

Отчет по лабораторной работе по дисциплине:
"Сети и системы передачи данных"
тема: "Визуализация сигналов во временной
и частотной области"

Киселев Антон и Кенть Никита

13.03.14

Глава 1

Теоретическая часть

1.1 Цель работы

Познакомиться со средствами генерации сигналов и визуализации их спектров.

1.2 Постановка задачи

В командном окне MATLAB и в среде Simulink промоделировать чистый синусоидальный сигнал, так же синусоидальный сигнал с шумом. Получить их спектры.

Глава 2

Ход работы

2.1 Алгоритм работы. Построение сигналов

- Построение синусоидального сигнала без шумов
- Вывод временной характеристики сигнала
- Реализация преобразования Фурье
- Построение графика спектральной плотности
- Построение зашумленного синусоидального сигнала
- Вывод временной характеристики полученного сигнала
- Преобразования Фурье
- Построение графика спектральной плотности для зашумленного сигнала

2.2 Код MATLAB

```
function main()
x=0:0.01:4*pi;
t0 = 5;
%исходный сигнал
y = sin(2*pi*f0*x);
figure(1)
plot(x(1:200),y(1:200))
grid
%спектр исходного сигнала
figure(2)
spectrum = fft(y,1024);
normspectrum = spectrum.*conj(spectrum)/1024;
f=100*(0:1023)/1024;
plot(f, normspectrum(1:1024))
axis([0 max(f) 0 10])
```

```

grid
%зашумленный сигнал
ynoise = y + 0.5*rand(size(x));
figure(3)
plot(x(1:200),ynoise(1:200));
grid
%спектр зашумленного сигнала
spectrum = fft(ynoise,1024);
noisespectrum = spectrum.*conj(spectrum)/1024;
figure(4)
plot(f, noisespectrum())
axis([0 max(f) 0 10])
grid

```

2.3 Результаты работы

В результате выполнения программы получились графики временной и частотной характеристик исходного и зашумленного синусоидальных сигналов.

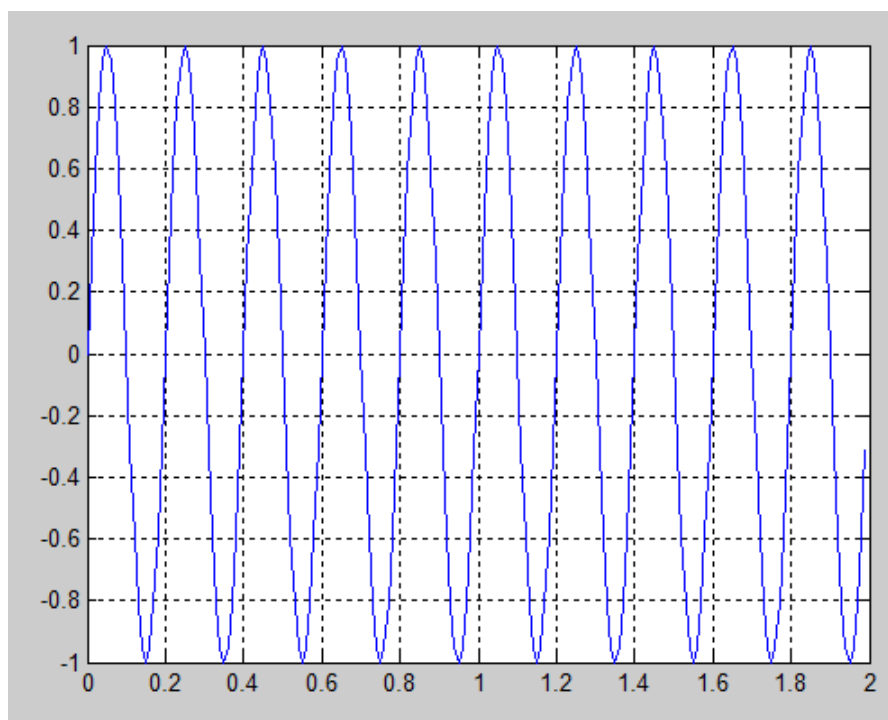


рис. 1 Исходный сигнал

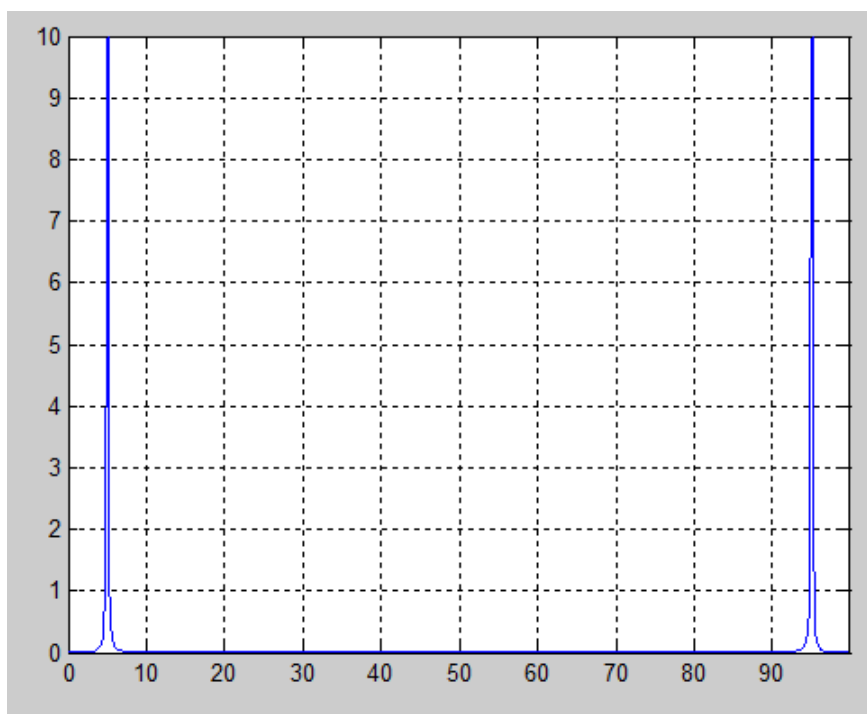


рис. 2. Спектр исходного сигнала

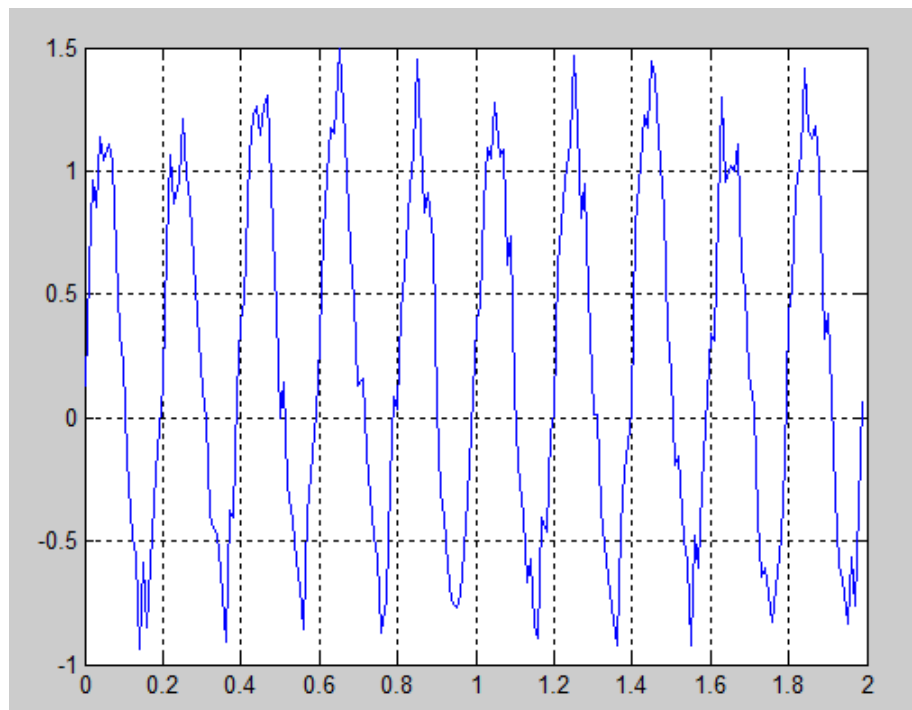


рис. 3. Зашумленный сигнал

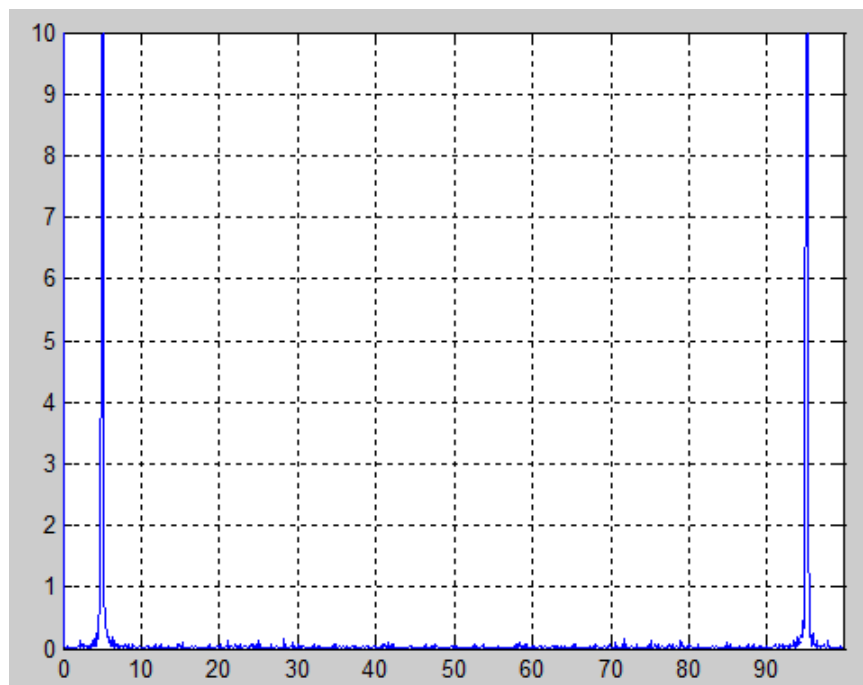


рис. 4. Спектр зашумленного сигнала

Глава 3

Построение спектров

3.1 Алгоритм работы

- Построение полигармонического сигнала
- Построение прямоугольного импульсного сигнала
- Построение треугольного импульсного сигнала
- Получение спектров этих сигналов
- Создание моделей в Simulink

3.2 Код MATLAB

```
function laba5()
x = 0:0.01:4*pi;
f0 = 5;
y = 0;
for i=1:1:100
y=y+cos(i*x);
end
plot(x(1:100),y(1:100));
figure(1)
spectrum=fft(y,512);
normspectrum=spectrum.*conj(spectrum)/512;
f=100*(0:255)/512;
figure(2)
plot(f,normspectrum(1:256))
axis([0 max(f) 0 10])
grid
figure(3)
y1=square(x,50)
plot(x(1:1000),y1(1:1000),'LineWidth',2);
ylim([-1.2,1.2]);
spectrum=fft(y1,512);
```

```

normspectrum=spectrum.*conj(spectrum)/512;
f1=100*(0:255)/512;
figure(4)
plot(f1,normspectrum(1:256))
axis([0 max(f1) 0 10])
grid
y2=conv(y1,y1);
figure(5)
plot(x(1:1000),y2(1:1000),'LineWidth',2);
grid
spectrum=fft(y2,512);
normspectrum=spectrum.*conj(spectrum)/512;
f2=100*(0:255)/512;
figure(6)
plot(f2,normspectrum(1:256)/1000)
axis([0 max(f2) 0 10])
grid
end

