

Отчет по лабораторной работе №4-5

Мокроусов В.Д.

25 мая 2018 г.

Аналоговая модуляция. Частотная и фазовая модуляция

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 синхронное детектирование и получить исходный однополосный сигнал.

7. Рассчитать КПД модуляции.

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

8. Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты.

9. Выполнить фазовую модуляцию/демодуляцию сигнала по закону $u(t) = (U_m \cos(\Omega t + k s(t)))$, используя встроенную функцию MatLab `pmmod`, `pmdemod`

10. Получить спектр модулированного сигнала.

11. Выполнить частотную модуляцию/демодуляцию по закону

$$u(t) = (U_m \cos(\omega_0 t + k \int_0^t s(t) dt + \varpi_0))$$

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

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 = 4; %Частота сигнала
Fd = 2000; %Частота дискретизации
t = 0:1/Fd:1; %Время
A = 3; %Амплитуда
x = A * sin(2*pi*f*t);
```

Ниже приведен код на языке MATLAB, который проводит амплитудную модуляцию

```
Fc = 200;
M = 1;

y1 = ammod(x, Fc, Fd, [], M);
y2 = ammod(x, Fc, Fd, [], M/4);
```

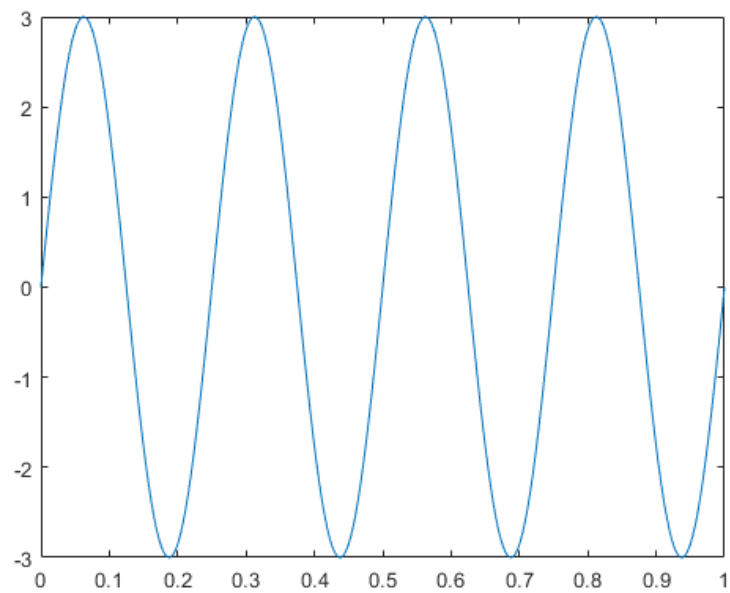


Рис. 1: Исходный сигнал

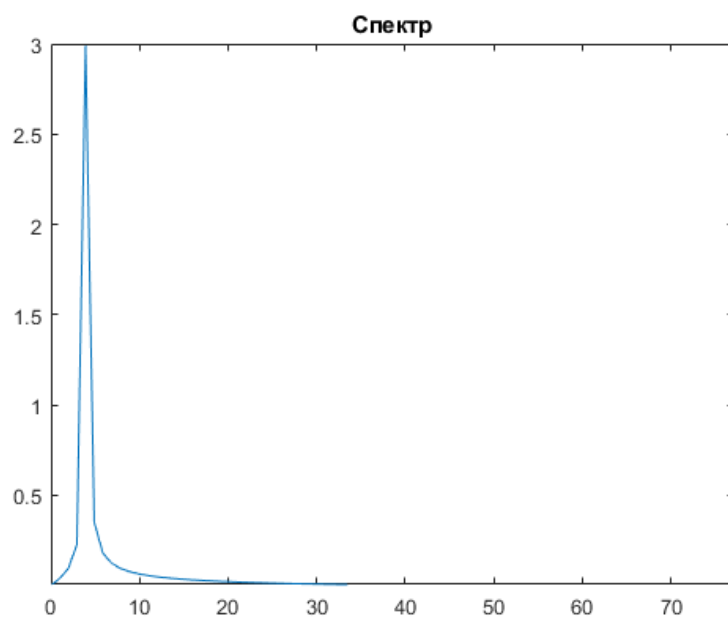


Рис. 2: Спектр исходного сигнала

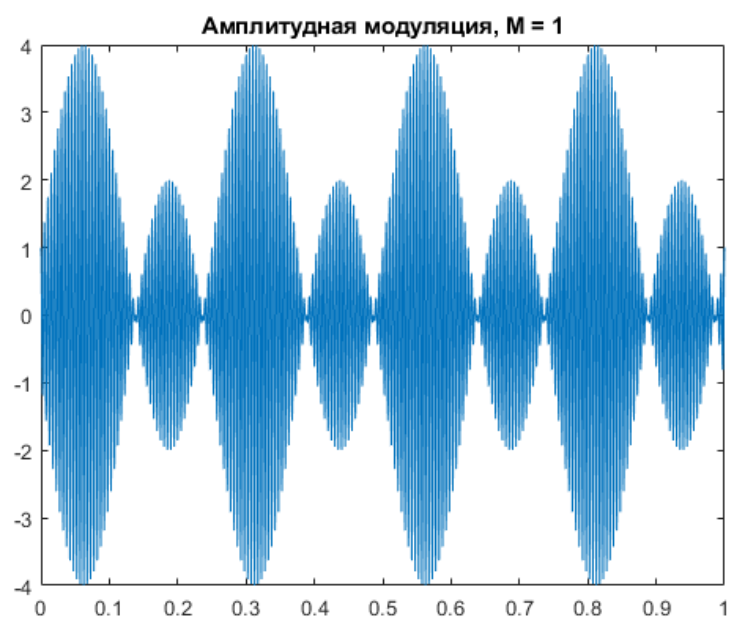


Рис. 3: Амплитудная модуляция при $M=1$

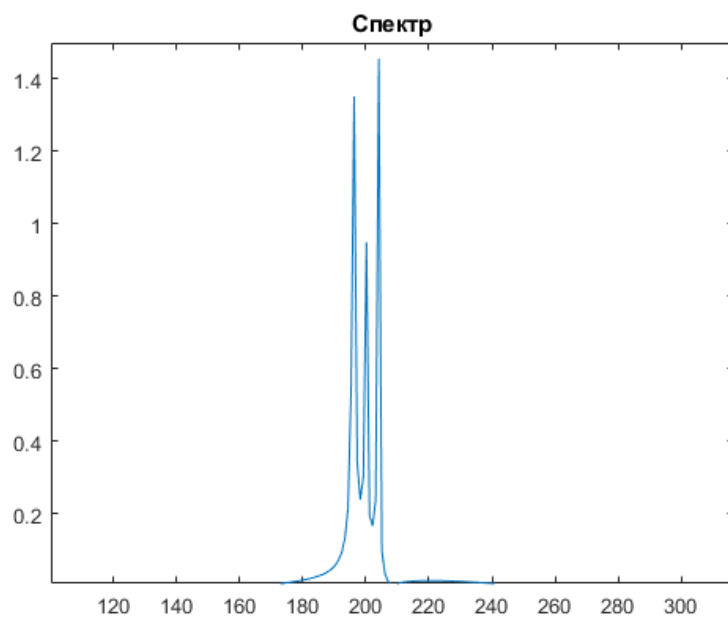


Рис. 4: Спектр модулируемого сигнала при $M=1$

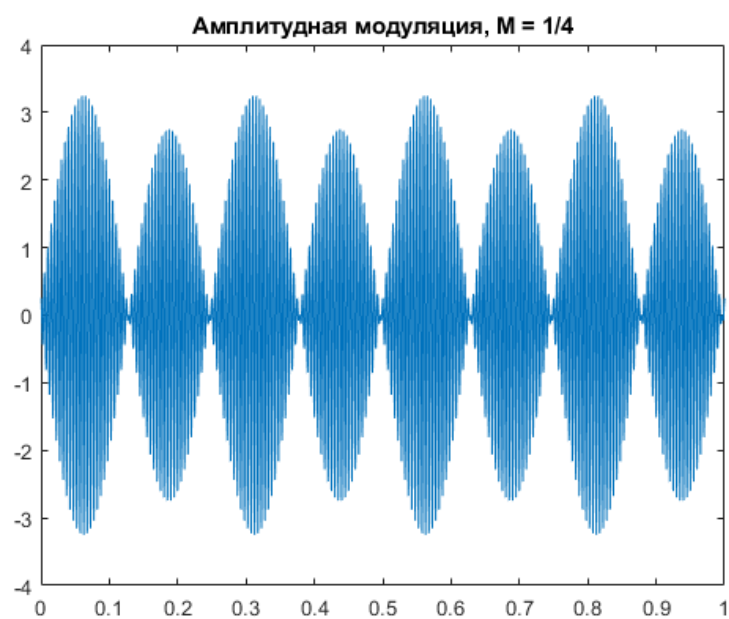


Рис. 5: Амплитудная модуляция при $M=1/4$

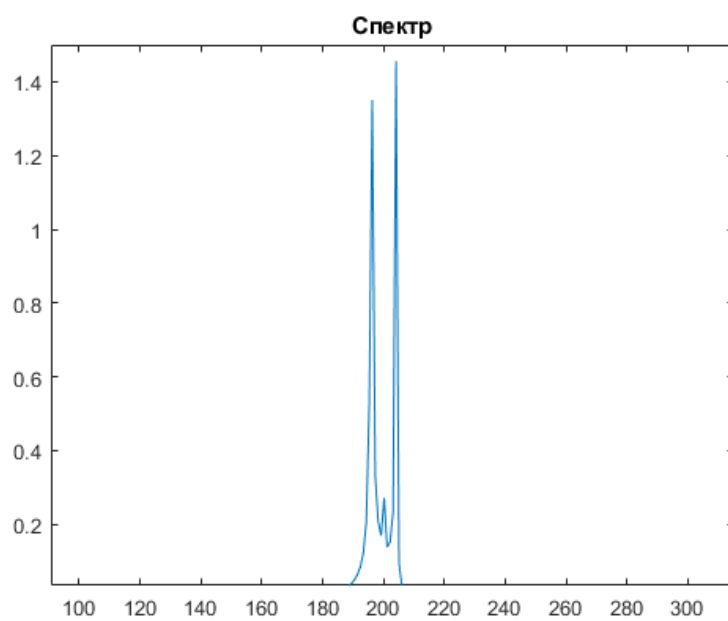


Рис. 6: Спектр модулируемого сигнала при $M=1/4$

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 $M = 0.25$ $\eta = 0.03$

Максимальный КПД равен 33.3 %. Это вариант с подавленной несущей.

Выполним амплитудную модуляцию с подавлением несущей.

