

Отчет по лабораторной работе №4 - 5

Шайхенуров Р.Р.

25 мая 2018 г.

1 Цель работы

Изучение амплитудной частотной и фазовой модуляции/демодуляции сигнала.

2 Постановка задачи

1. Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты.
2. Выполнить амплитудную модуляцию (АМ) сигнала по закону

$$u(t) = (1 + MU_m \cos(\Omega t)) \cos(\omega_0 t + \phi_0)$$

для различных значений глубины модуляции M . Используйте встроенную функцию MatLab *ammod*.

Выполнить фазовую модуляцию/демодуляцию сигнала по закону

$$u(t) = U_m \cos(\Omega t + ks(t))$$

используя встроенную функцию MatLab *pmmod*, *pmdemod*

3. Получить спектр модулированного сигнала.
4. Выполнить модуляцию с подавлением несущей.

$$u(t) = MU_m \cos(\Omega t) \cos(\omega_0 t + \phi_0)$$

получить спектр.

5. Выполнить однополосную модуляцию:

$$u(t) = U_m \cos(\Omega t) \cos(\omega_0 t + \phi_0) + \frac{U_m}{2} \sum_{n=1}^N M_n (\cos(\omega_0 + \Omega_n)t + \phi_0 + \Phi_n)$$

положив $n=1$.

6. Выполнить частотную модуляцию/демодуляцию по закону

$$u(t) = U_m \cos(\omega_0 t + k \int_0^t s(t) dt + \phi_0)$$

используя встроенные функции MatLab *fmmod*, *fmdemod*.

7. Выполнить синхронное детектирование и получить исходный однополосный сигнал.
8. Рассчитать КПД модуляции.

$$\eta_{AM} = \frac{U_m^2 M^2 / 4}{P_U} = \frac{M^2}{M^2 + 2}$$

3 Теоретический раздел

Модуляция — это процесс преобразования одного или нескольких информационных параметров несущего сигнала в соответствии с мгновенными значениями информационного сигнала.

В результате модуляции сигналы переносятся в область более высоких частот.

Так как в процессе модуляции изменяются информационные параметры несущего колебания, то название вида модуляции зависит от изменяемого параметра этого колебания.

Виды аналоговой модуляции:

1. Амплитудная модуляция (АМ), происходит изменение амплитуды несущего колебания;
2. Частотная модуляция (ЧМ), происходит изменение частоты несущего колебания;
3. Фазовая модуляция (ФМ), происходит изменение фазы несущего колебания.

3.1 Амплитудная модуляции

Амплитудная модуляция — процесс изменения амплитуды несущего сигнала в соответствии с мгновенными значениями модулирующего сигнала.

3.2 Частотная модуляции

Частотная модуляция — процесс изменения частоты несущего сигнала в соответствии с мгновенными значениями модулирующего сигнала.

3.3 Фазовая модуляции

Фазовая модуляция — процесс изменения фазы несущего сигнала в соответствии с мгновенными значениями модулирующего сигнала.

4 Ход работы

4.1 Амплитудная модуляция

Для каждой модуляции использовано следующее описание сигнала на MatLab

```
f = 20; %Частота
Fd = 2000; %Частота дискретизации
t = 0:1/Fd:1; %Время
A1 = 3; %Амплитуда

x1 = A1 * sin(2*pi*f*t);
```

Ниже приведен код на языке MATLAB, который генерирует однотональный сигнал низкой частоты, проводит амплитудную модуляцию и выводит спектр этих сигналов

```
Fc = 200;
M = 1;

y1 = ammod(x1, Fc, Fd, [], M);
figure;
plot(t,y1);
title("Амплитудная модуляция, M = 1");
spectrumOfS(t,y1,Fd);
y2 = ammod(x1, Fc, Fd, [], M/3);
figure;
plot(t,y2);
title("Амплитудная модуляция, M = 1/3");
spectrumOfS(t,y2,Fd);
y3 = ammod(x1, Fc, Fd, [], M/6);
figure;
plot(t,y3);
title("Амплитудная модуляция, M = 1/6");
spectrumOfS(t,y3,Fd);
```