```

3.3 Результаты работы

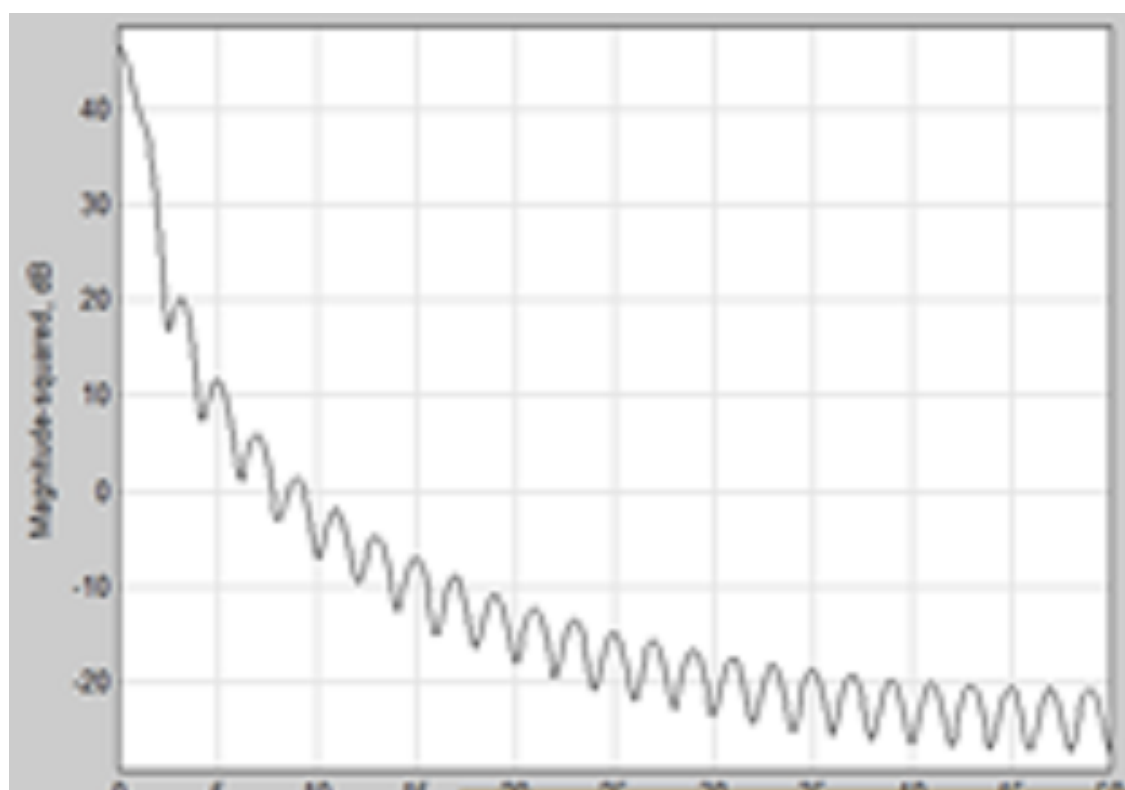


рис. 5. спектр прямоугольного сигнала

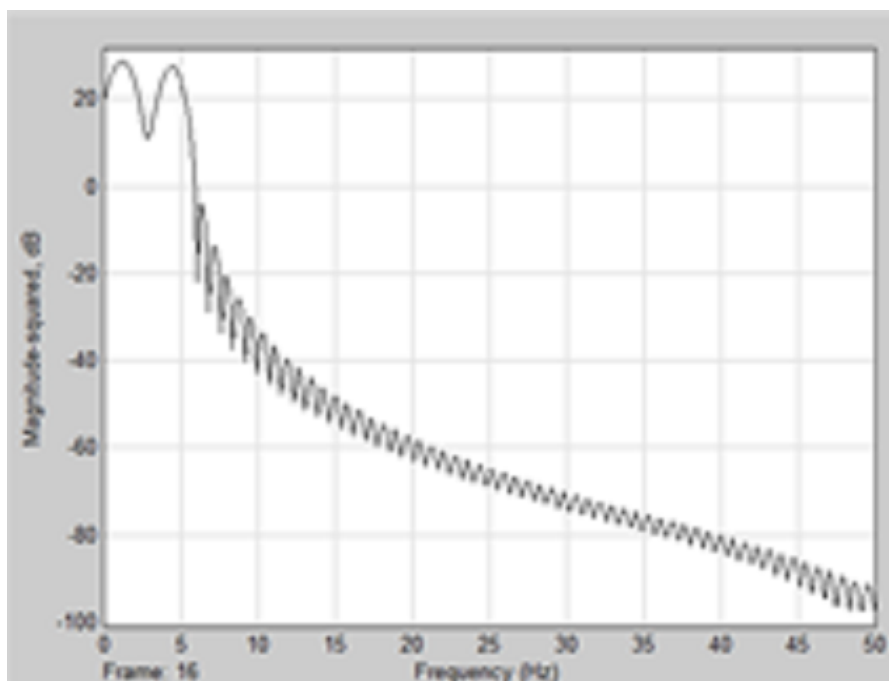


рис. 6. спектр полигармонического сигнала

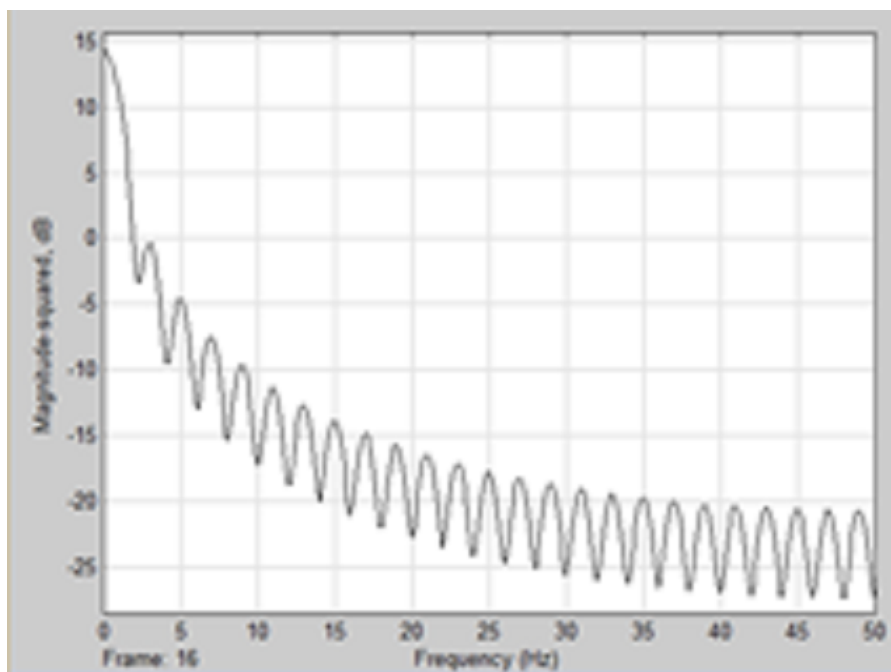


рис. 7. спектр треугольного сигнала

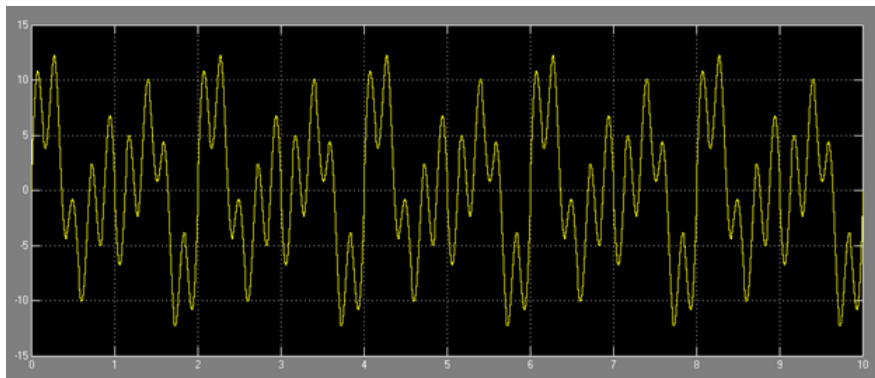


рис. 8 полигармонический сигнал

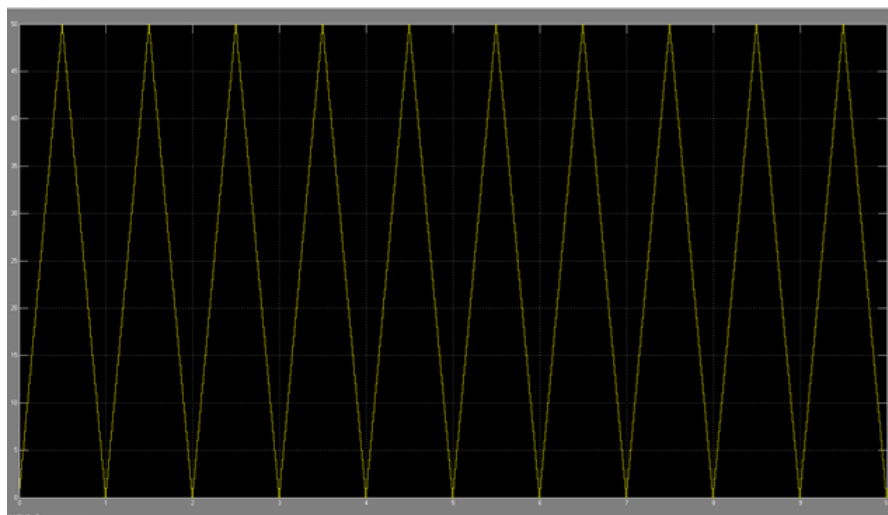


рис. 9 треугольный сигнал

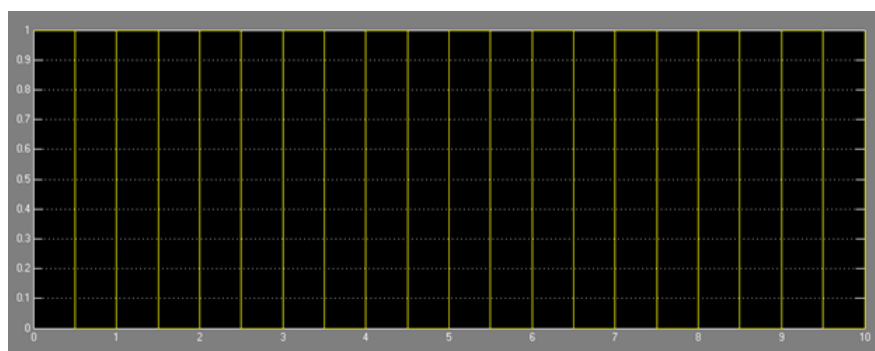


рис. 10 прямоугольный сигнал

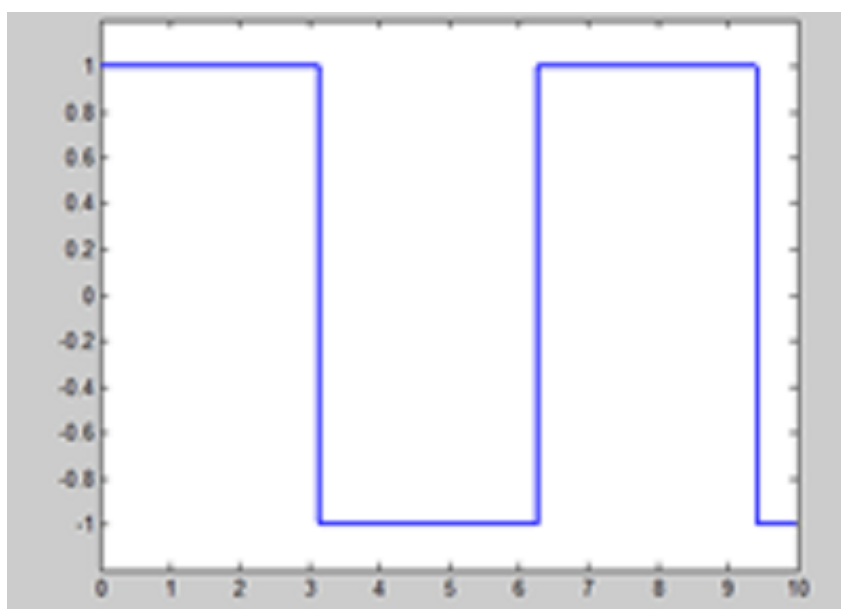


рис. 11 прямоугольный сигнал

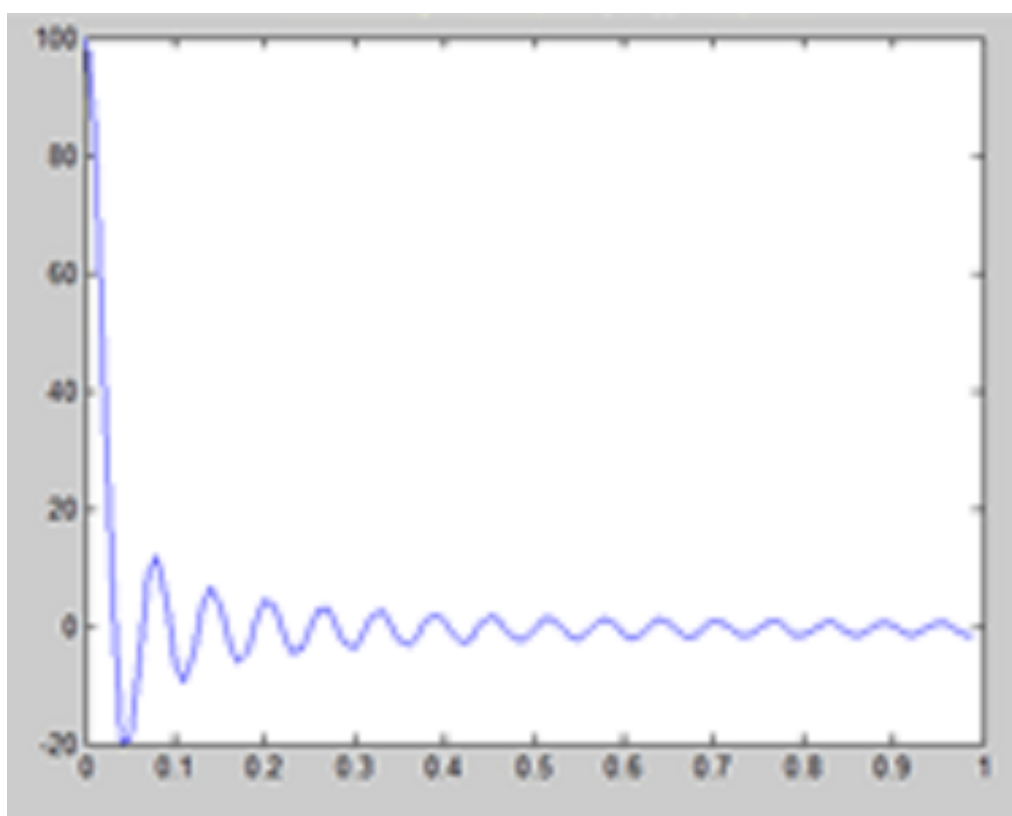


рис. 12 полигармонический сигнал

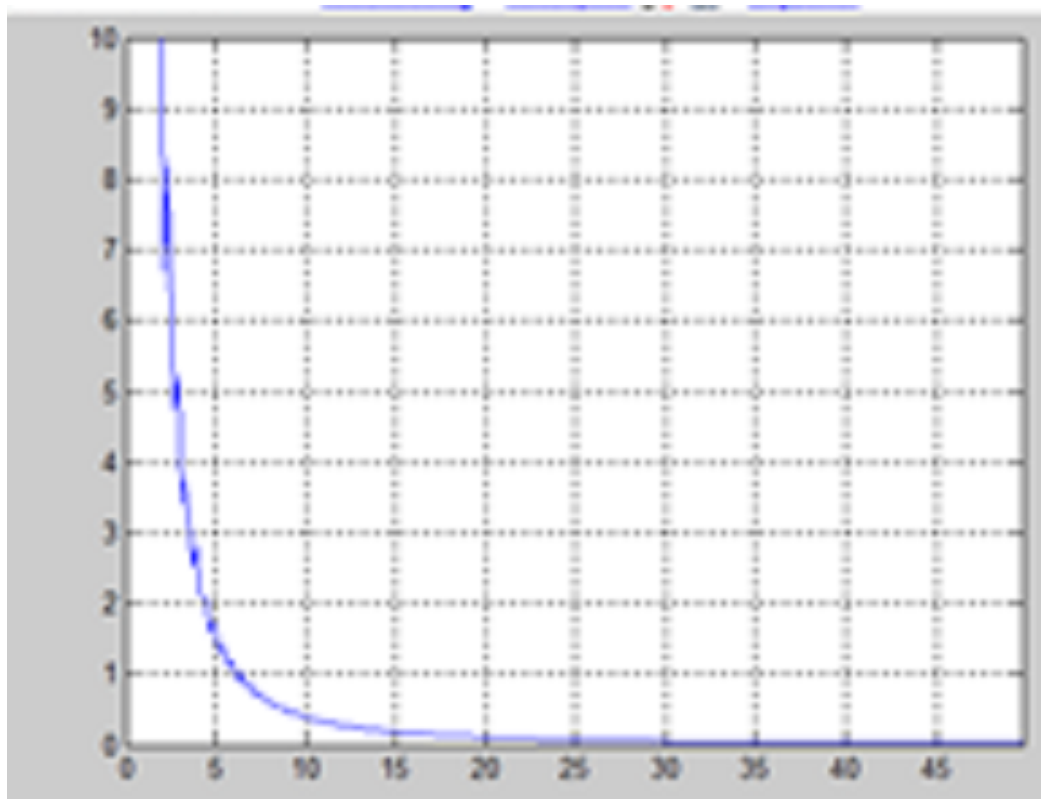


рис. 13 спектр треугольного сигнала

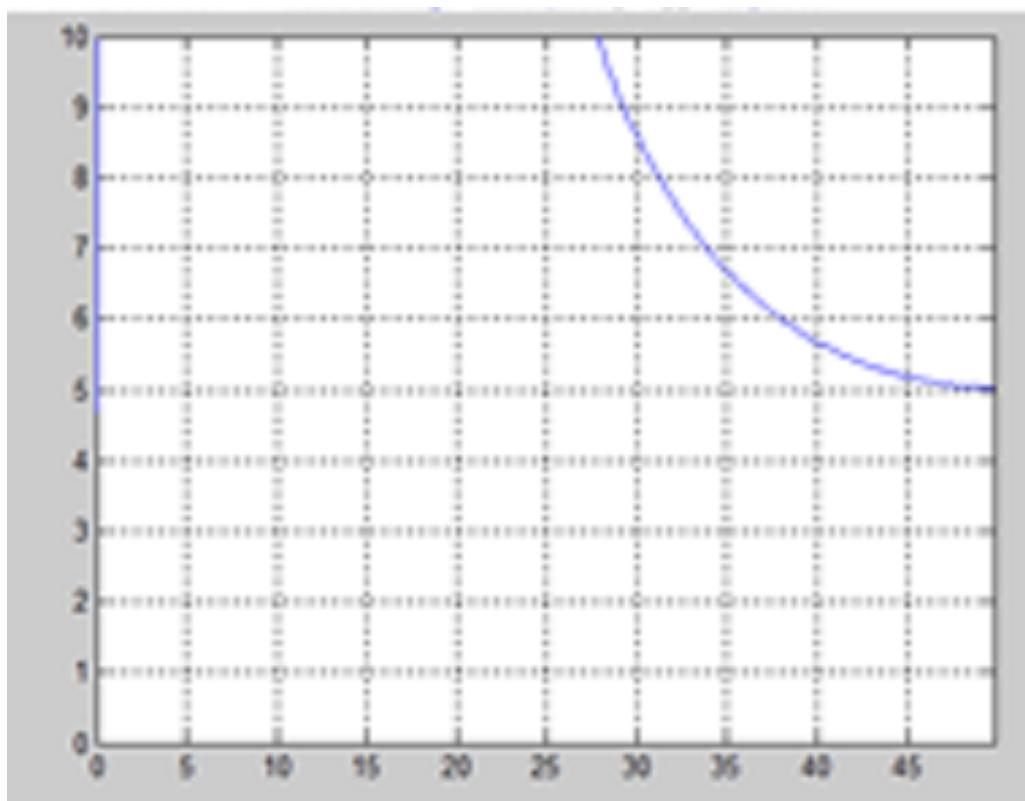


рис. 14 спектр прямоугольного сигнала

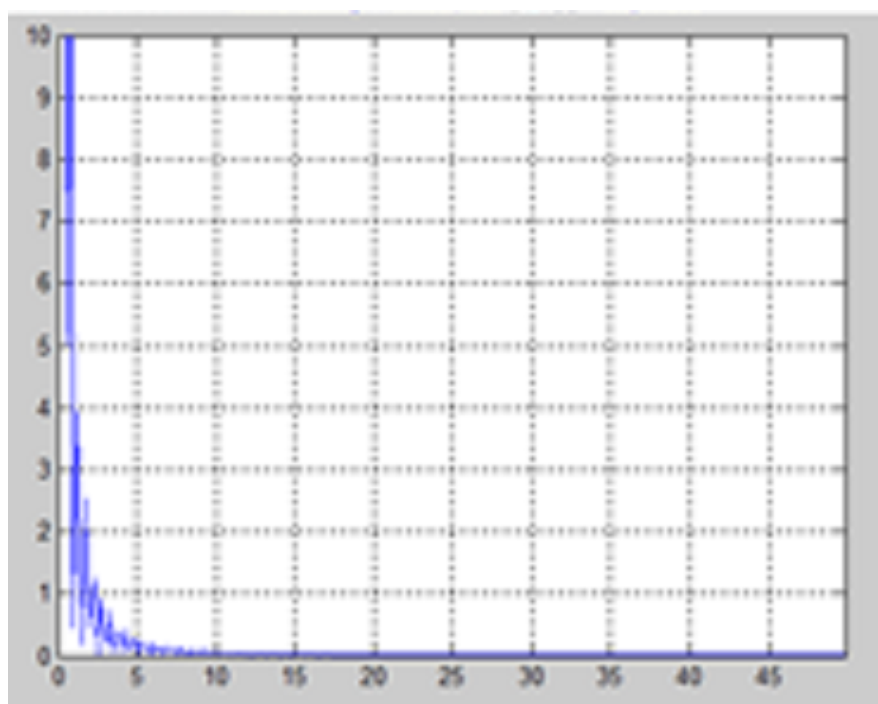


рис. 15 спектр полигармонического сигнала

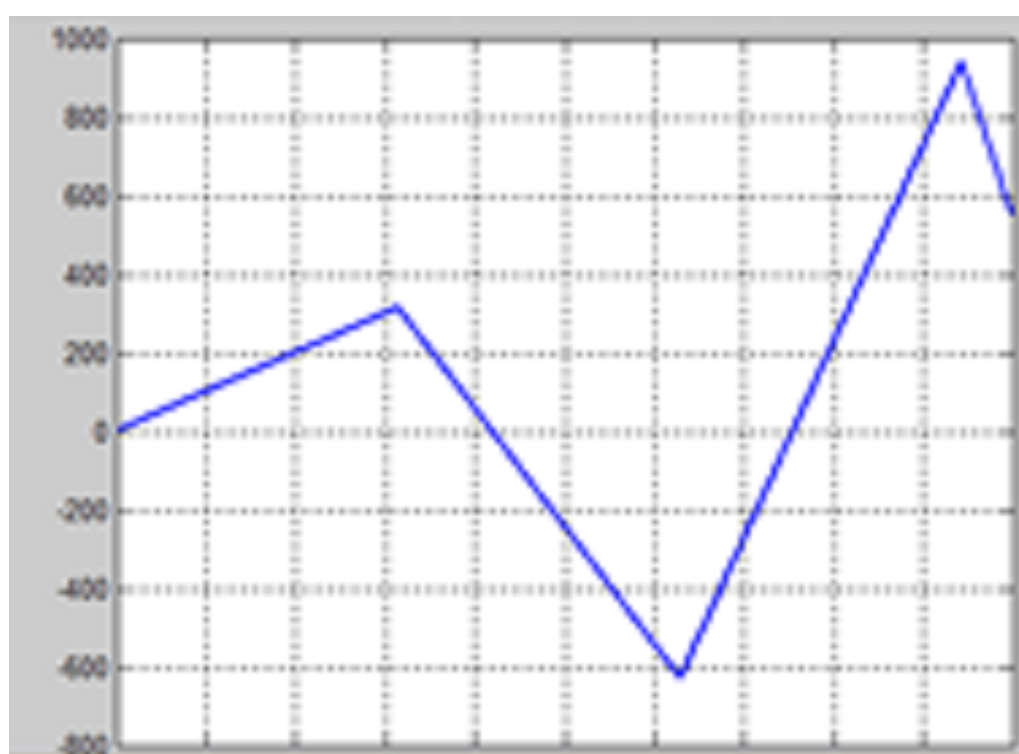


рис. 16 треугольный сигнал

Глава 4

Линейная фильтрация

4.1 Алгоритм работы

Сгенерировать гармонический сигнал с шумом и синтезировать ФНЧ. Получить сигнал во временной и частотной областях до и после фильтрации. Сделать выводы о воздействии ФНЧ на спектр сигнала.

