Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
Институт компьютерных наук и технологий
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

ОТЧЕТ по лабораторной работе № 1, 2

на тему

Сигналы телекоммуникационных систем. Ряд Фурье. Преобразование Фурье. Корреляция.

Работу выполнила студентка
гр. 33501/ Фильчакова М.В.
Преподаватель: Богач Н.В

2018

1. Цель работы

- Познакомиться со средствами генерации и визуализации простых сигналов.
- Получить представление о спектрах телекоммуникационных сигналов.

2. Постановка задачи

- В командном окне MATLAB и в среде Simulink смоделировать синусоидальный и прямоугольный сигналы с различными параметрами
- получить их спектры с помощью преобразования Фурье и вывести график.
- С помощью функции корреляции найти позицию синхропосылки

3. Теория

Сигнал - зависимость одной величины от другой(с матем. Точки зрения- функция).

Классификация сигналов:

- Детерминированные
- Случайные
- Сигналы с интегрируемым квадратом

$$\int_{-\infty}^{\infty} s^2(t)dt < \infty.$$

- Периодичные

$$s(t + nT) = s(t) \text{ при любом } t,$$

- Конечной длительности
- Гармонические колебания

$$s(t) = A\cos(\omega t + \varphi).$$

- Дельта-функция

$$\delta(t) = \begin{cases} 0, & t \neq 0, \\ \infty, & t = 0, \end{cases}$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t)dt = 1.$$

У нее есть фильтрующее свойство:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta(t - t_0)dt = f(t_0).$$

S(t) – функция времени.
Чтобы перейти к частотному способу представления используется преобразование Фурье:

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

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

S(w) – спектральная функция и является комплексной.
Свойства преобразования фурье:

I. Линейность
F(ax(t) + by(t)) = aX(w) + bY (w)
II. Задержка во времени
X(w) - спектр x(t). Тогда спектр F[x(t- T)] = e□jw_X(w)
III. Изменение масштаба
X(w) - спектр x(t). Тогда спектр F[x(at)] = X(w/a)/a
IV. Умножение на exp
X(w) - спектр x(t). Тогда спектр F[ejw0tx(t)] = X(w - w0)
V. Спектр производной
X(w) - спектр x(t). Тогда спектр F[dx(t)/dt] = jwX(w)
VI. Спектр интеграла
Сначала ищем спектр сигнала g(t). Если считать, что у спектра отсутствует постоянная составляющая, тогда F[g(t)] = X(w)=jw.
VII. Теорема о свертке
X(w) и G(w) – спектры функций x(t) и g(t). Тогда спектр свертки u(t) выражается как X(w) *G(w).
VIII. Произведение сигналов
X(w) и G(w) – спектры функций x(t) и g(t). Тогда спектр произведения x(t) *g(t) выражается как свертка 1/2П[X(w) *G(w)].

4. Ход работы

4.1 Синусоидальный сигнал в MATLAB

```
f = 1; %частота
f0 = 1;%фазовый сдвиг
A = 5; %амплитуда
t=0:0.01:5;
s = A * sin(pi*f*t+f0)
plot(t, s);
dots = 1024;
fft(s,dots);
```

```
figure
plot(abs(fft(s,   dots)))
```