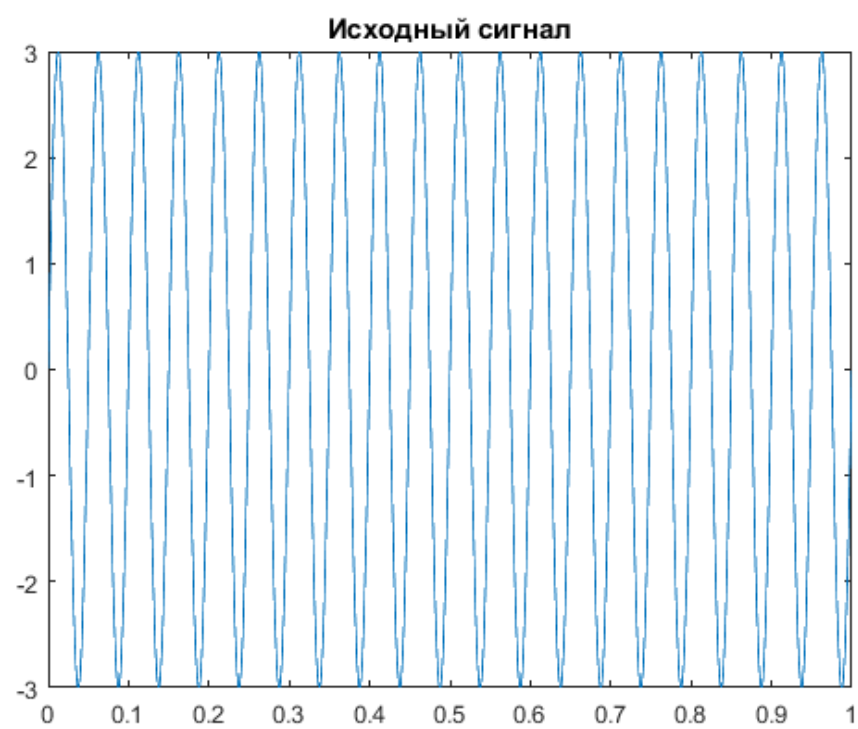


Рис. 1: Исходный сигнал

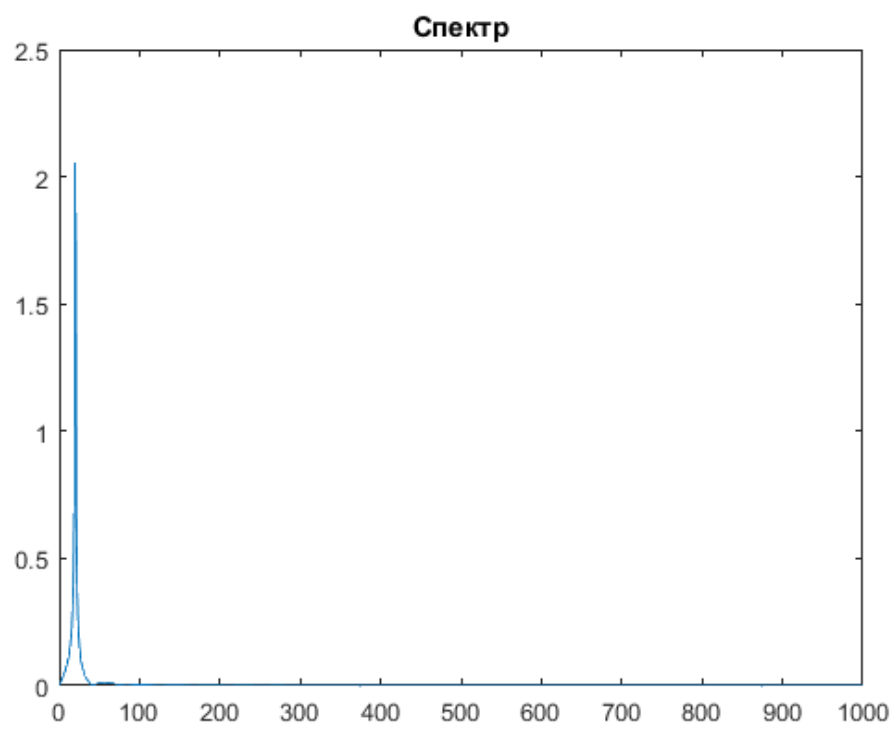


Рис. 2: Спектр исходного сигнала

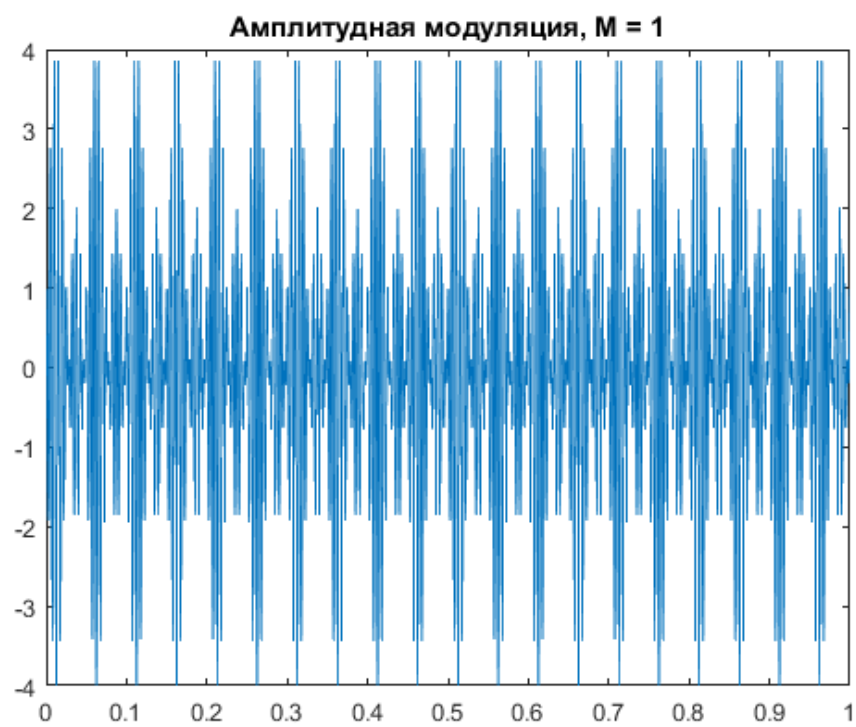


Рис. 3: Амплитудная модуляция при $M=1$

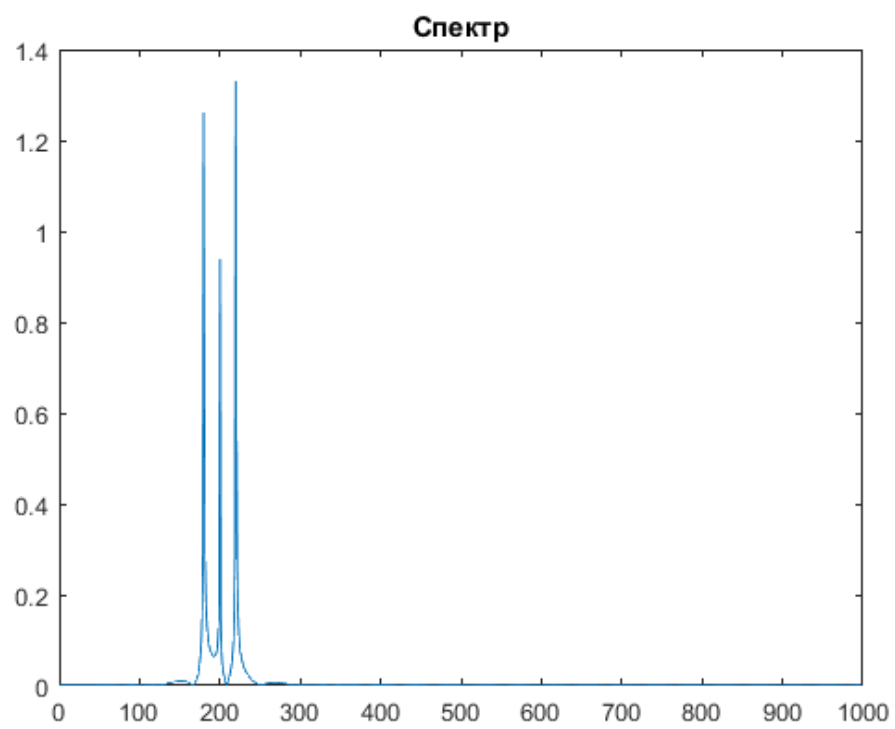


Рис. 4: Спектр модулируемого сигнала при $M=1$

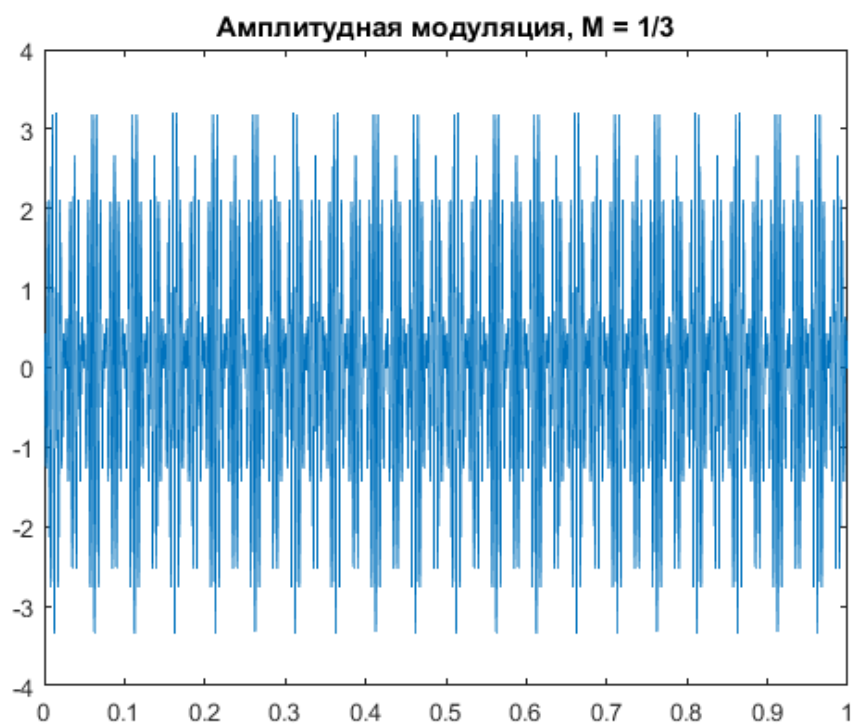


Рис. 5: Амплитудная модуляция при $M=1/3$

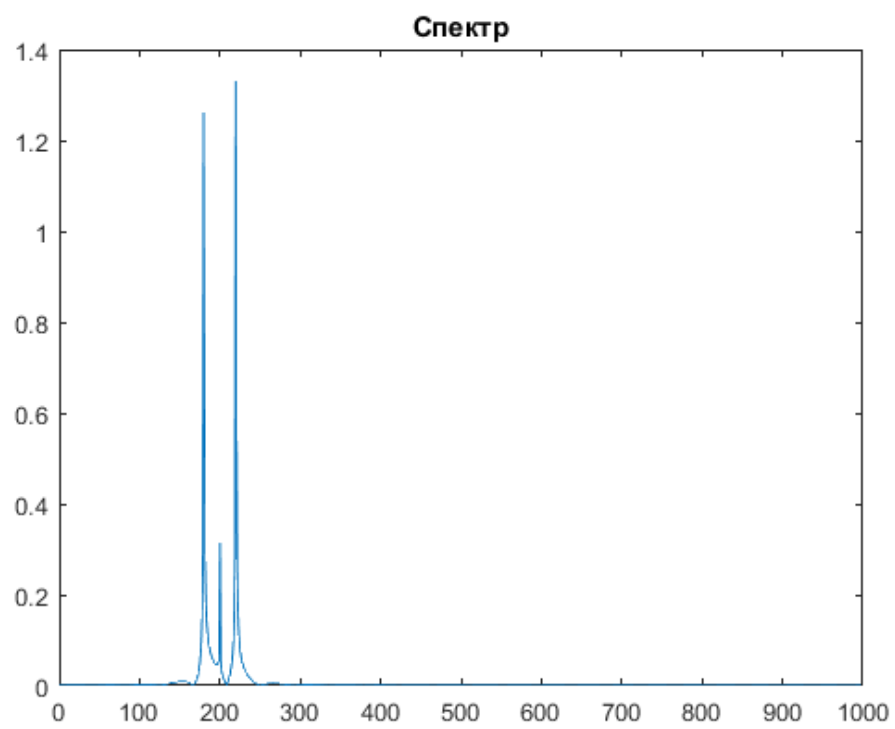