4.2 Код MATLAB

```
function seti6()

    x = 0:0.01:4*pi;
    f=100*(0:255)/512;
    figure(1)
    noise=rand(size(x));
    y = sin(2*pi*x);
    ynoisy = y+0.3*noise;
    plot(x(1:200),y(1:200))
    title('Исходный сигнал')
    grid
    figure(2)
    plot(x(1:200),ynoisy(1:200))
    title('Исходный сигнала с шумом')
    grid
    [B,A] = butter(16,0.98); B=B./sum(B);
    A=A./sum(A);
    figure(3)
    yfiltered = conv(ynoisy,[B,A]);
    plot(x(1:200),yfiltered(1:200))
    title('Отфильтрованный зашумленный сигнал')
    grid
    figure(4)
    normalspectrum = fft(y,512);
    normspectrum = normalspectrum.*conj(normalspectrum)/512;
    plot(f,normspectrum(1:256))
```

```

axis([0 max(f) 0 2])
title('Спектр исходного сигнала')
grid
figure(5)
noisyspectrum = fft(ynoisy,512);
normnoisyspectrum = noisyspectrum.*conj(noisyspectrum)/512;
plot(f,normnoisyspectrum(1:256))
axis([0 max(f) 0 2])
title('Спектр зашумленного сигнала')
grid
figure(6)
spectrum = fft(yfiltered,512);
normfilterspectrum=spectrum.*conj(spectrum)/512;
plot(f,normfilterspectrum(1:256))
axis([0 max(f) 0 2])
title('Спектр отфильтрованного сигнала')
grid
end