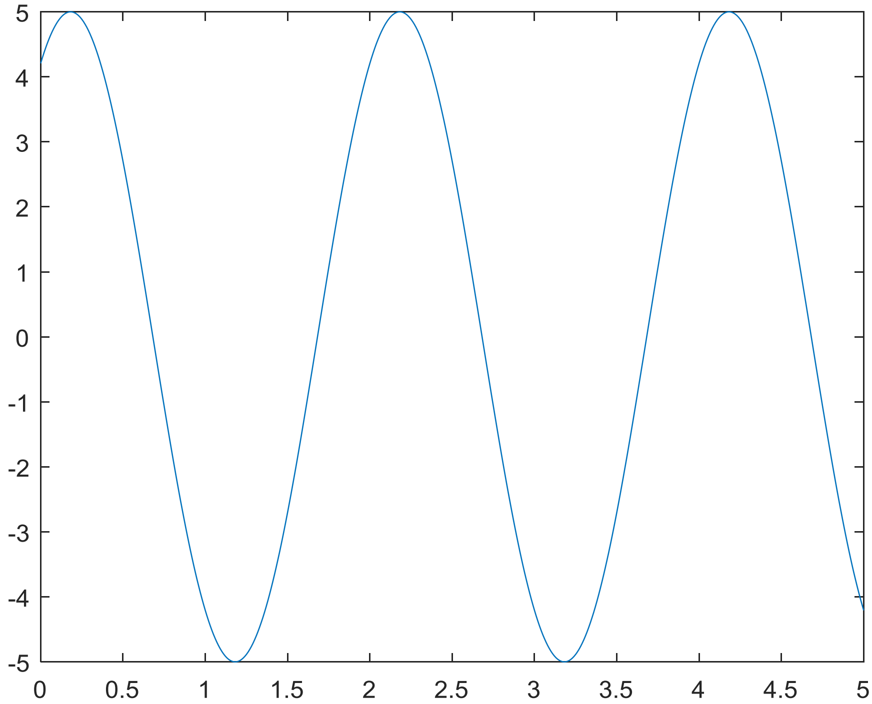

Рисунок 1 Синусоидальный сигнал 1

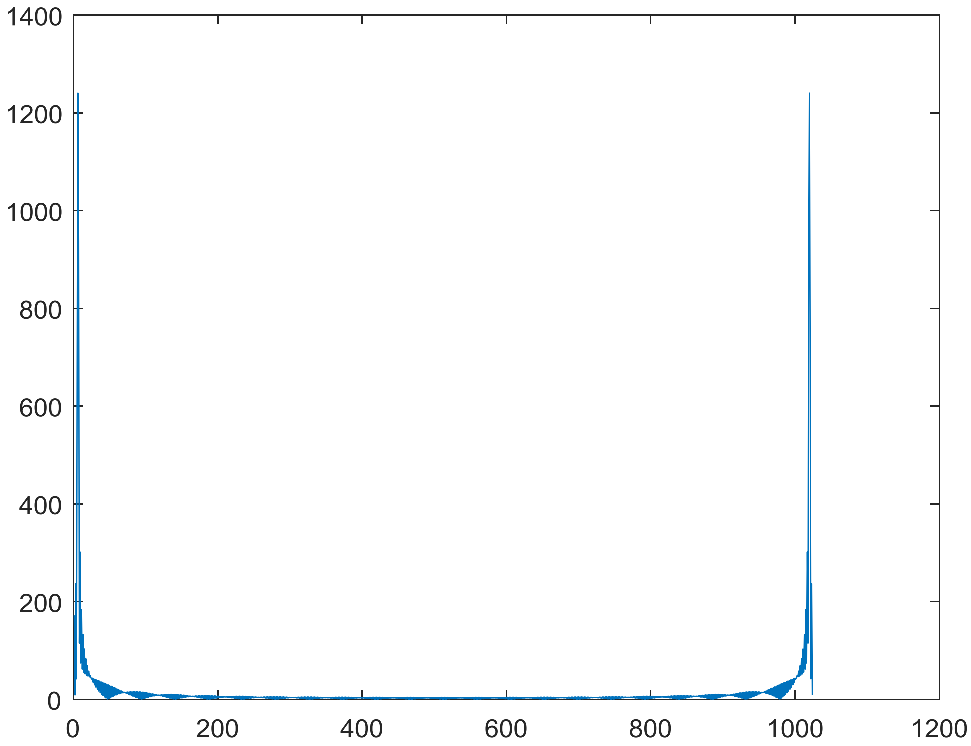

Рисунок 2 Спектр синусоидального сигнала 1

Изменим частоту и амплитуду:

```
f = 5; %частота (была 1)
f0 = 1;%фазовый сдвиг
A = 1; %амплитуда (была 5)
t=0:0.01:5;
s = A * sin(pi*f*t+f0)
plot(t, s);
dots = 1024;
fft(s,dots);
figure
plot(abs(fft(s, dots)))
```