Рис. 6: Спектр модулируемого сигнала при $M=1/3$

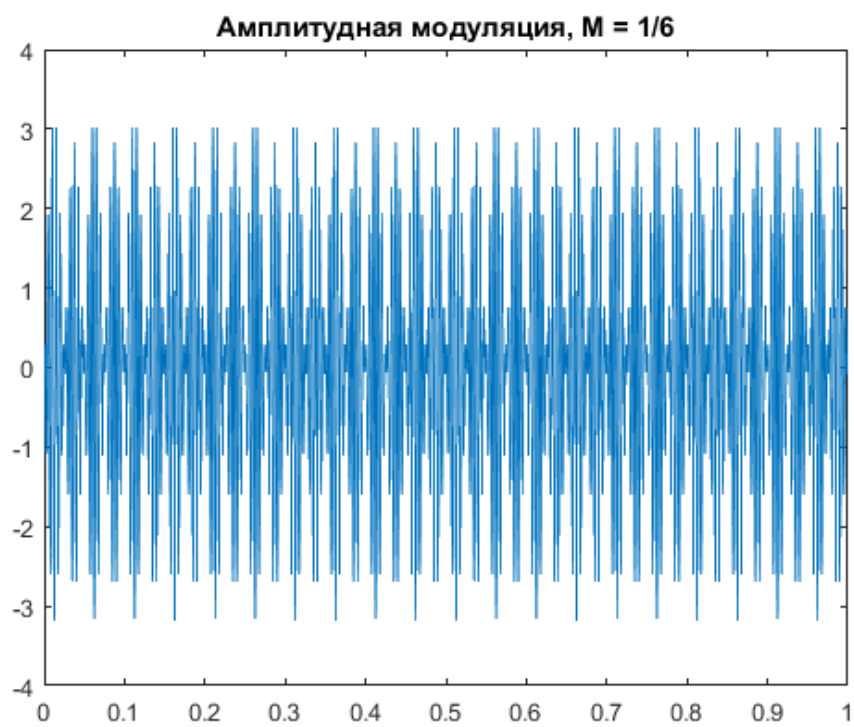


Рис. 7: Амплитудная модуляция при $M=1/6$

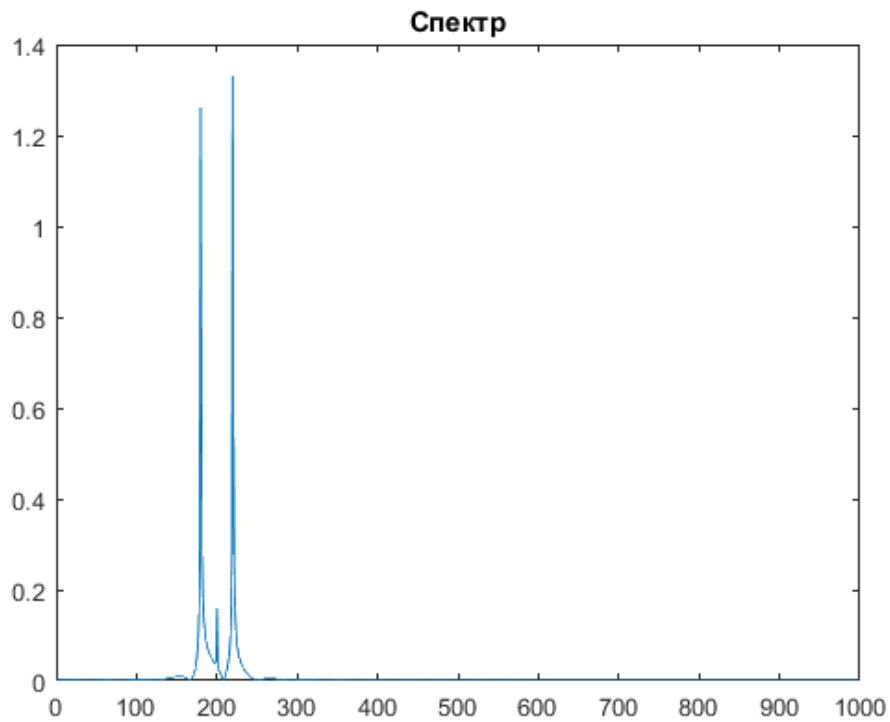


Рис. 8: Спектр модулируемого сигнала при $M=1/6$

При уменьшении глубины модуляции M происходит явление перемодуляции.

Рассчитаем КПД модуляции по формуле:

$$\eta_A M = \frac{U_m^2 M^2 / 4}{P_U} = \frac{M^2}{M^2 + 2} \quad (1)$$

- При $M = 1$ $\eta = 0.33$
- При $M = 0.33$ $\eta = 0.05$
- При $M = 0.33$ $\eta = 0.012$

Как видно из расчетов, максимальный КПД равен 33.3 процентам. Это вариант с неподавленной несущей.

Далее приведен код амплитудной модуляции с подавлением несущей и выводящий спектр полученной модуляции.

```
pn = ammod(x1,Fc,Fd);  
figure;  
plot(t, pn);  
title("Амплитудная модуляция с подавлением несущей");  
spectrumOfS(t,pn,Fd);
```

