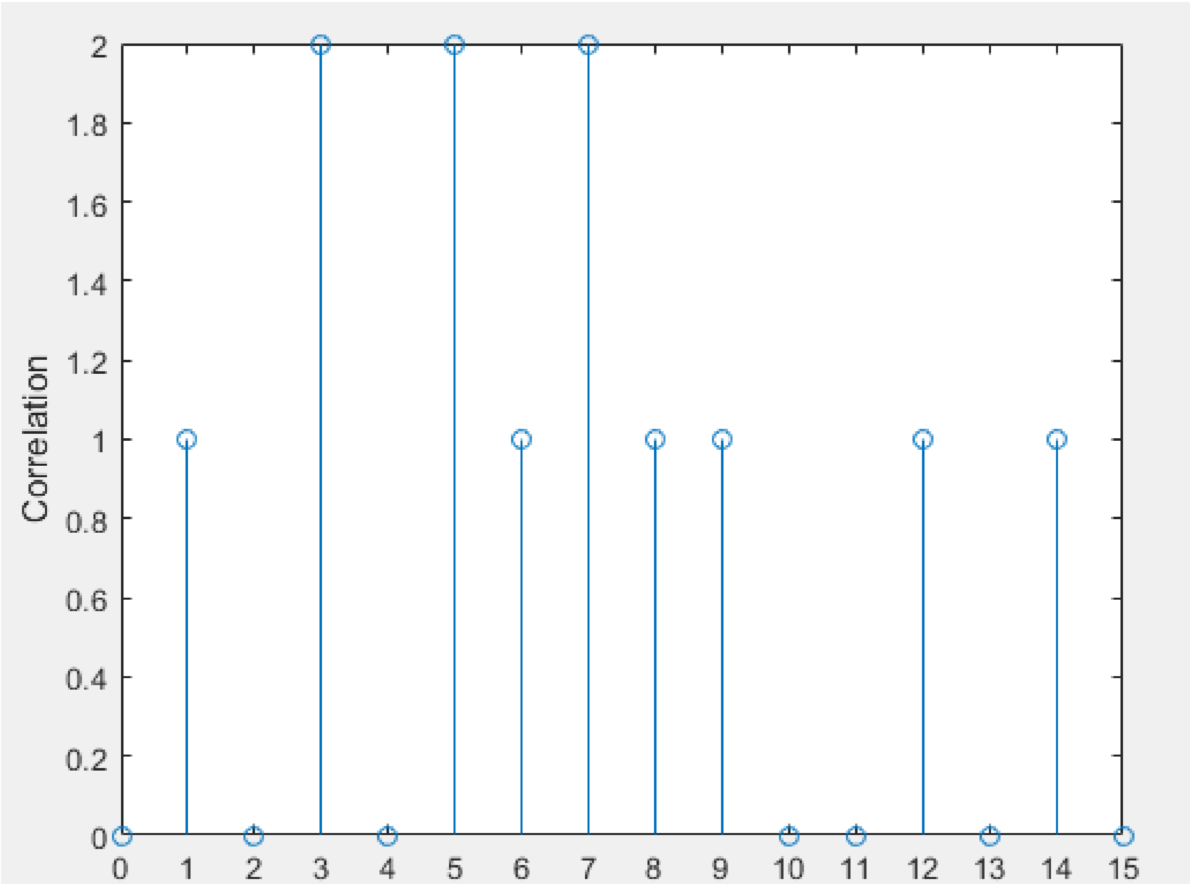

Рис. 13: Коррелция максимальна в трех точках, берем 1ю, чтобы смещение было минимальным

6 Вывод

В ходе данной лабораторной работы мы познакомились со средствами генерации и визуализации простых сигналов. Были построены синусоида и прямоугольный импульсный сигнал в среде Matlab, а также в Simulink.

Классификация сигналов осуществляется на основании существенных признаков соответствующих математических моделей сигналов. Все сигналы разделяют на две крупных группы: детерминированные (значение сигнала можно определить в любой момент времени точно) и случайные. Детерминированные разделяются на периодические и непериодические(импульсые). К периодическим относят гармонические и полигармонические (сумма гармонических) сигналы. К непериодическим сигналам относят почти периодические и апериодические сигналы. Почти периодические сигналы близки по своей форме к полигармоническим. Они также представляют собой сумму двух и более гармонических сигналов (в пределе – до бесконечности), но не с кратными, а с произвольными частотами, отношения которых (хотя бы двух частот минимум) не относятся к относятся к рациональным числам. Апериодические сигналы составляют основную группу непериодических сигналов и задаются произвольными функциями времени.