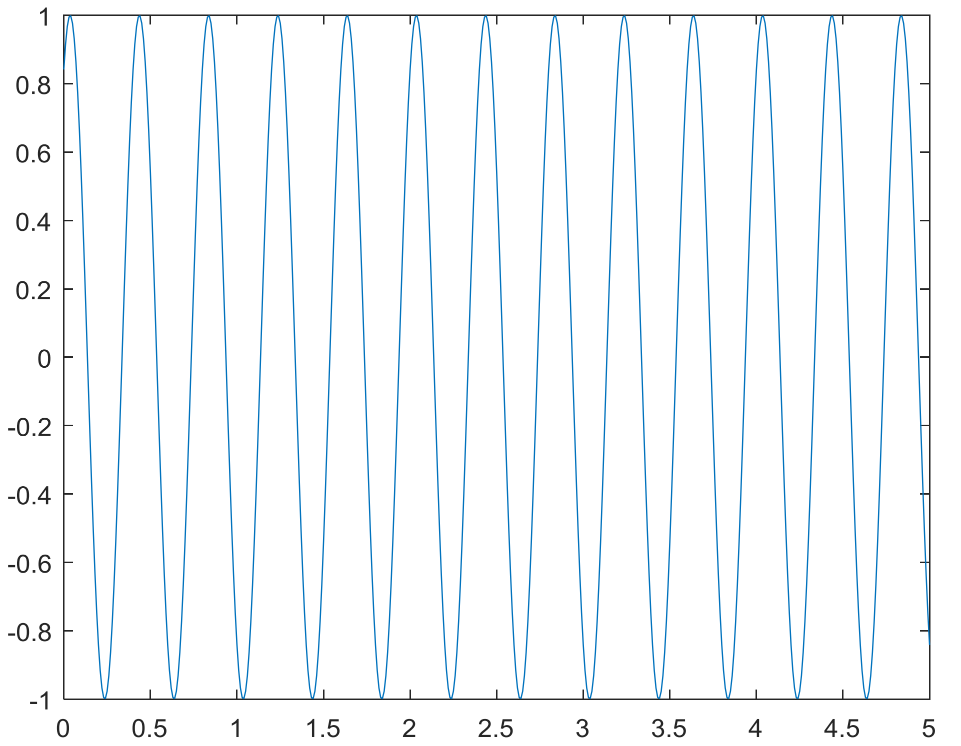

Рисунок 3 Синусоидальный сигнал 2

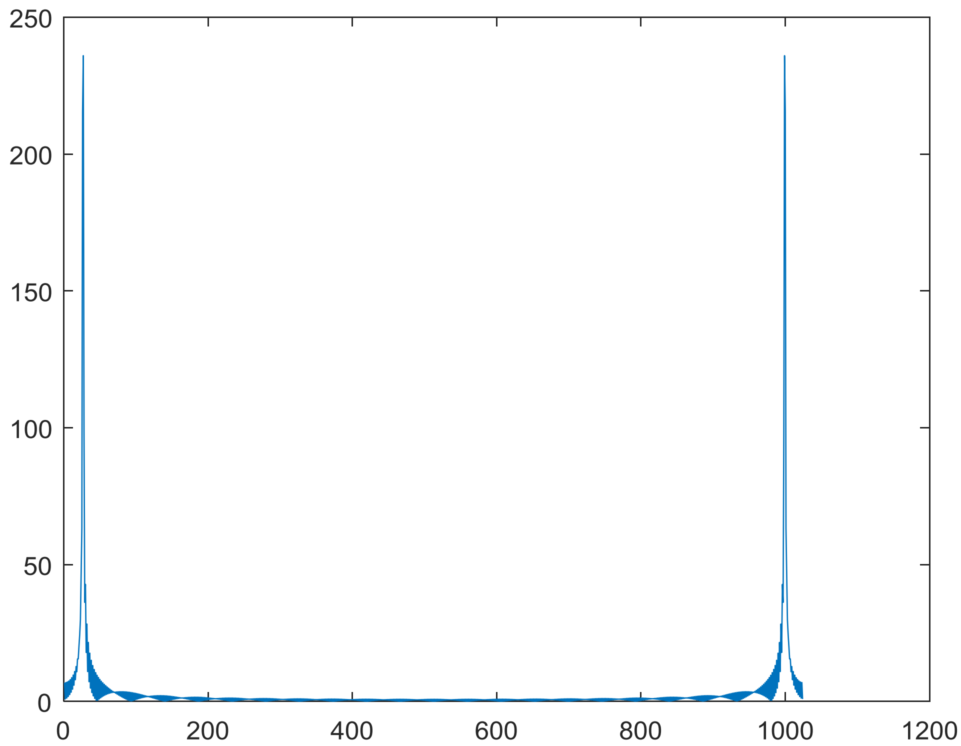

Рисунок 4 Спектр синусоидального сигнала 2

4.2 Прямоугольный сигнал в MATLAB

```
clear all
dt=.001; %шаг
t=[-25:dt:25];
x=square(t,10);  %скважность
plot(t,x);
axis([-25  25 0 1.2]);
y=fftshift(fft(x));   %перемещение нулевой частоты в центр массива
N=length(y);          %взять частотную ось гармоник
n=-(N-1)/2:(N-1)/2;  %разделить частотные составляющие
f=sqrt(y.*conj(y));   %взять амплитуду каждой хармы.
title('Амплитуда  прямоугольного  импульса');
xlabel('частотная  составляющая  (гармонизация)');
ylabel('Амплитуда  гармонии');
plot(n,f);
axis([-150  150 0 35000]);
```

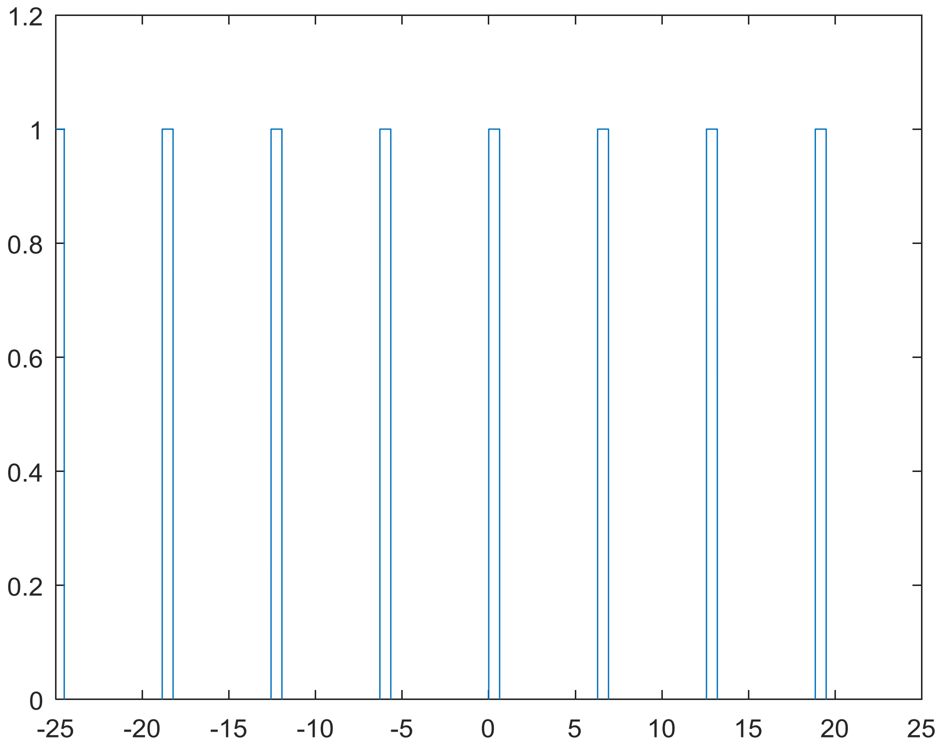

Рисунок 5 Прямоугольный сигнал 1

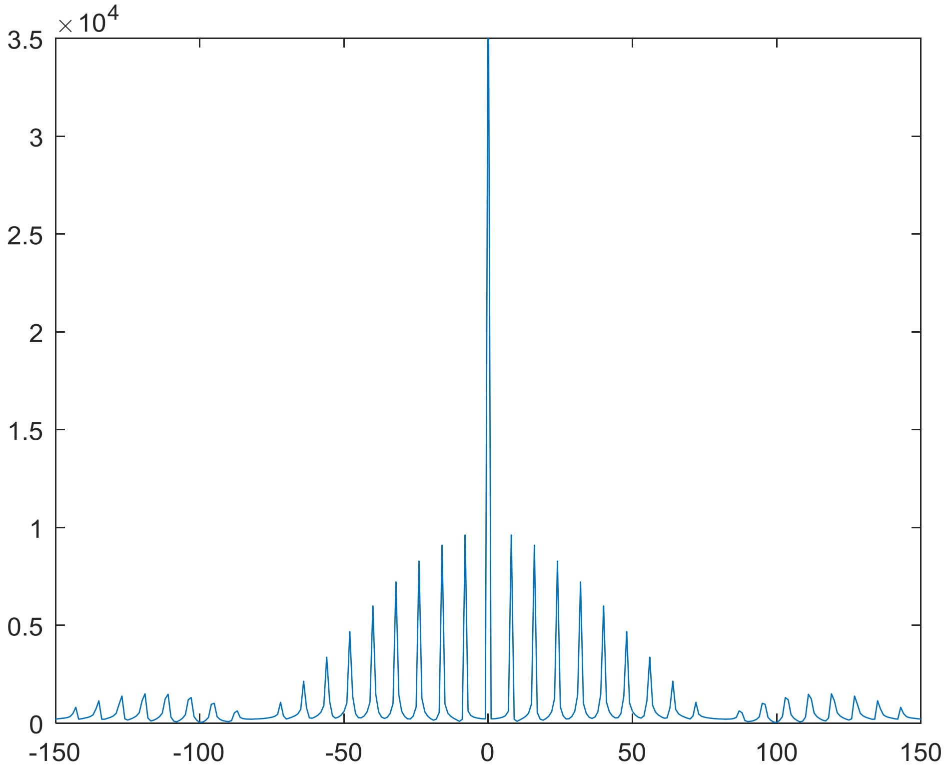

Рисунок 6 Спектр прямоугольного сигнала 1

Изменим ширину импульса и его амплитуду.

```
clear all
dt=.001; %шаг
t=[-25:dt:25];
x=square(t,80); %скважность
plot(t,x);
axis([-25 25 0 1.2]);
y=fftshift(fft(x)); %перемещение нулевой частоты в центр массива
N=length(y);        %взять частотную ось гармоник
n=-(N-1)/2:(N-1)/2; %разделить частотные составляющие
f=sqrt(y.*conj(y)); %взять амплитуду каждой хармы.
title('Амплитуда прямоугольного импульса');
xlabel('частотная составляющая (гармонизация)');
ylabel('Амплитуда гармонии');
plot(n,f);
axis([-150 150 0 35000]);
```