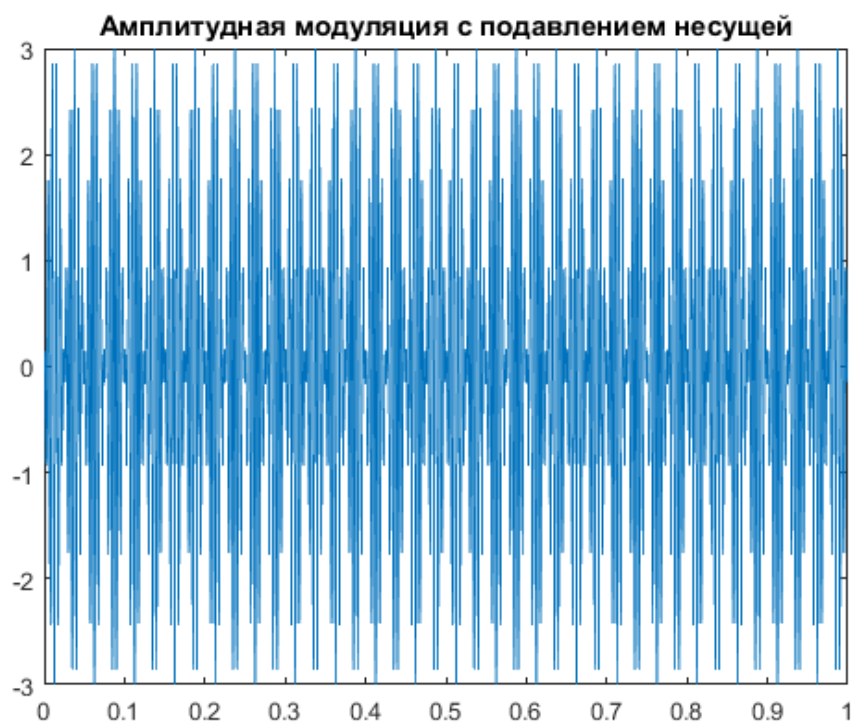


Рис. 9: Амплитудная модуляция с подавлением несущей

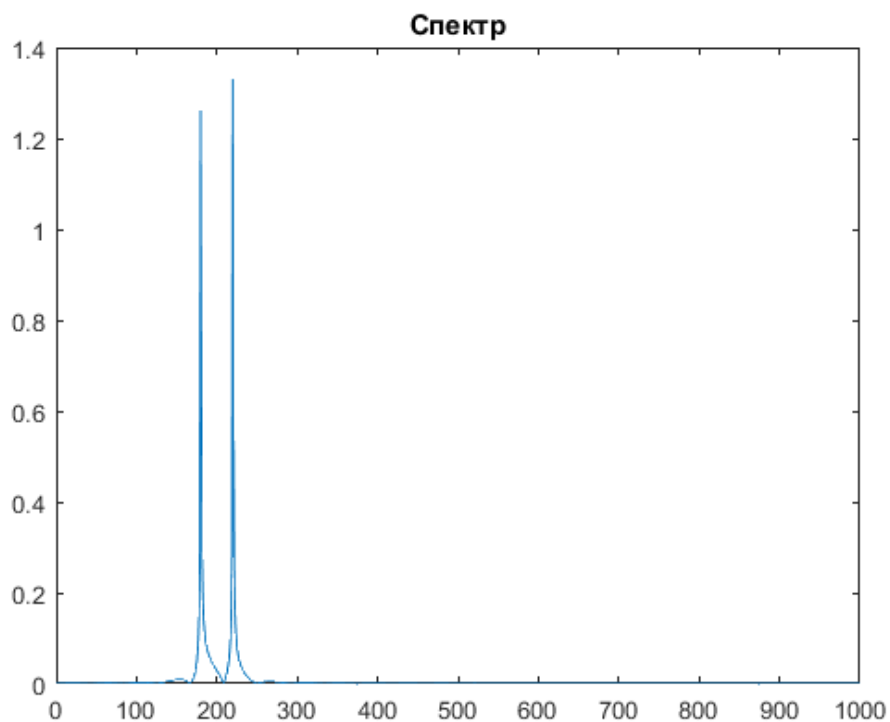


Рис. 10: Спектр модулируемого сигнала с подавлением несущей

Выполним однополосую модуляцию

```
%Однополосная модуляция/демодуляция
op = ssbmod(x1, Fc, Fd); %модуляция
figure;
plot(t, op);
title("Однополосная модуляция");
spectrumOfS(t,op,Fd);

op_demod = ssbdemod(op, Fc, Fd);
figure;
plot(t, op_demod); %демодуляция
title("Демодулированный сигнал");
```