```

4.3 Результаты работы

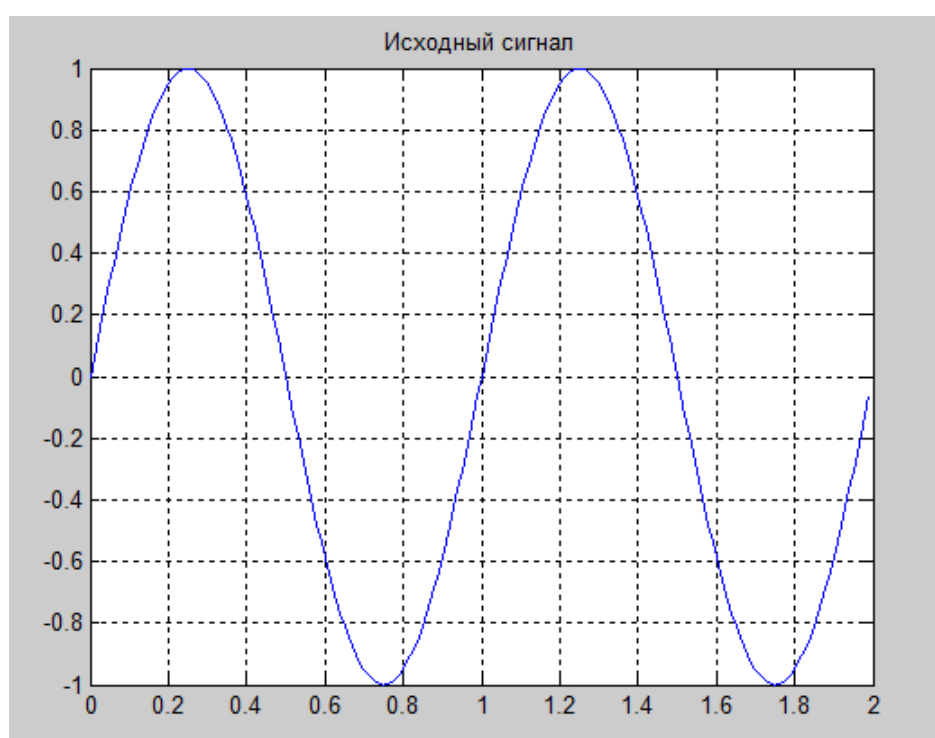


рис.17. Исходный сигнал

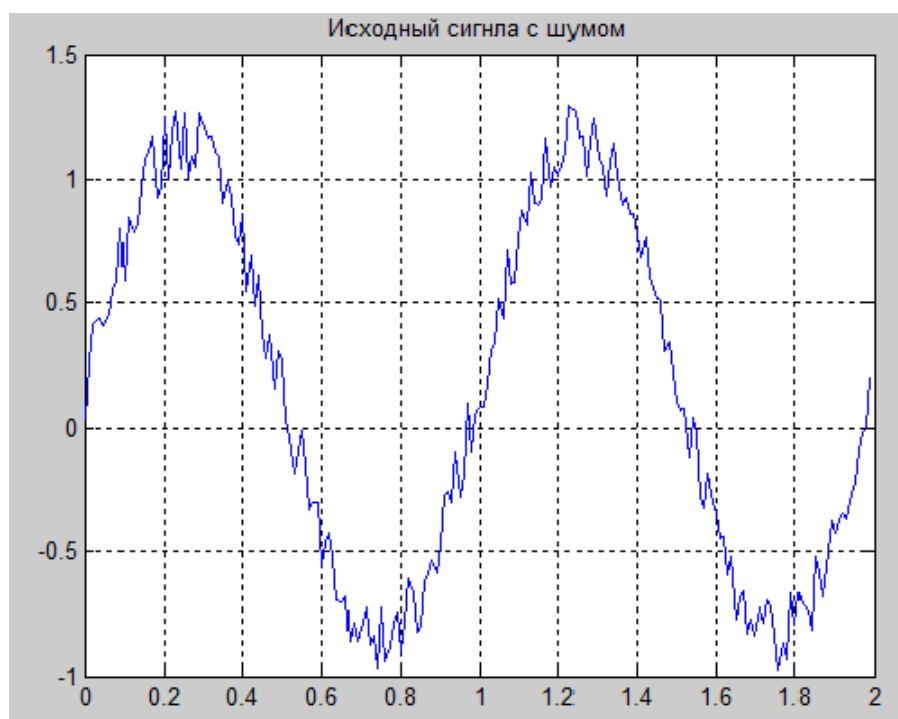


рис.18. Зашумленный сигнал

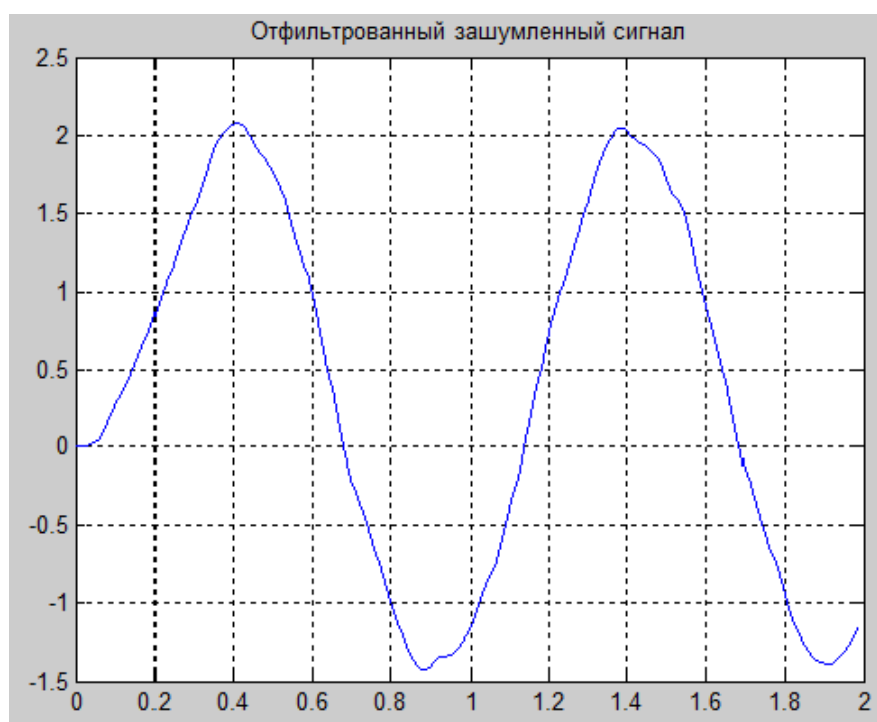


рис.19. Отфильтрованный сигнал

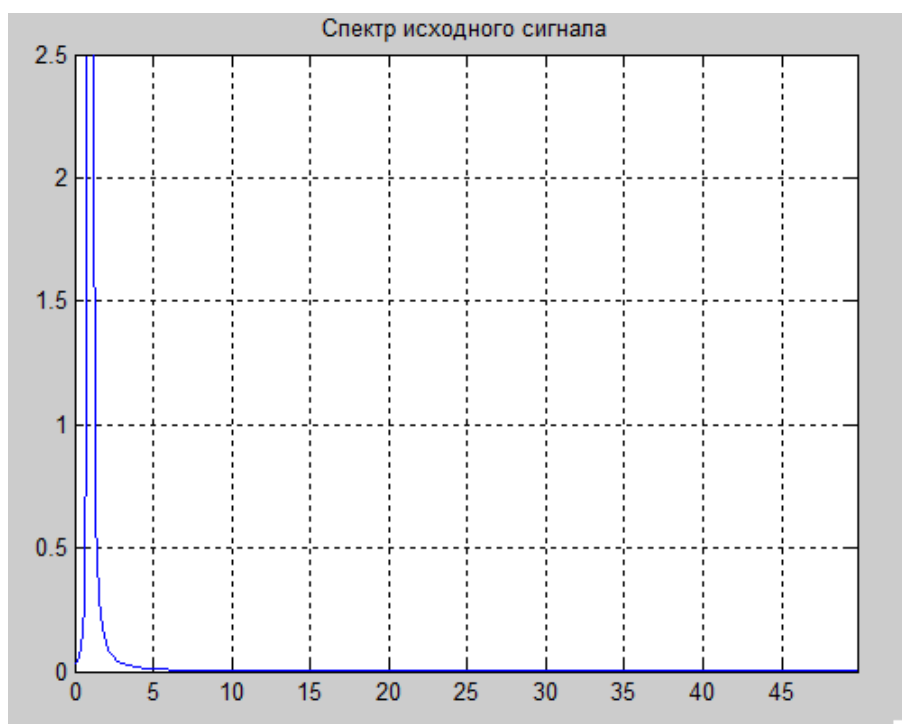


рис.20. Спектр исходного сигнала

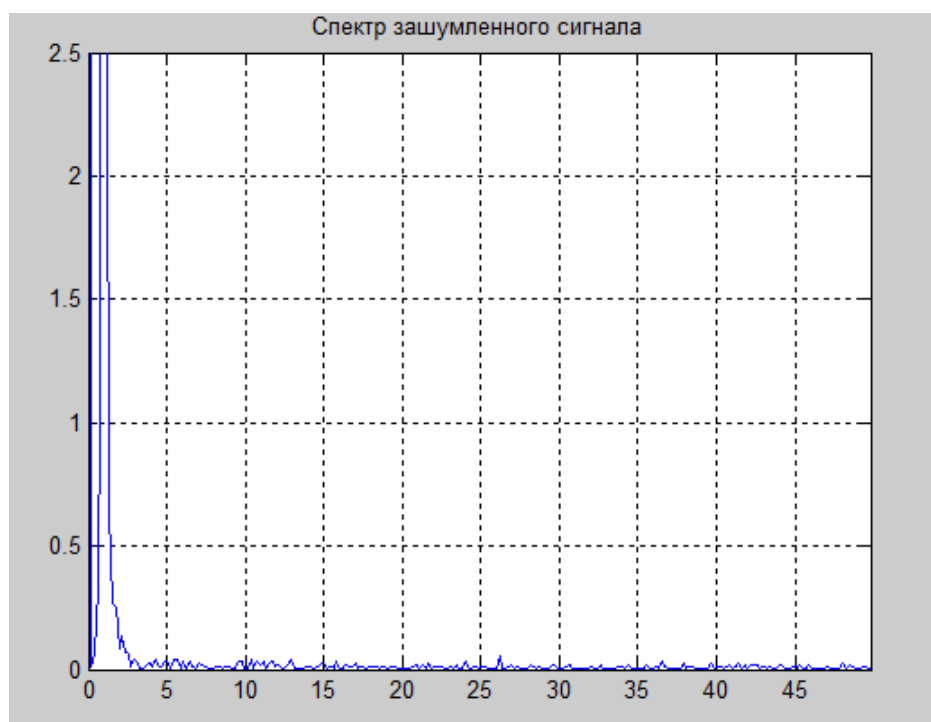


рис.21. Спектр зашумленного сигнала

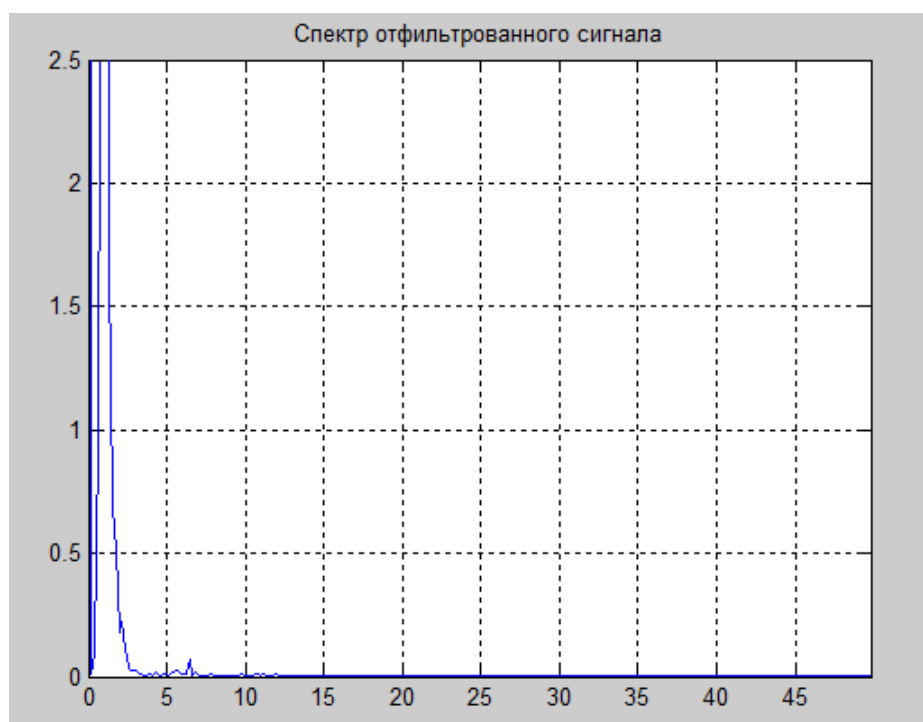


рис.21. Спектр отфильтрованного сигнала

Глава 5

Аналоговая модуляция

5.1 Алгоритм работы

- Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты.
- Выполнить амплитудную модуляцию, используя встроенную функцию MATLAB.
- Получить спектр модулированного сигнала.
- Выполнить модуляцию с подавлением несущей.
- Получить спектр.
- Выполнить однопосную модуляцию
- Выполнить синхронное детектирование и получить исходный однопосный сигнал
- Рассчитать КПД модуляции