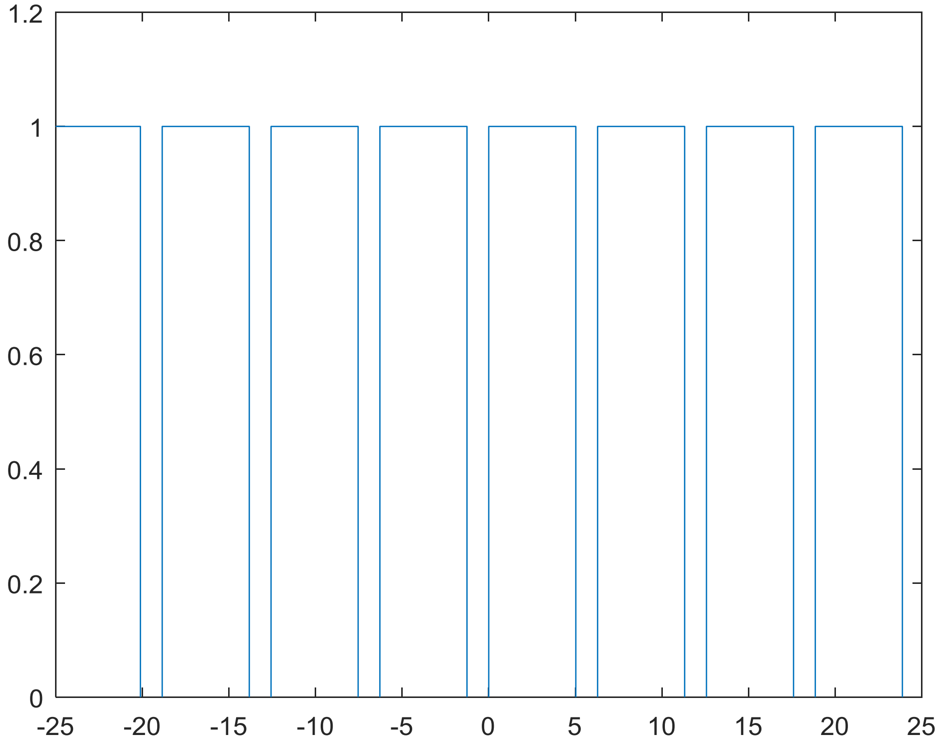

Рисунок 7 Прямоугольный сигнал 2

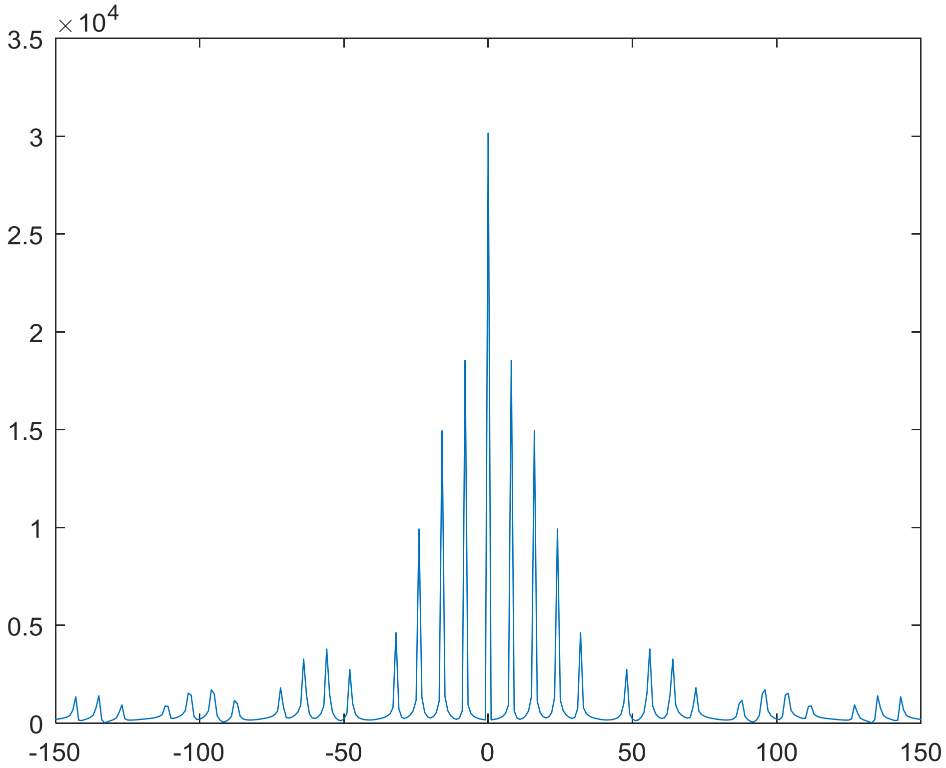

Рисунок 8 Спектр прямоугольного сигнала 2

4.3 Синусоидальный сигнал в Simulink

Сделаем в SimuLink такие же моделирования:

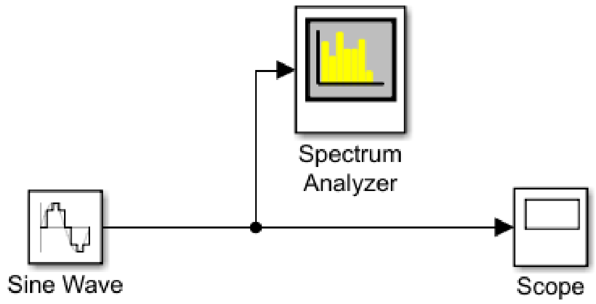

Рисунок 9 Схема для синусоидального сигнала

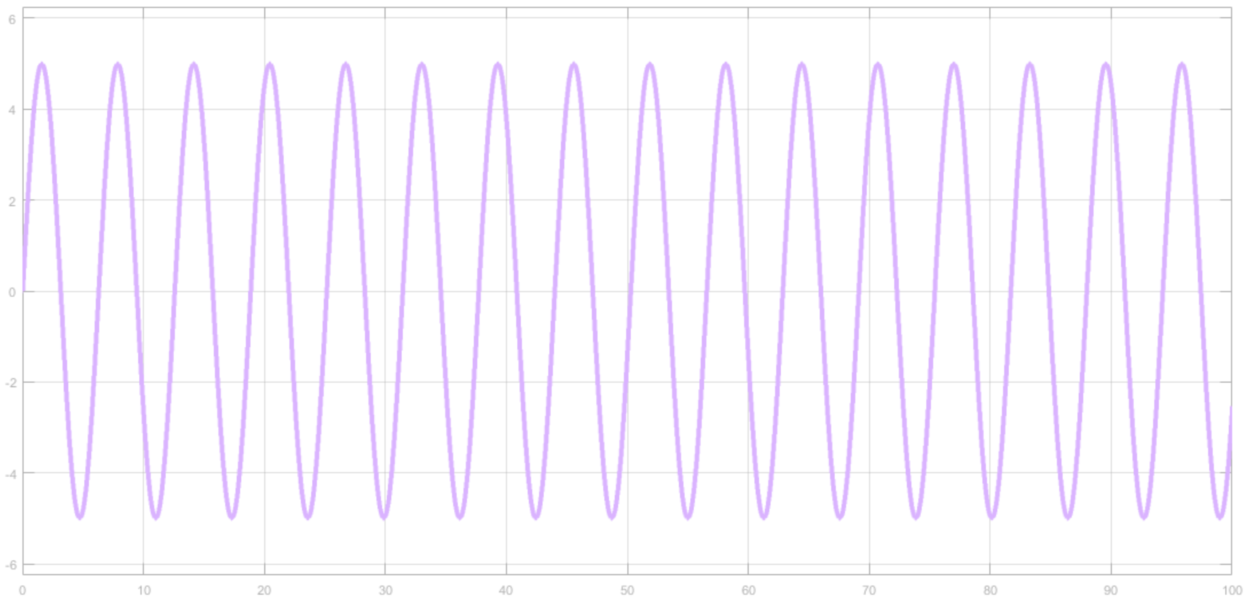

Рисунок 10 Синусоидальный сигнал 1 в Simulink

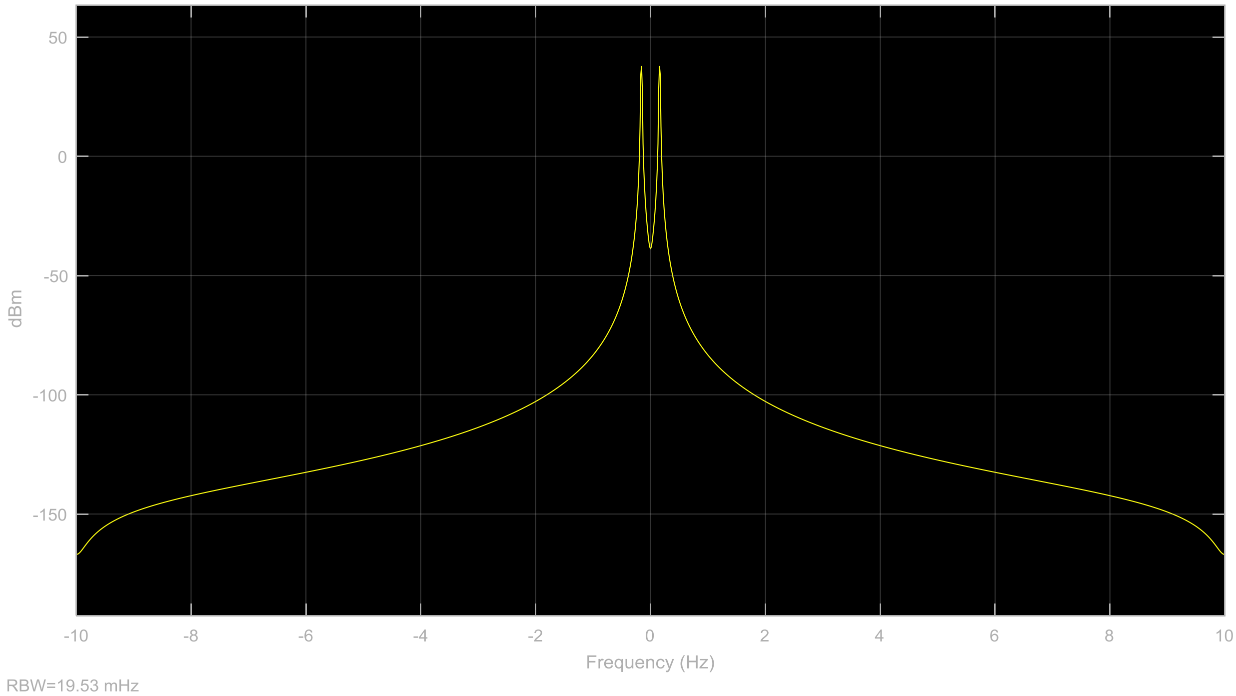

Рисунок 11 Спектр синусоидального сигнала 1 в Simulink

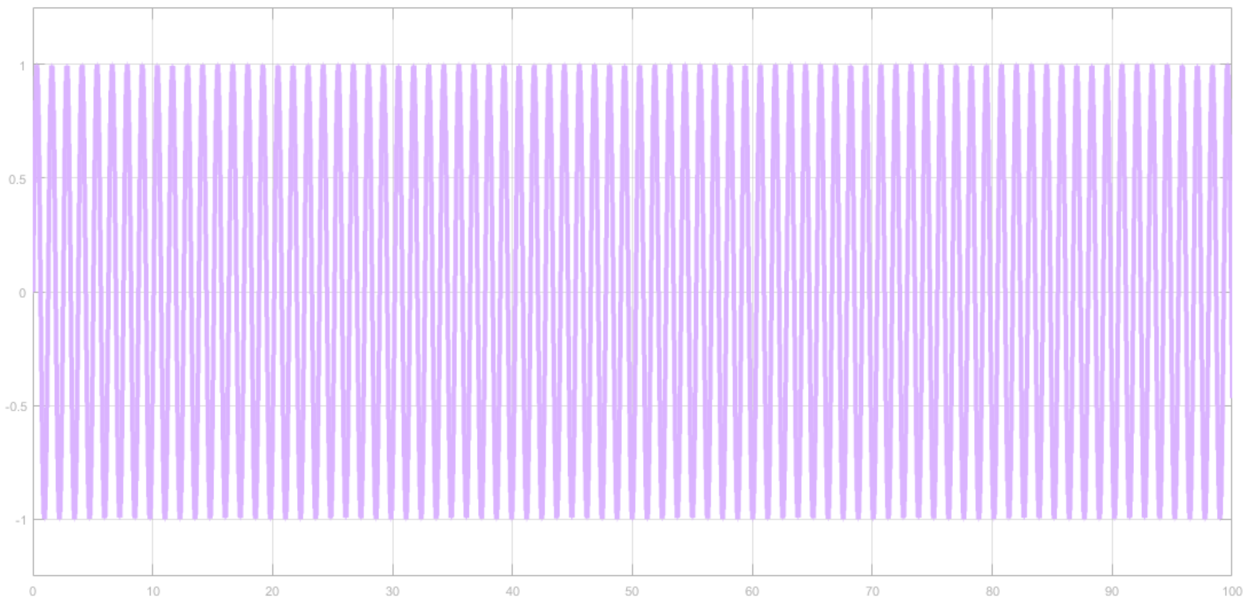

Рисунок 12 Синусоидальный сигнал 2 в Simulink

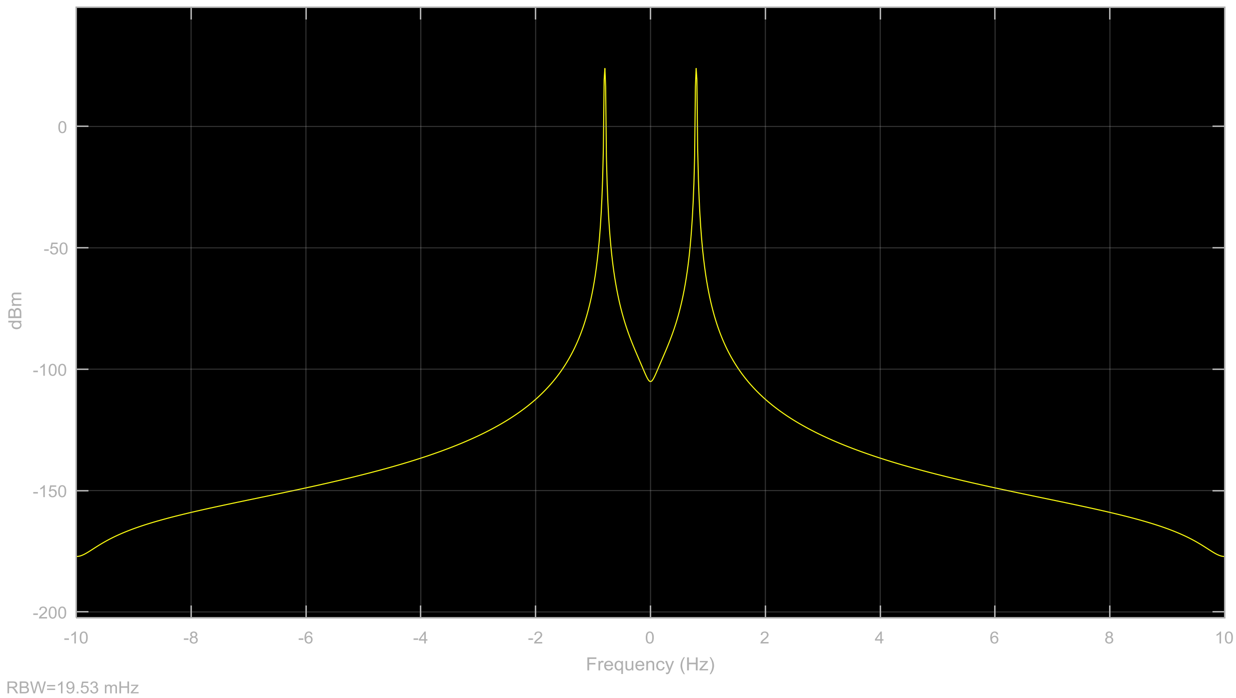

Рисунок 13 Спектр синусоидального сигнала 2 в Simulink

4.4 Прямоугольный сигнал в Simulink

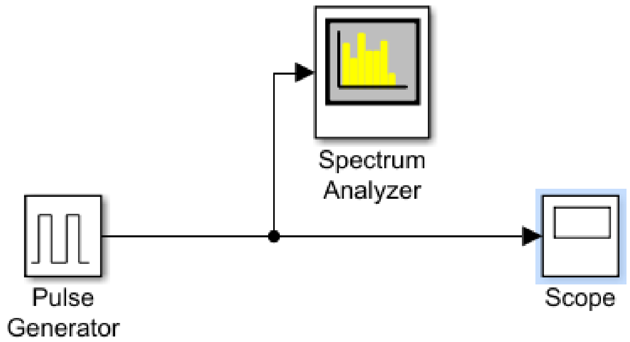

Рисунок 14 Схема для прямоугольного сигнала

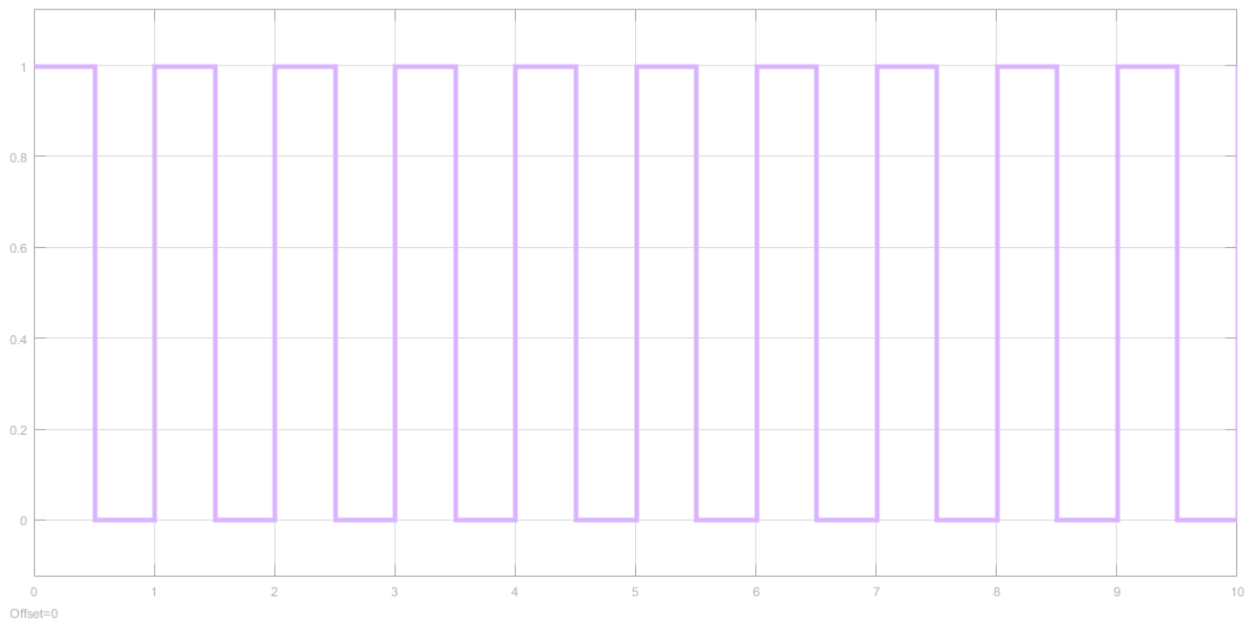