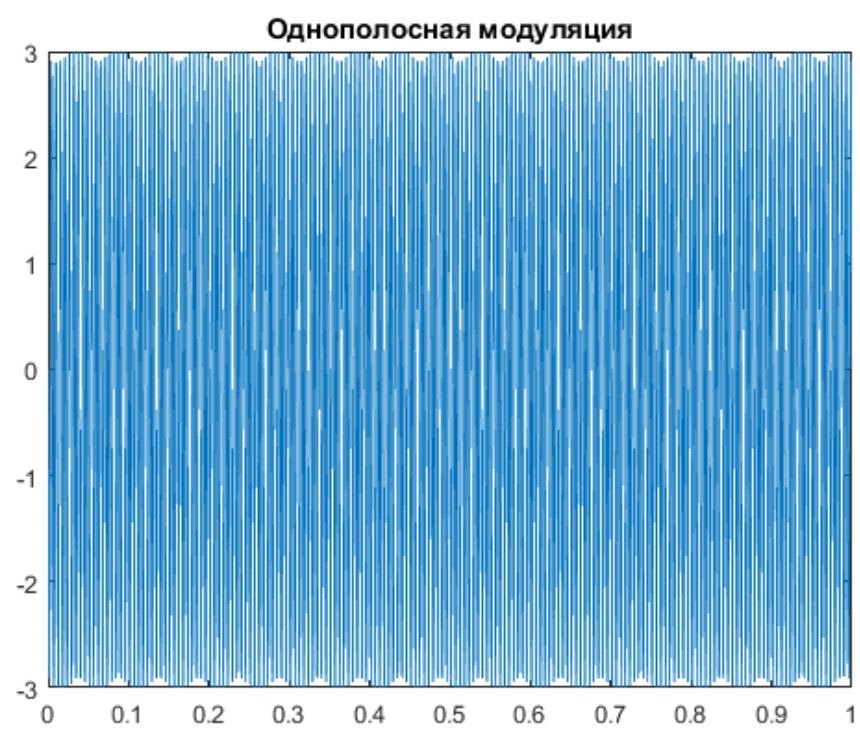


Рис. 11: Однополосная модуляция

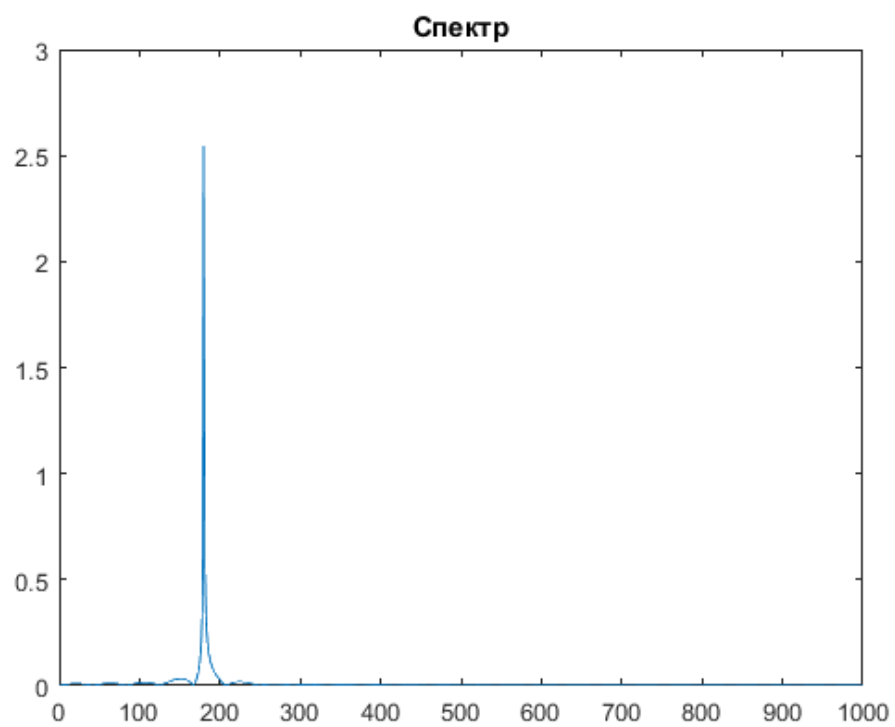


Рис. 12: Спектр модулируемого сигнала

Затем был демодулирован сигнал функцией "ssbdemod".

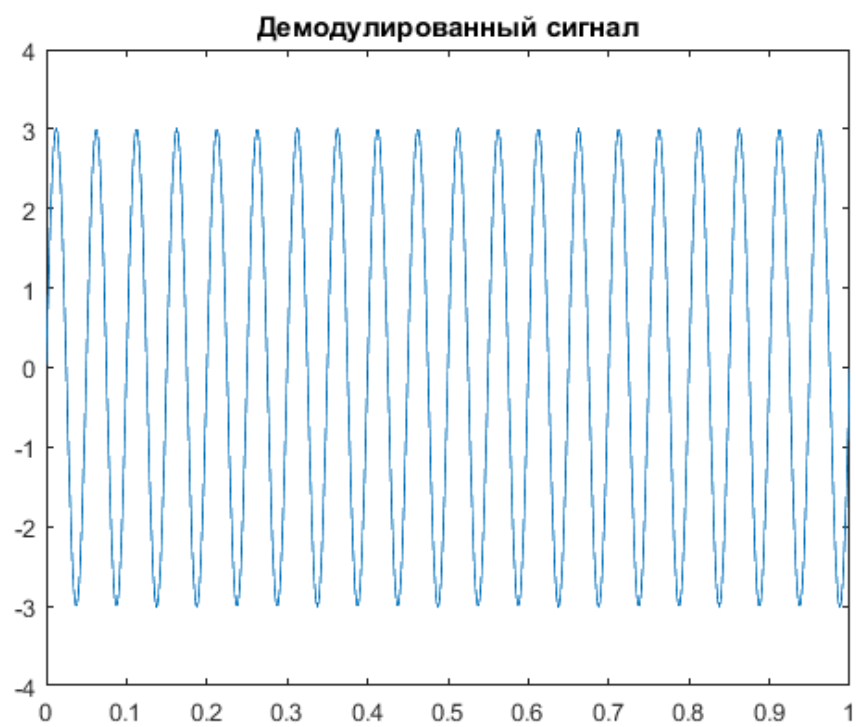


Рис. 13: Демодулированный сигнал

Из этого рисунка видно, что сигнал совпадает с исходным.

4.2 Частотная модуляция

Был написан код на языке MATLAB, который генерирует однотоновый сигнал низкой частоты, проводит частотную модуляцию, выводит спектр этих сигналов и демодулирует сигнал.

```
%Частотная модуляция
dev = 20; %Девияция частоты
fmod = fmmod(x1, Fc, Fd, dev); %Модуляция
figure;
plot(t, fmod);
title("Частотная модуляция");
spectrumOfS(t,fmod,Fd);

fdemod = fmdemod(fmod, Fc, Fd, dev);%Демодуляция
figure;
plot(t, fdemod);
title("Демодулированный сигнал");
```