5.2 Код MATLAB

```
function seti7()
close all;
x = 0:0.01:4*pi;
f0 = 0.5;

y = sin(2*pi*f0*x);
figure(1)
plot(x(1:1000),y(1:1000), 'LineWidth', 1)
title('Однотоновый сигнал низкой частоты')
grid

spectrum = fft(y, 1024);
normspectrum = spectrum.*conj(spectrum)/1024;
f = 100*(0:255)/1024;
```

```

figure(2)
plot(f, normspectrum(1:256), 'LineWidth', 1)
axis([0 max(f) 0 150])
title('Спектр исходного сигнала')
grid

Fc = 10*f0;
Fs = 100*f0;
U = ammod(y, Fc, Fs, 0, 1);
figure(3)
plot(x(1:1000), U(1:1000), 'LineWidth', 1)
title('Модулированный сигнал')
grid

uspectrum = fft(U, 1024);
normuspectrum = uspectrum.*conj(uspectrum)/1024;
figure(4)
plot(f, normuspectrum(1:256))
axis([0 max(f) 0 70])
title('Спектр модулированного сигнала')
grid

Fc = 10*f0;
Fs = 100*f0;
U = ammod(y, Fc, Fs);
figure(5)
plot(x(1:1000), U(1:1000), 'LineWidth', 1)
title('Модуляция с подавлением несущей')
grid

uspectrum = fft(U, 1024);
normuspectrum = uspectrum.*conj(uspectrum)/1024;
figure(6)
plot(f, normuspectrum(1:256))
axis([0 max(f) 0 70])
title('Спектр модулированного сигнала с подвалением несущей')
grid

Fc = 10*f0;
Fs = 100*f0;
U = ssbmod(y, Fc, Fs, [], 'upper');
figure(7)
plot(x(1:500), U(1:500), 'LineWidth', 1)
title('Однополосая модуляция')
grid

uspectrum = fft(U, 1024);
normuspectrum = uspectrum.*conj(uspectrum)/1024;
figure(8)
plot(f, normuspectrum(1:256))

```

```

axis([0 max(f) 0 70])
title('Спектр однополосной модуляции')
grid

[b, a] = butter(10, Fc*2/Fs);
z = ssbdemod(U, Fc, Fs, 0, b, a);
figure(9)
plot(x(1:1000), z(1:1000), 'LineWidth', 1)
title('Синхронное детектирование')
grid

duspectrum = fft(U, 1024);
normduspectrum = duspectrum.*conj(duspectrum)/1024;
figure(10)
plot(f, normduspectrum(1:256))
axis([0 max(f) 0 70])
title('Спектр детектированного сигнала')
grid

M = 0.5;
n = M*M/(M*M+2)
end