Рисунок 15 Прямоугольный сигнал 1

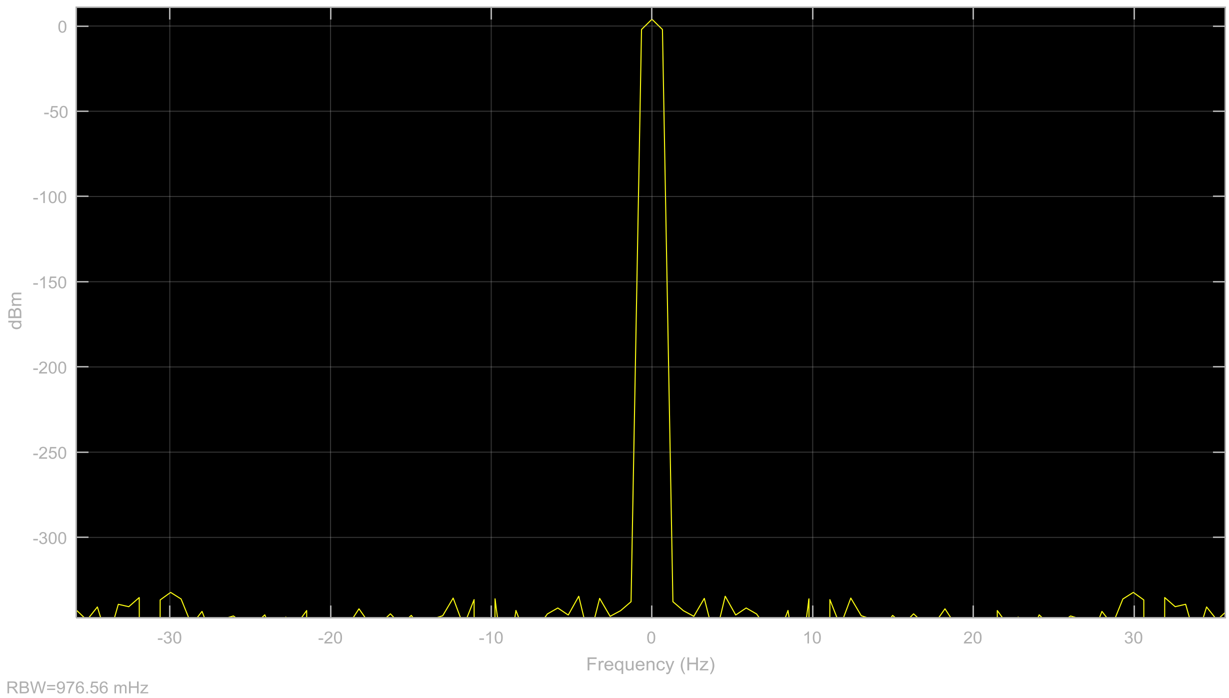

Рисунок 16 Спектр прямоугольного сигнала 1

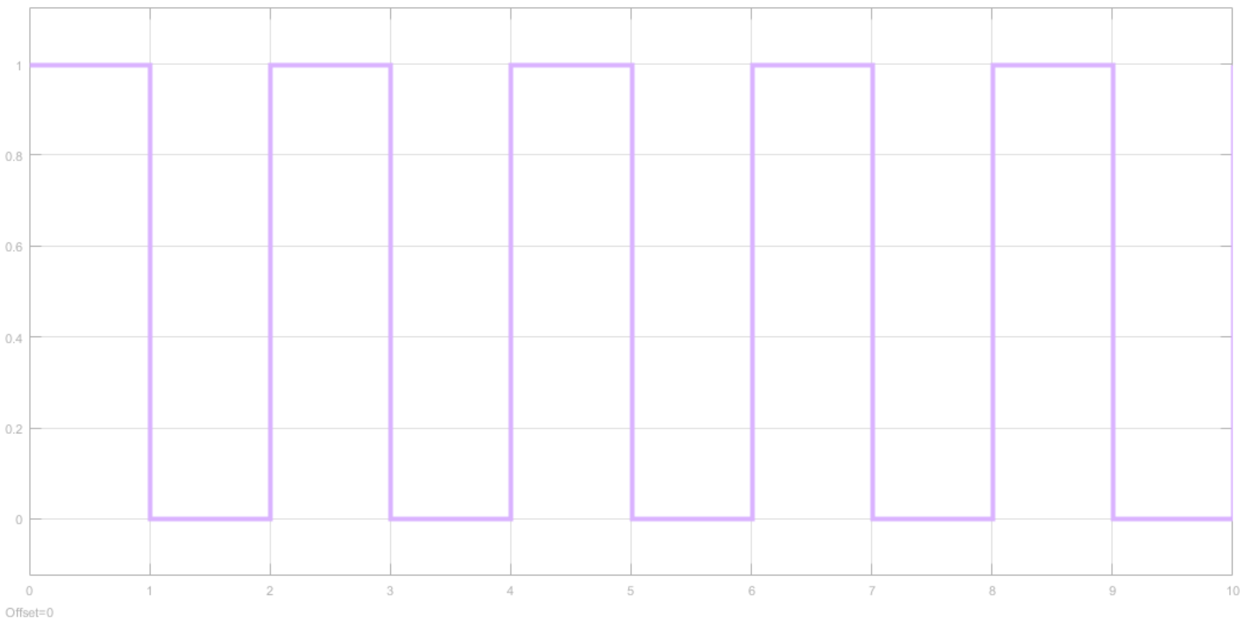

Рисунок 17 Прямоугольный сигнал 2

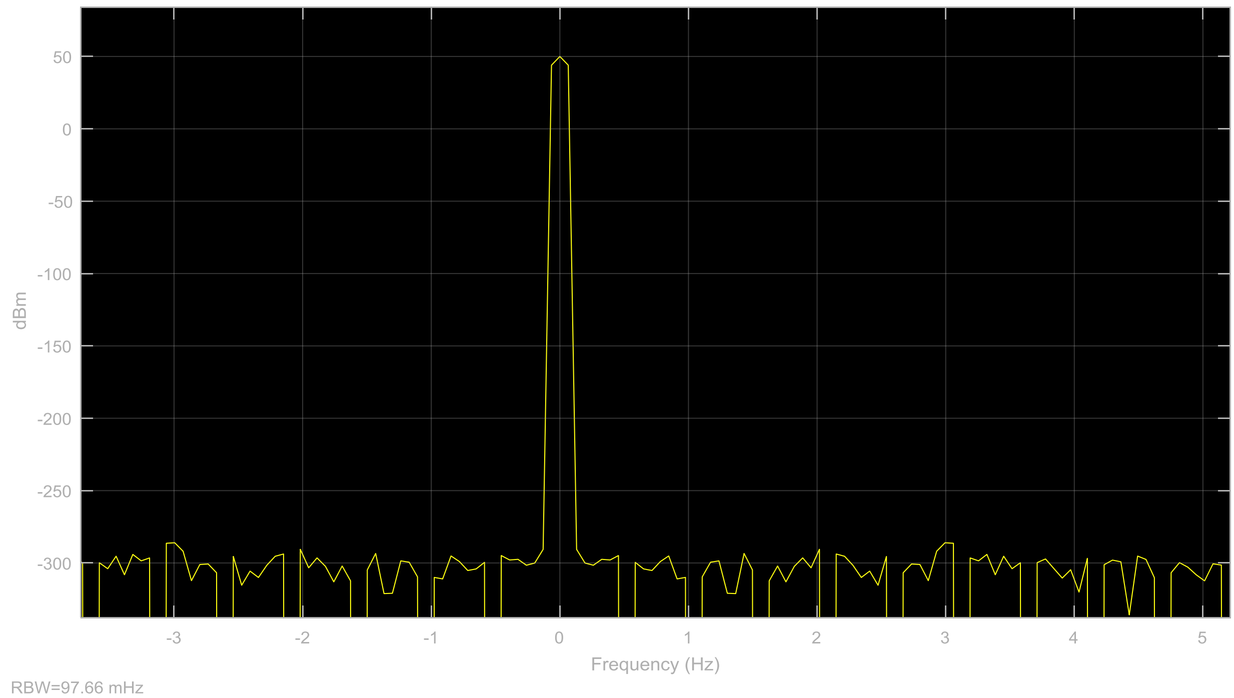

Рисунок 18 Спектр прямоугольного сигнала 2

4.5 Корреляция

Есть дискретный сигнал [0001010111000010]. Нужно найти в нем позицию синхропосылки [101].

Позицию ссылки в сигнале можно найти с помощью функции корреляции :

$$r_{12} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} s_1(n) s_2(n)$$

Максимальная корреляция будет соответствовать месту искомой посылки:

$$R = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} x_i * y_i$$