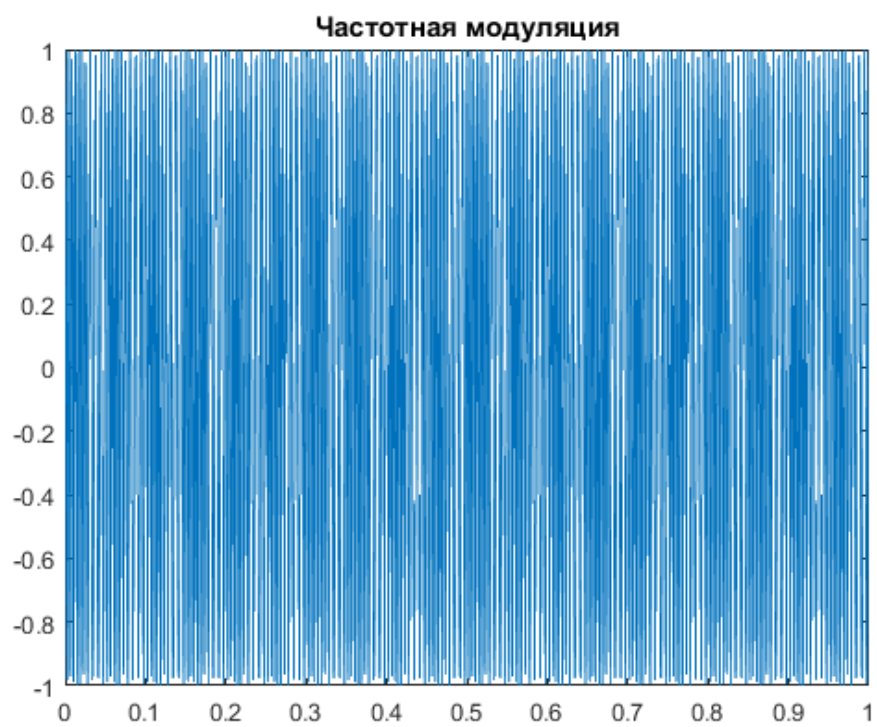


Рис. 14: Частотная модуляция

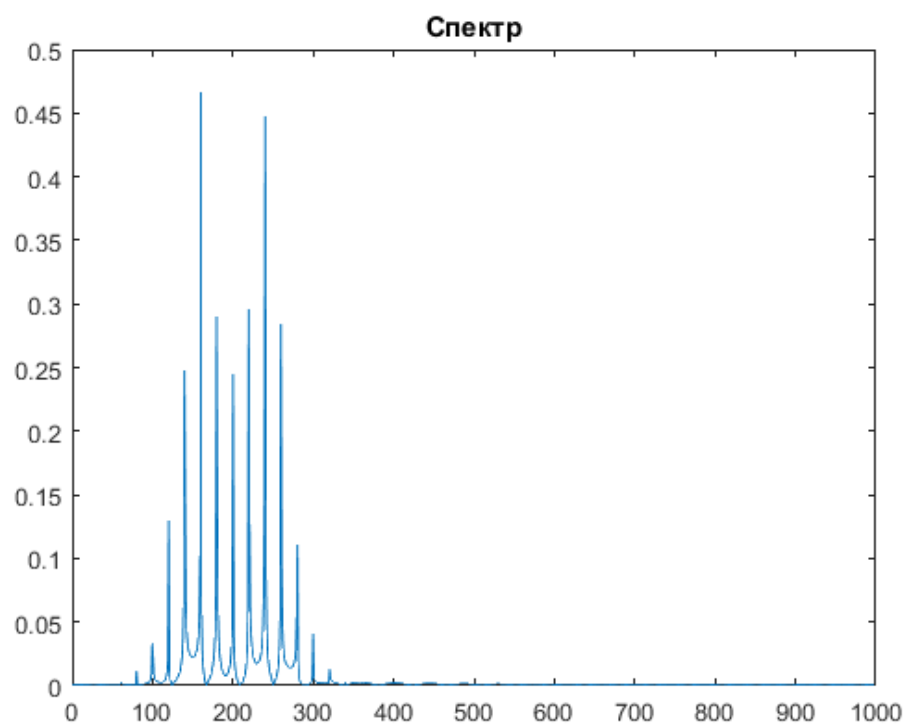


Рис. 15: Спектр модулируемого сигнала

Затем сигнал был демодулирован функцией "fndemod".

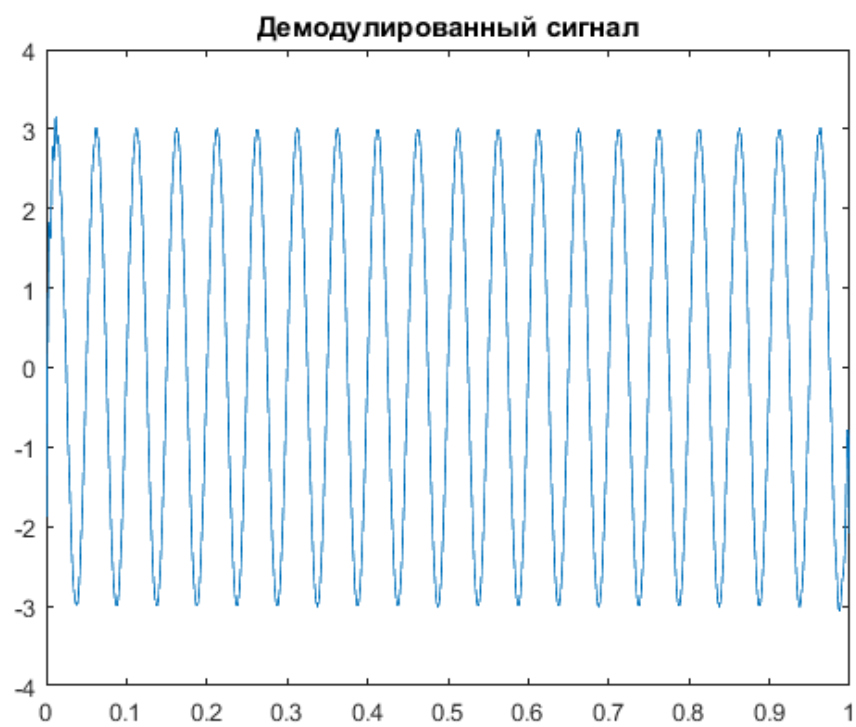


Рис. 16: Демодулированный сигнал

Из этого рисунка видно, что сигнал совпадает с исходным.