```

5.3 Результаты работы

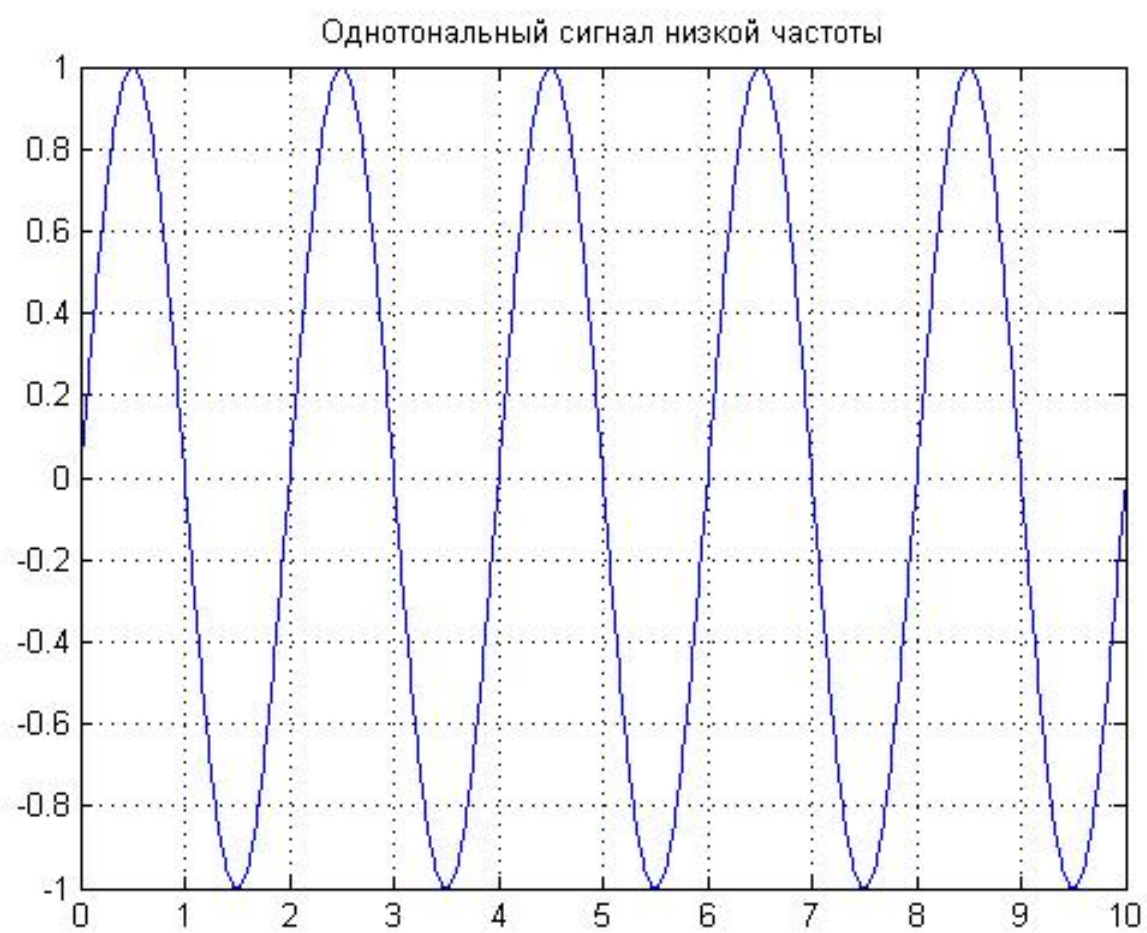


рис. Исходный сигнал

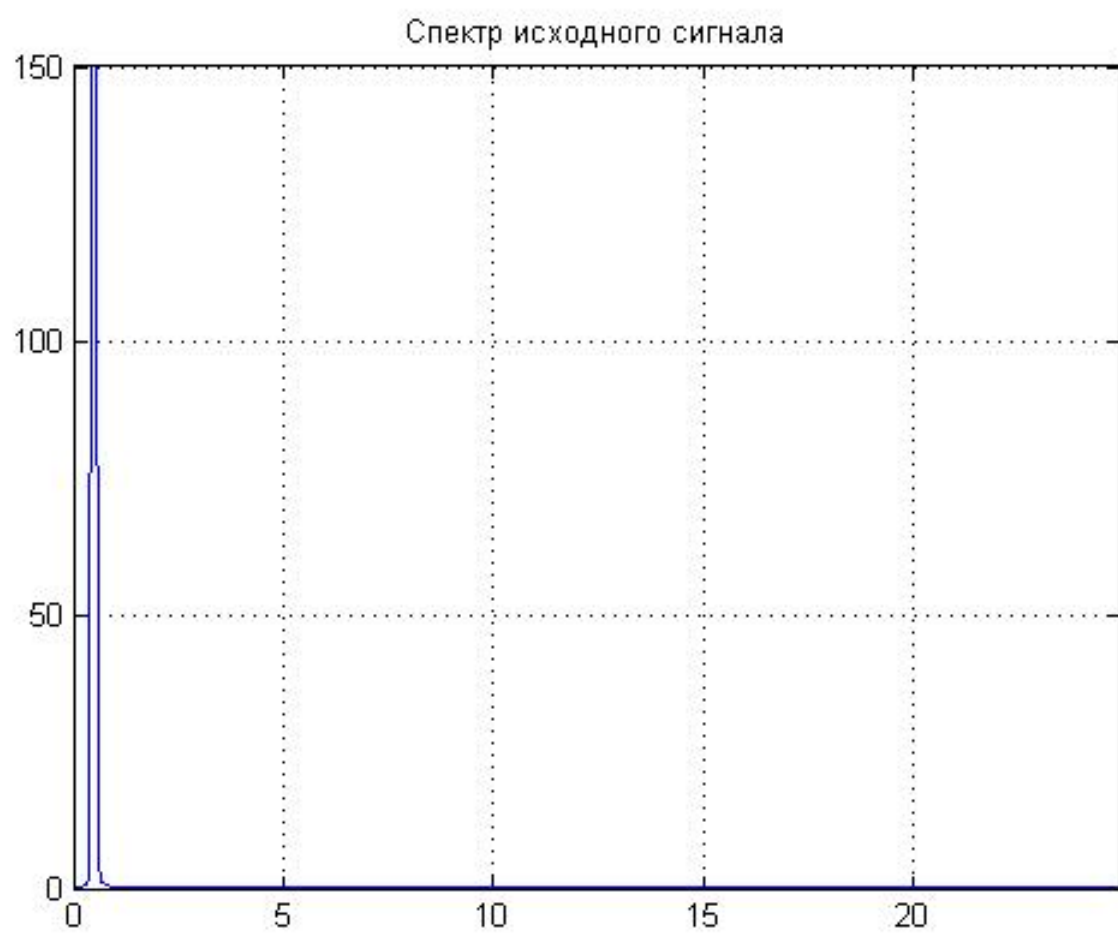


рис. спектр исходного сигнала

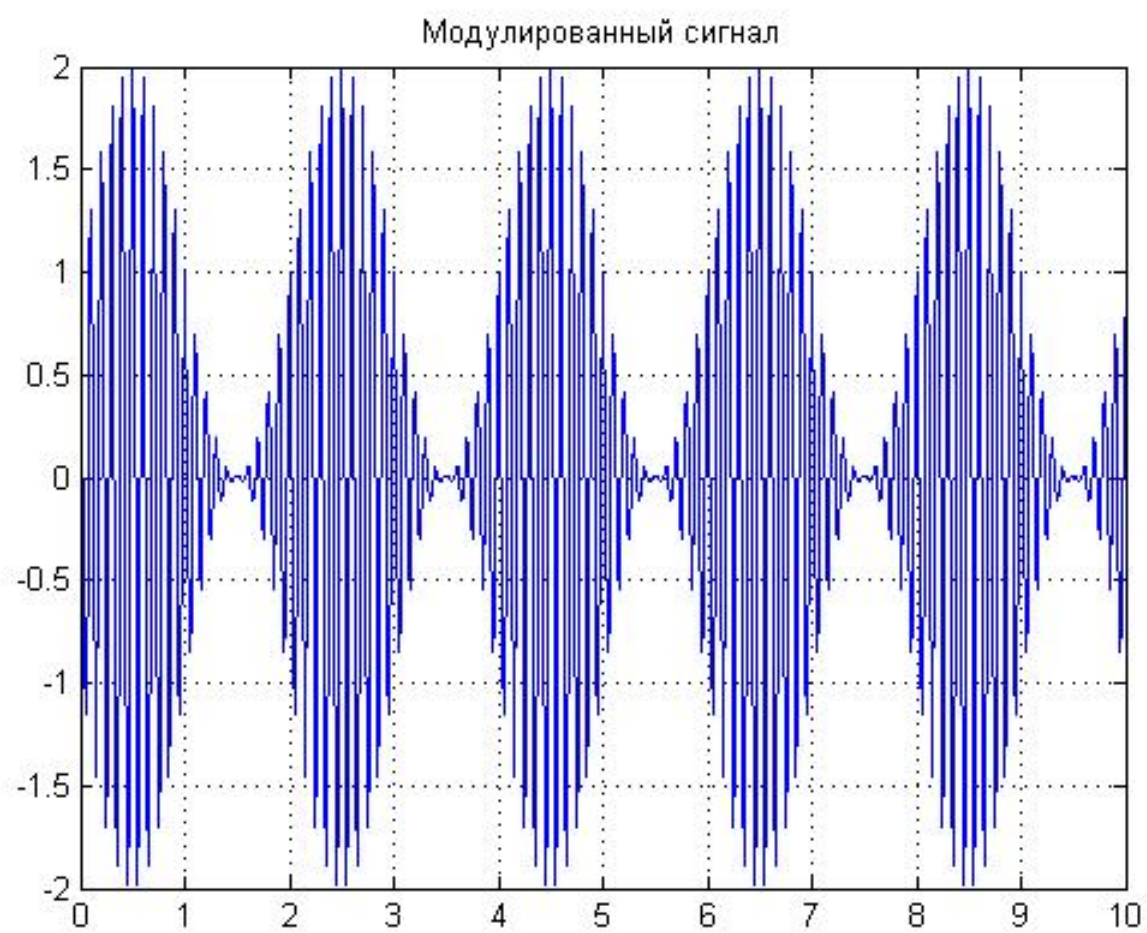


рис. Модулированный сигнал

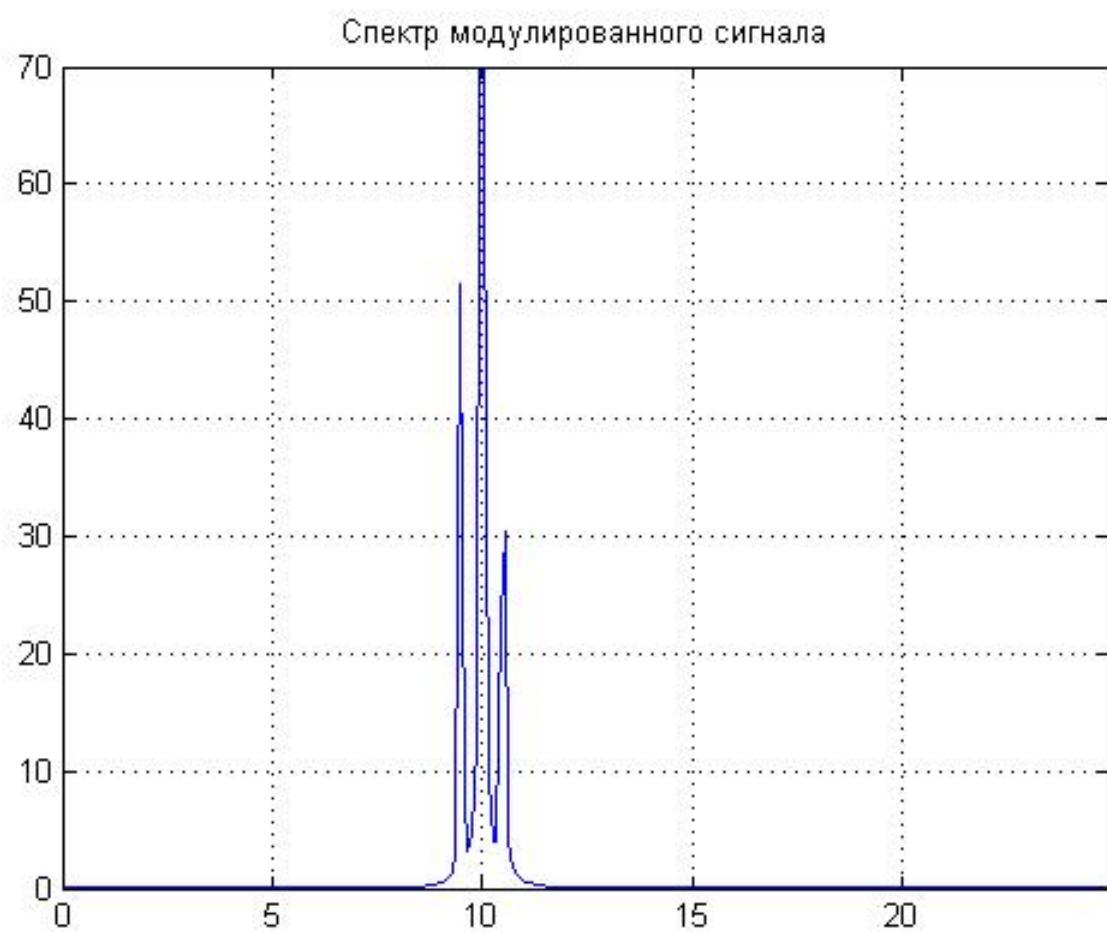


рис. Спектр модулированного сигнала

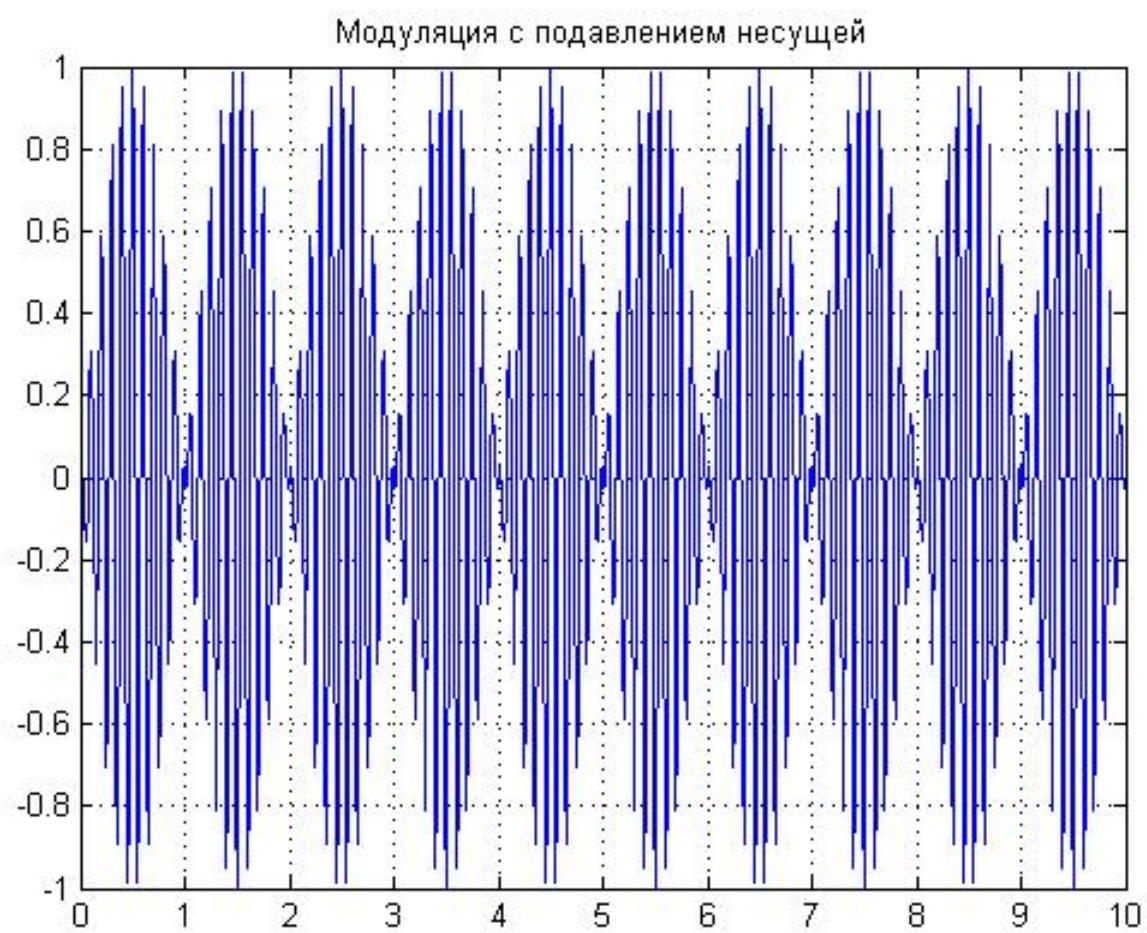


рис. Сигнал с подавлением несущей



рис. Спектр сигнала с подавлением несущей

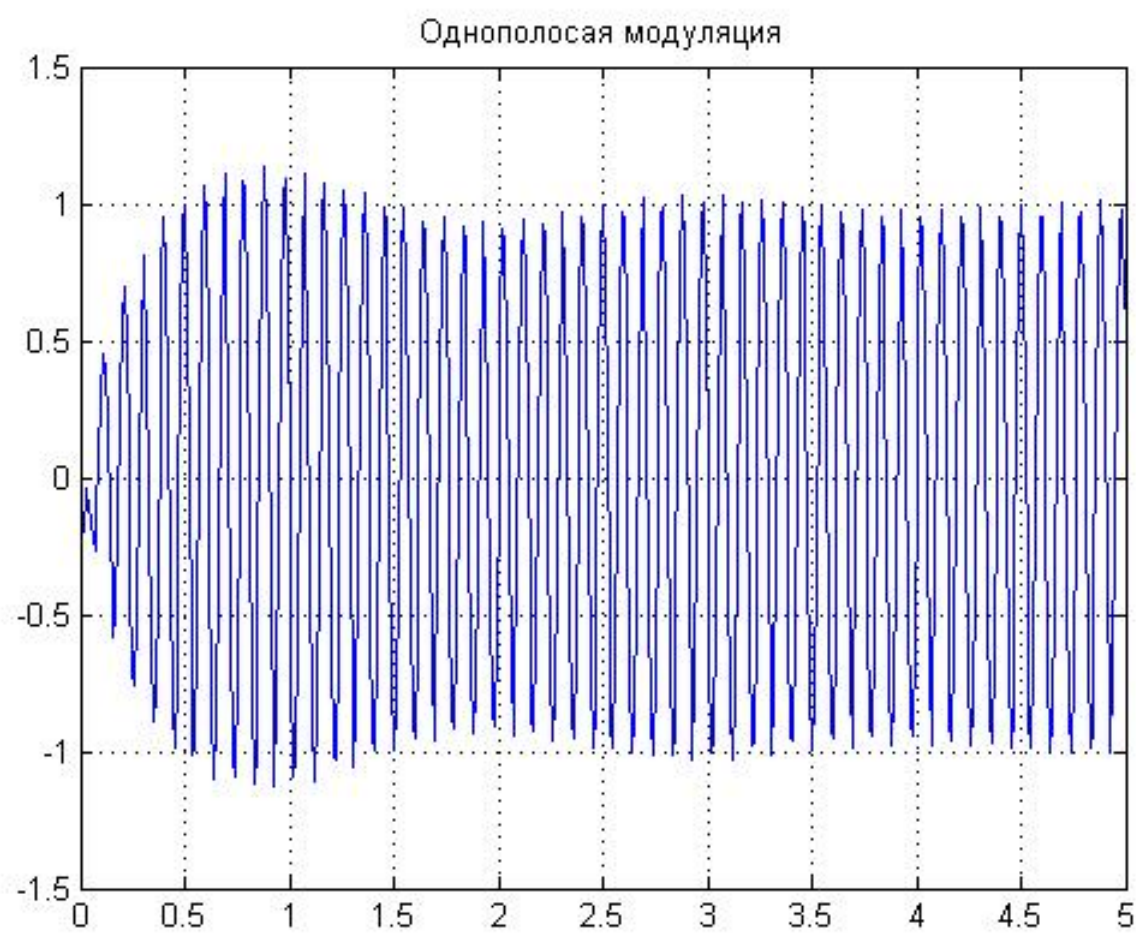


рис. Одгполосный сигнал

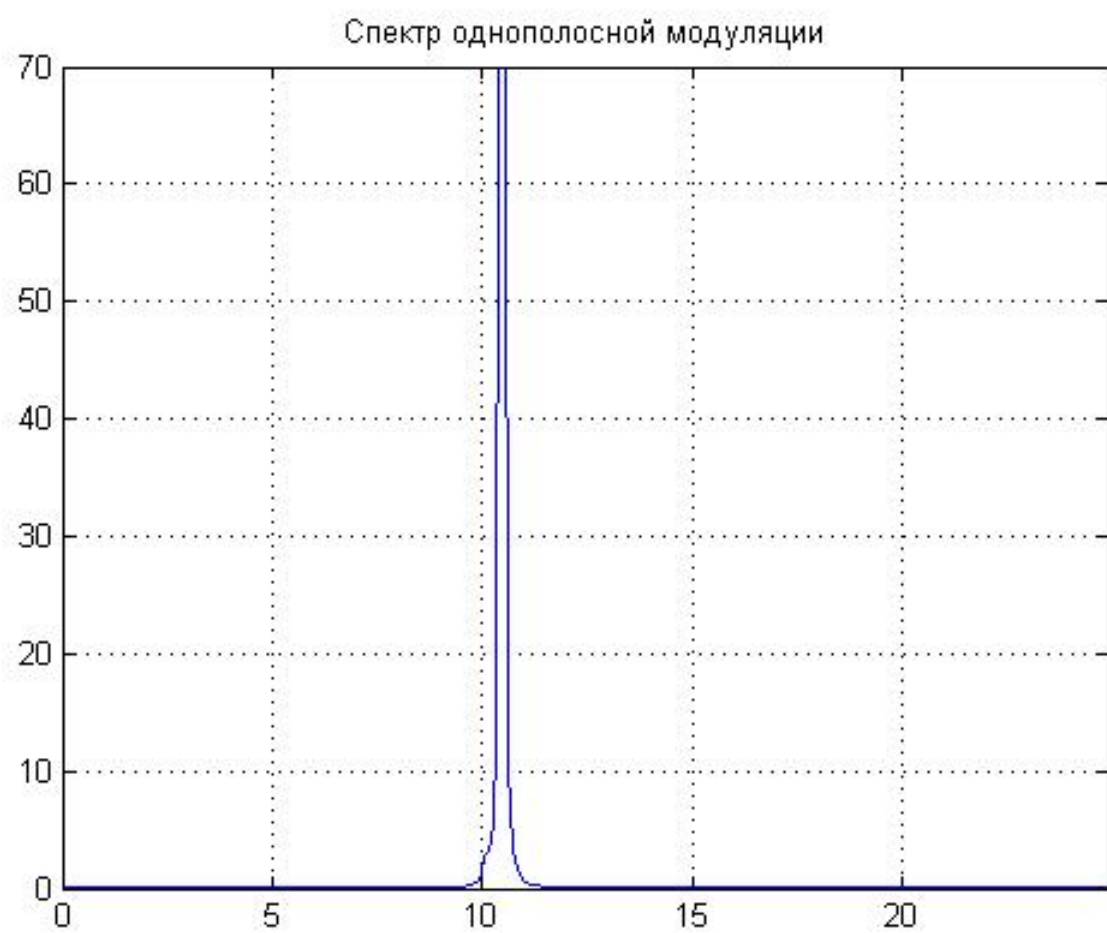


рис. Спектр однополосного сигнала

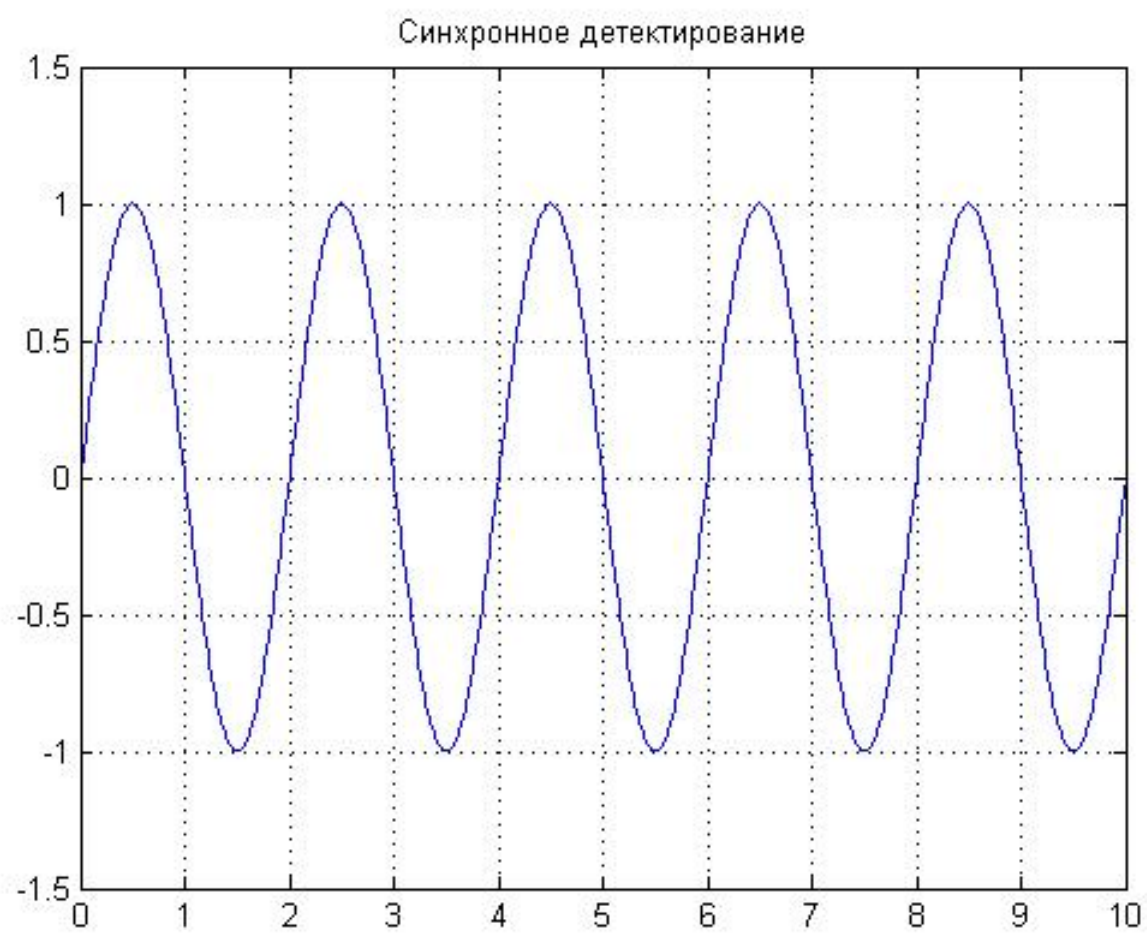


рис.детектированный сигнал

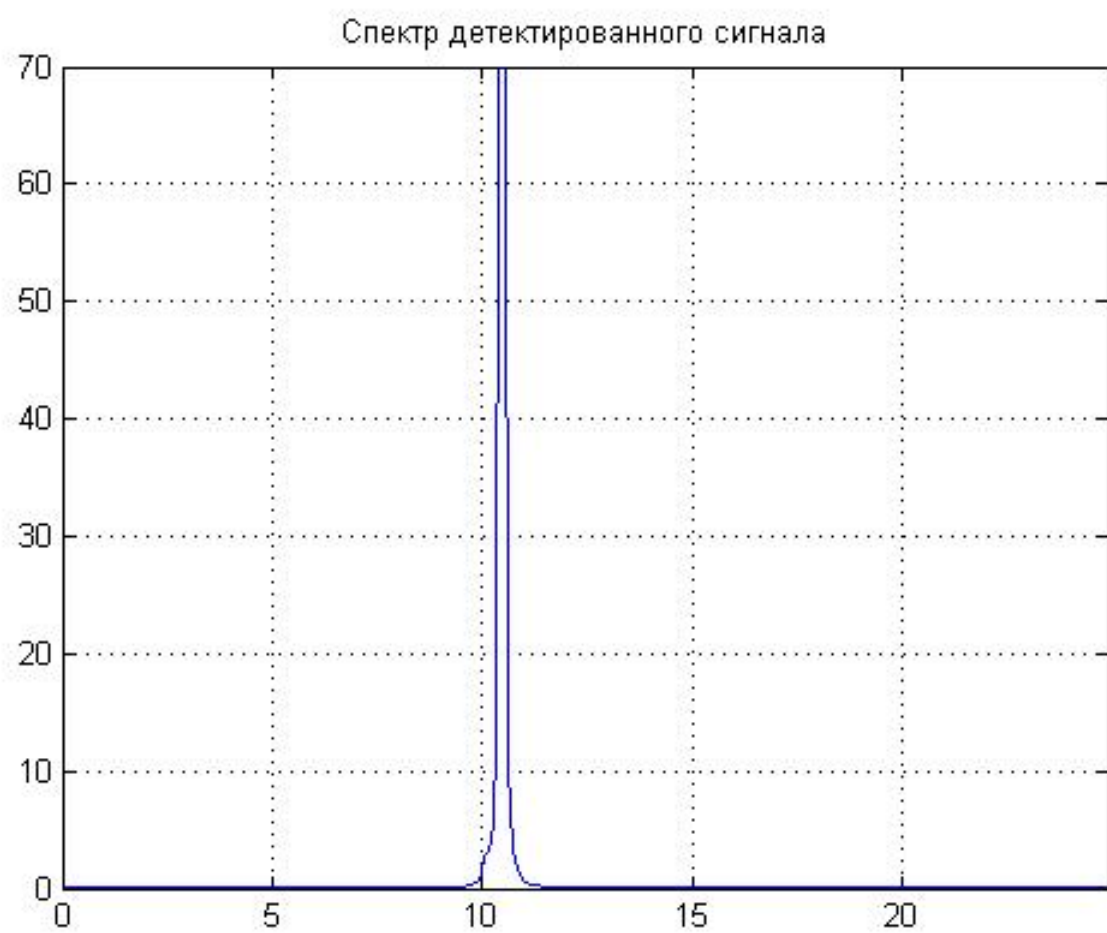


рис. Спектр детектированного сигнала

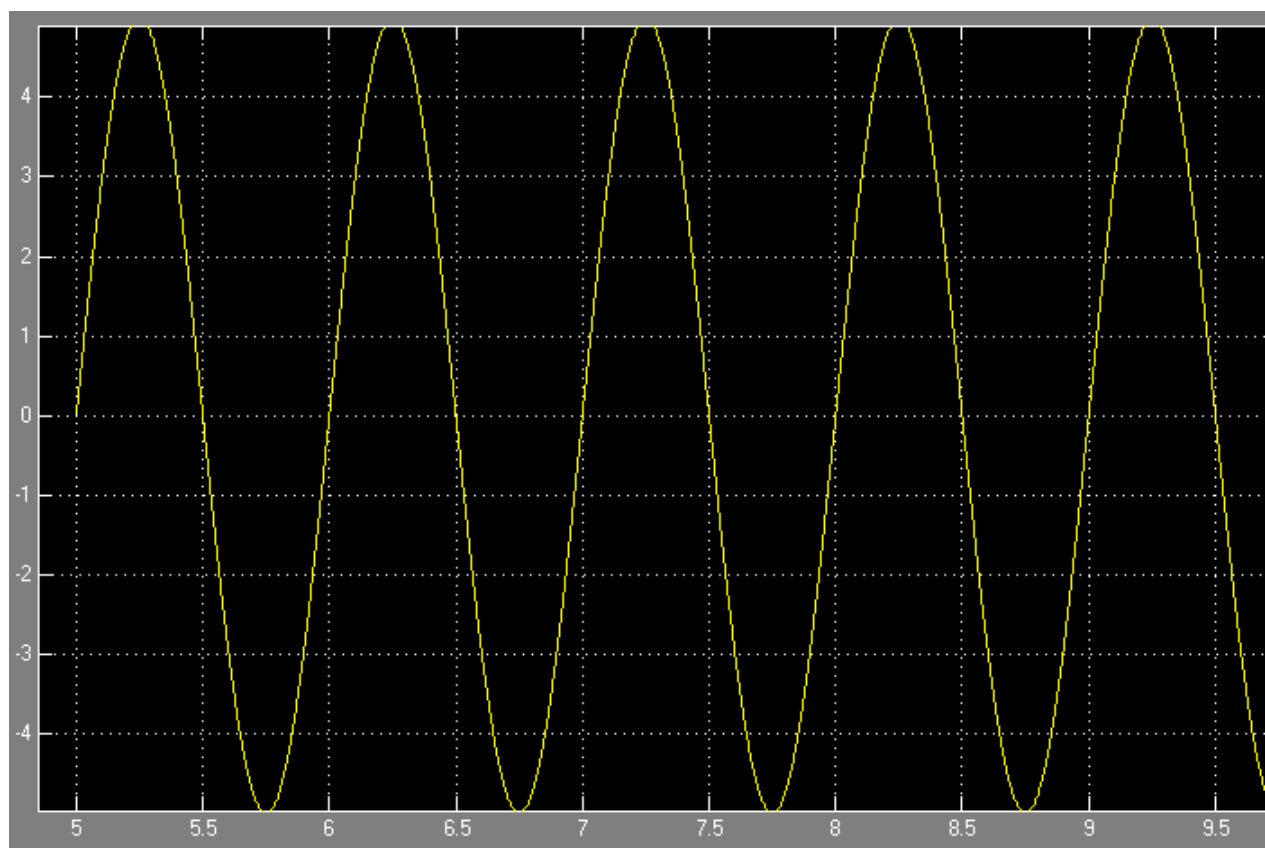


рис. Исходный сигнал. Simulink

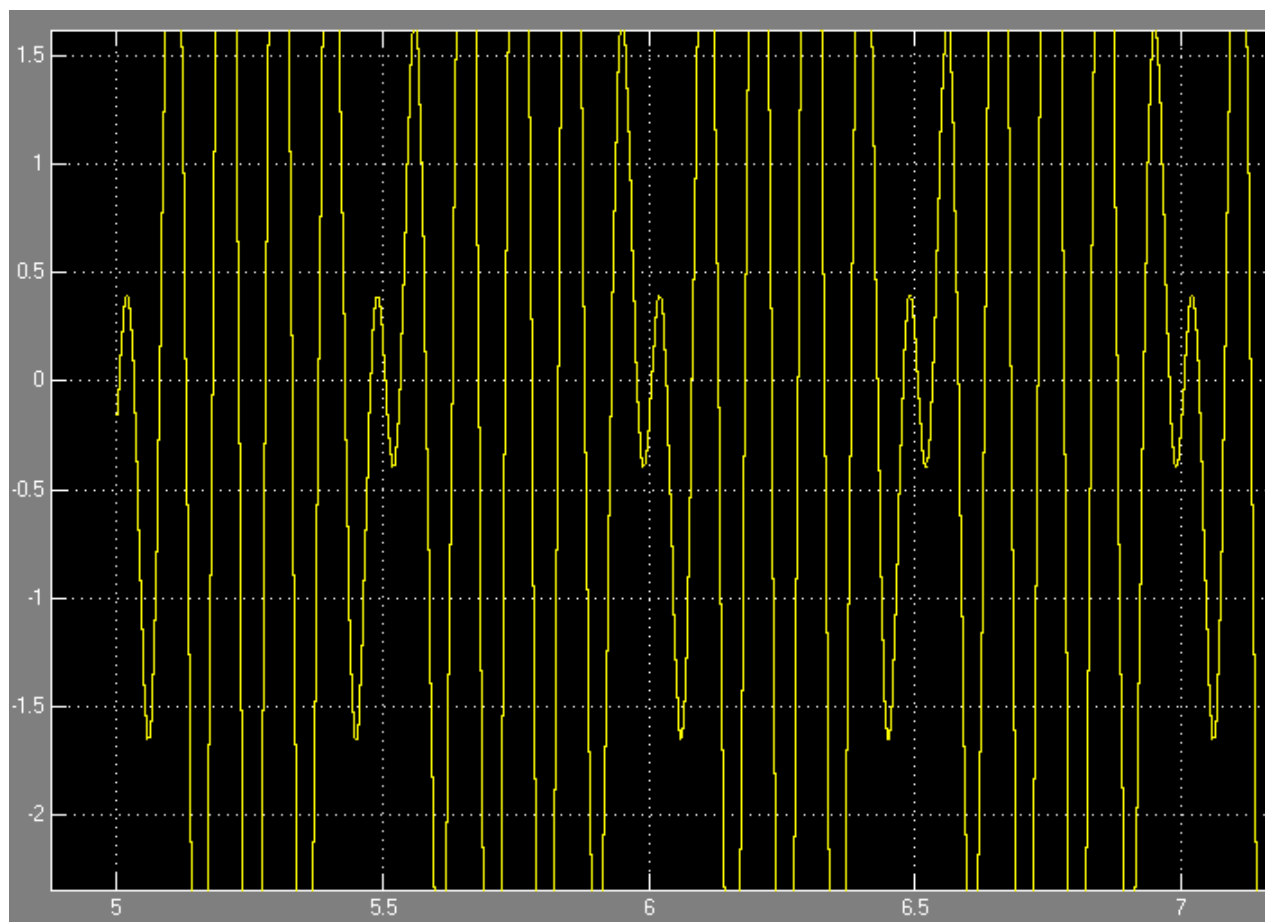


рис.Модуляция Simulink

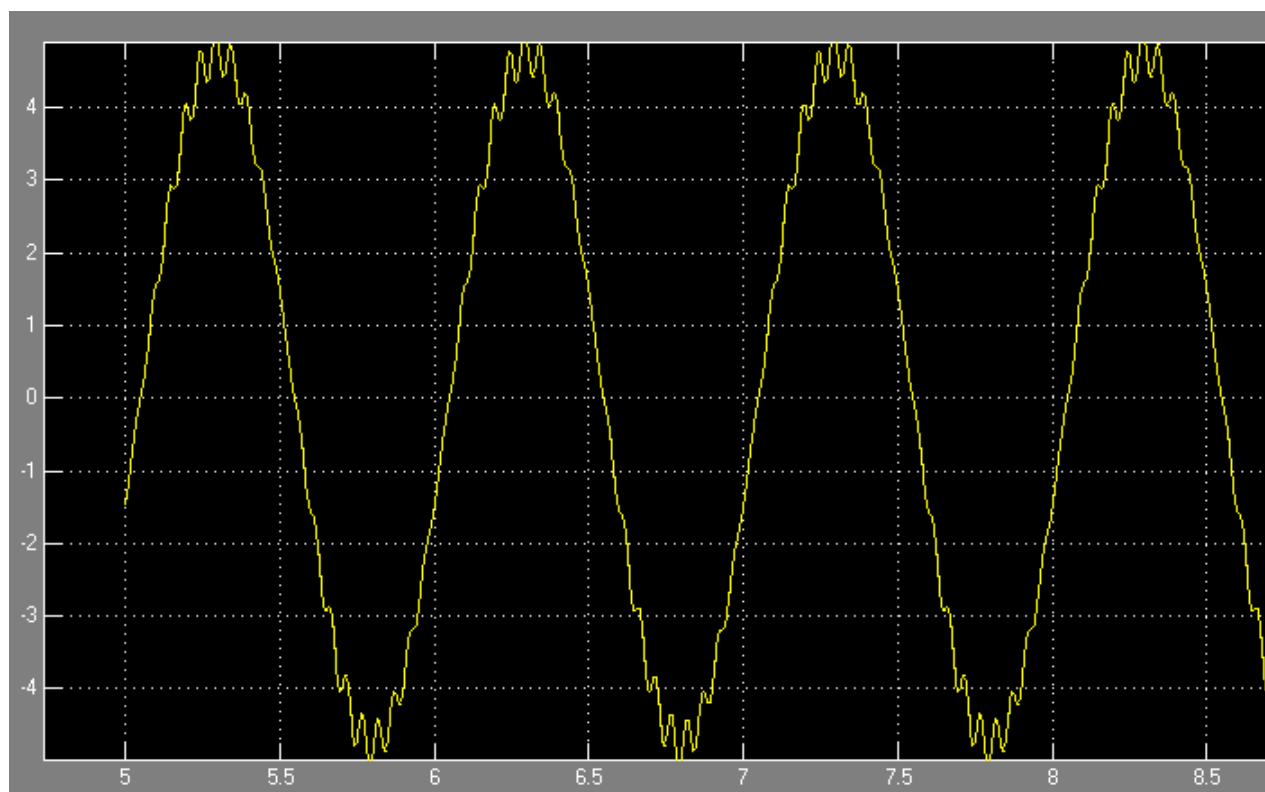


рис.Демодуляция. Simulink

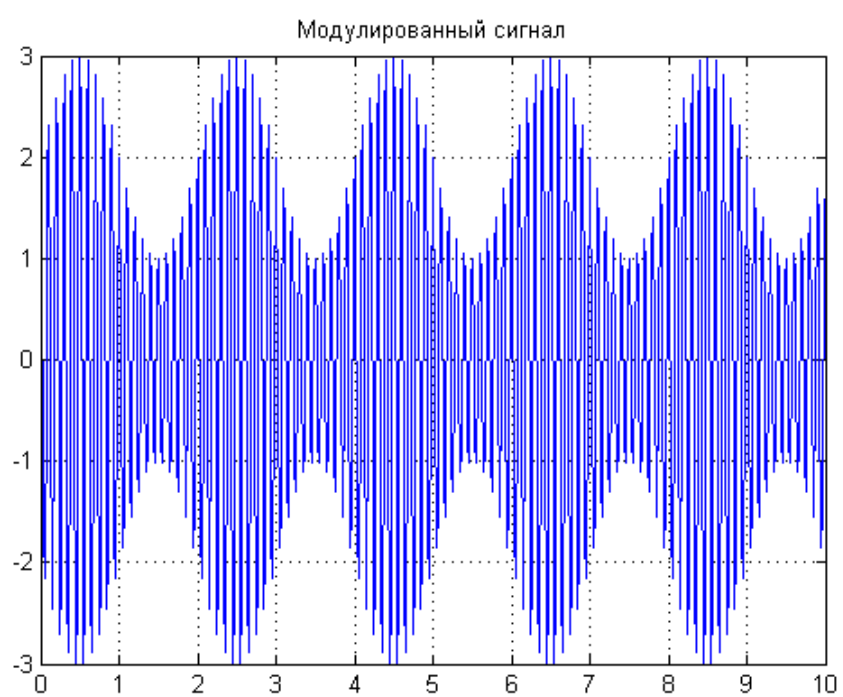


рис. Модулированный сигнал с коэффициентом 2

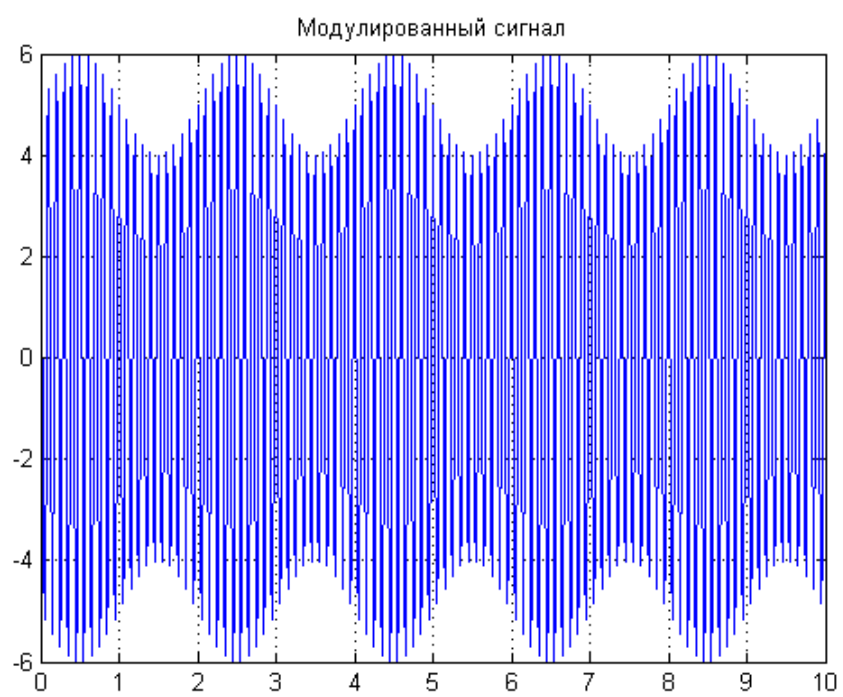


рис. Модулированный сигнал с коэффициентом 5

Глава 6

Вывод

В данной лабораторной работе был получен спектр исходного сигнала и спектр зашумленного сигнала. Полученный спектр представляет собой одну гармонику синуса с определенной частотой, что объясняется наличием у сигнала одной частоты. Теоретически ожидалось получить один спектр, практически был получен спектр, который представляет собой узкую полосу на графике. Практические результаты оказались очень правдивыми. После нанесения шума на сигнал, был получен спектр зашумленного сигнала. Спектр зашумленного сигнала представляет собой прерывистые линии на графике. Таким образом спектр сигнала также оказался зашумленным.

В следующей лабораторной работе было проведено моделирование полигармонического сигнала