Быстрая корреляция:

$$R = \frac{1}{N} F_d^{-1} [X's * Y]$$

Код в MatLab:

```
x = [0 0 0 1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 0];
y = [1 0 1];
xx = x;
yy = [];
for i = 1:length(y)
```

```
    if (y(i) == 1)
        yy(i) = 1;
    else
        yy(i) = -1;
    end
end
for i = 1:length(x)
    if(i <= length(y))
        yy(i) = yy(i);
    else
        yy(i) = 0;
    end
end
R = [];
BR = [];
tic
for i = 1:length(xx)
    R(i) = sum(xx .* circshift(yy, i-1, 2)) / length(xx);
end
toc
tic
xx = fft(xx);
yy = fft(yy);
xx = conj(xx);
BR = ifft(xx .* yy)/length(xx);
toc
```

В ходе выполнения программы, были получены следующие значения:
0.2303 с- время выполнения прямой корреляции
0.0009 с- время выполнения быстрой корреляции

5. Вывод

В лабораторной работе мы научились визуализировать простые сигналы (синусоидальный и прямоугольный). Сигналы были созданы и анализированы в среде MatLab и Simulink.

Основными признаками классификации сигналов является: детерминирование, периодичность и количество гармоник.

Преобразование Фурье в телекоммуникационных технологиях используется для обработки звука и изображений (для цифровой обработки сигналов). Примером использования преобразования Фурье является восстановление расфокусированного изображения.