4.3 Фазовая модуляция

Выполним фазовую модуляцию, код на MatLab приведен ниже

```
%Фазовая модуляция
phmod = pmmod(x1, Fc, Fd, pi/8); %Модуляция
figure;
plot(t, phmod);
title("Фазовая модуляция");
spectrumOfS(t,phmod,Fd);

ph_demod = pmdemod(phmod, Fc, Fd, pi/8); %Демодуляция
figure;
plot(t, ph_demod);
title("Демодулированный сигнал");
```



Рис. 17: Частотная модуляция

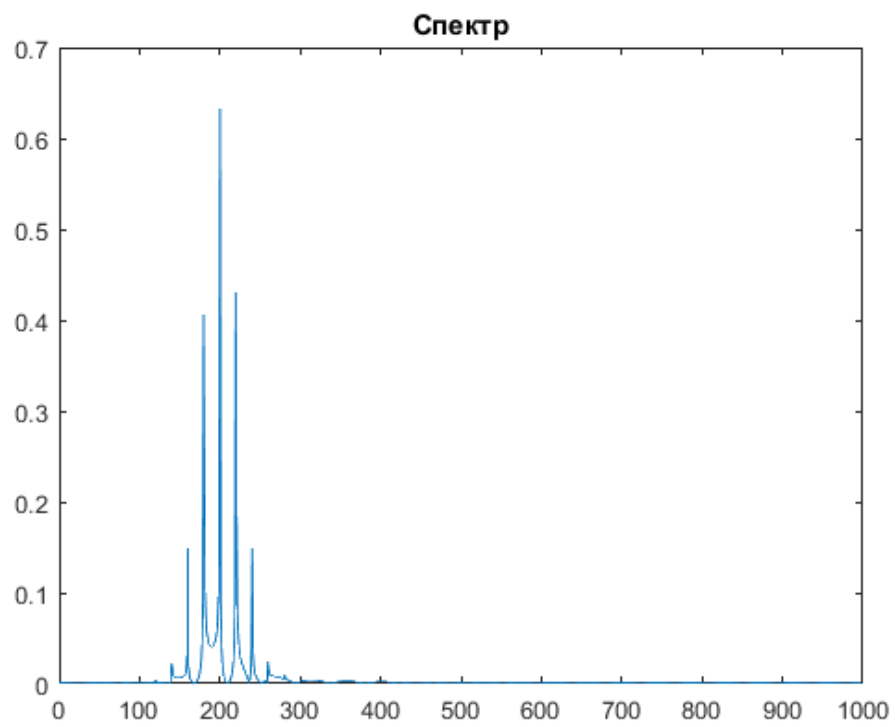


Рис. 18: Спектр модулируемого сигнала

Затем сигнал был демодулирован функцией "rmdemod".

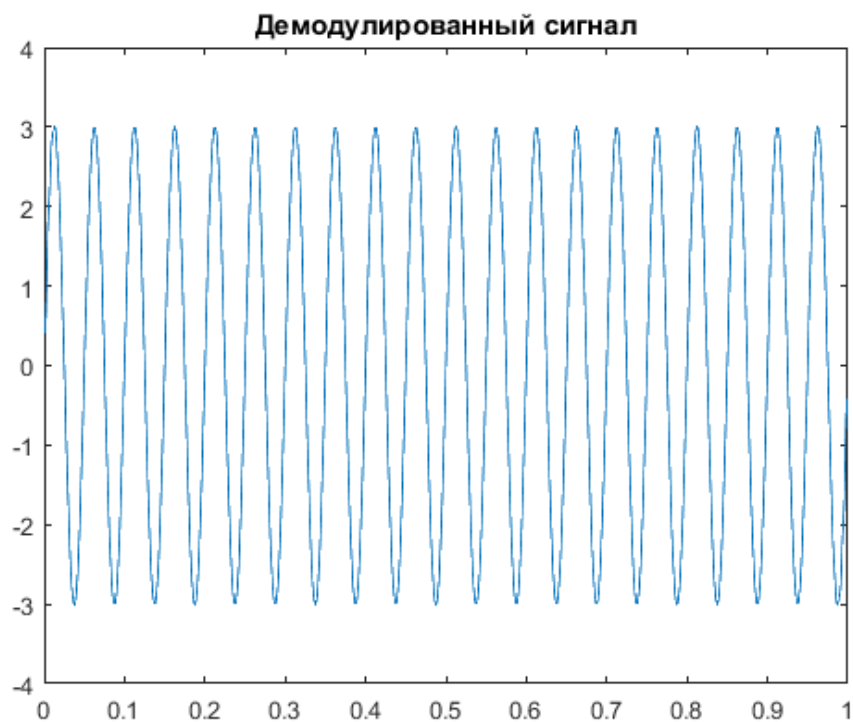


Рис. 19: Демодулированный сигнал

Из этого рисунка видно, что сигнал совпадает с исходным.

5 Выводы

В ходе работы исследованы все виды аналоговых модуляций: амплитудная, частотная, фазовая. Проведена модуляция/демодуляция сигналов. Так как, демодулированные сигналы совпадают с исходными, то можно сделать вывод, что цель лабораторной работы выполнена.