прямоугольного сигнала и треугольного сигнала. Были получены спектры данных сигналов. Для получения сигналов использовались математические формулы данных функций, а также средство моделирования Simulink. Обоиими способами были получены спектры сигналов. Частным случаем в работе было получение треугольного сигнала через применение операции свертки над произведением двух прямоугольных сигналов. Данная операция осуществляется как математически, так и при моделировании в среде Simulink. Обоснованием получения треугольного сигнала из свертки двух прямоугольных служит тот факт, что интеграл от произведения двух констант есть линейная функция. График такого преобразования будет представлять две линейных функции, одна из которых имеет положительный коэффициент наклона, а другая отрицательный.

В шестой лабораторной работе были исследованы синтез фильтра Баттерворта 16 порядка и фильтрация зашумленного сигнала с помощью данного фильтра. При фильтрации сигнала происходит игнорирование ненужных частот (частот шума), после чего сигнал приобретает более понятную форму, близкую к исходному. При этом фильтр полностью не срезаает все ненужные частоты в сигнале, это связано с заданной полосой пропускания, которая пропускает все частоты, что по своему значению больше заданной полосы пропускания. Также неполное срезание частот связано с тем, что вследствие нерезкого падения графика срезания частот самого фильтра, он успевает захватить еще несколько частот. Вследствие чего, данный фильтр не избавляет сигнал от шумов полностью.

$$\text{tri}(t) = \wedge(t) = \begin{cases} 1 - |t|; & |t| < 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

рис. 17 Формула полигармонического сигнала

Пусть $f, g : \mathbb{R}^d \rightarrow \mathbb{R}$ — две функции, интегрируемые относительно меры Лебега на пространстве \mathbb{R}^d . Тогда их свёрткой называется функция $f * g : \mathbb{R}^d \rightarrow \mathbb{R}$, определенная формулой

$$(f * g)(x) \stackrel{\text{def}}{=} \int_{\mathbb{R}^d} f(y) g(x - y) dy = \int_{\mathbb{R}^d} f(x - y) g(y) dy.$$

В частности, при $d = 1$ формула принимает вид:

$$(f * g)(x) \stackrel{\text{def}}{=} \int_{-\infty}^{\infty} f(y) g(x - y) dy = \int_{-\infty}^{\infty} f(x - y) g(y) dy.$$

Свёртка $(f * g)(x)$ определена при почти всех $x \in \mathbb{R}^d$ и интегрируема.

рис. Свёртка функций

В седьмой лабораторной работе были исследованы различные типы аналоговой модуляции (амплитудная, частотная, фазовая). В процессе модуляции исходного сигнала у него изменяются следующие параметры: амплитуда, частота и фаза. В ходе работы был поставлен опыт по изменению коэффициента модуляции с содержанием несущего сигнала. При увеличении данного параметра модуляция переносит исходный сигнал на более высокие частоты, при этом спектр модулированного сигнала представляет собой 3 вертикальных полосы, две из которых симметрично расположены относительно средней. Средняя полоса обозначает спектр несущего сигнала. В ходе работы была произведена модуляция с подавлением несущей. При этом происходит игнорирование несущего сигнала, который является основным источником информации по передаваемому каналу. Спектр такого сигнала представляет собой 2 вертикальных симметричных полосы, что говорит об отсутствии несущего сигнала. В работе была проведена модуляция однополосного сигнала. Данный сигнал используется для уменьшения мощности потребления энергии для переноса информации и для осуществления переноса информации на более дальние расстояния. Спектр такого сигнала представляет собой одну полосу, так как в нем исключены несущий сигнал и половина исходного. Также было произведено детектирование сигнала, в результате которого из модулированного сигнала был получен исходный сигнал со своим спектром и свойствами. Спектр полученного сигнала отличается от начального. В результате вычисления КПД установлено, что с ростом коэффициента модуляции растет и КПД сигнала, что сказывается на более точной передаче информации. КПД = 0.9259 для коэффициента = 5.

$$\text{rect}(t) = \Pi(t) = \begin{cases} 0, & |t| > \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2}, & |t| = \frac{1}{2} \\ 1, & |t| < \frac{1}{2} \end{cases}$$

рис. Прямоугольная функция

$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] \delta[n-k],$$

рис. Спектр сигнала. Математическое представление