```
pn = ammod(x1,Fc,Fd);
```

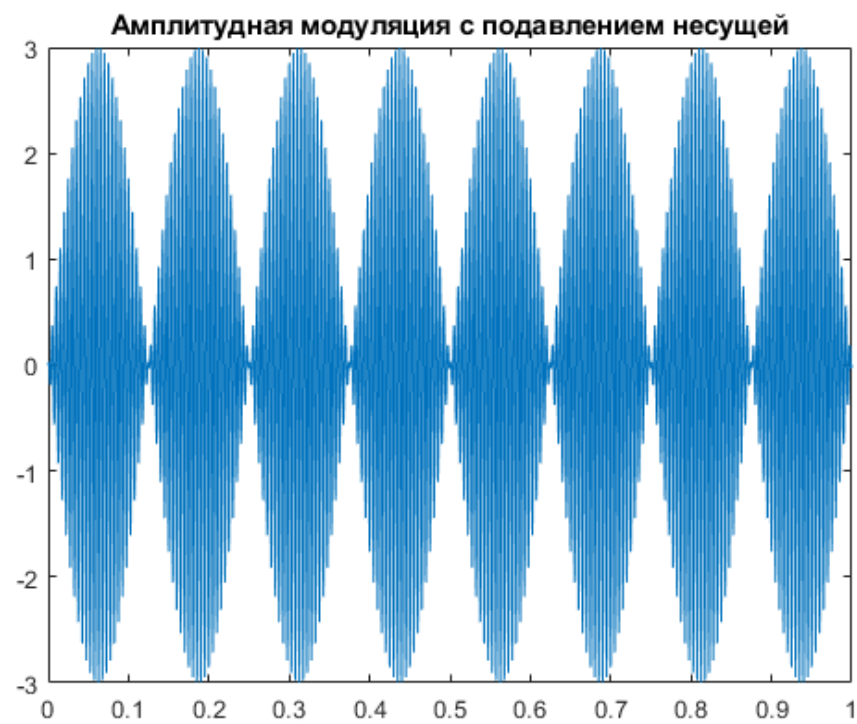


Рис. 7: Амплитудная модуляция с подавлением несущей

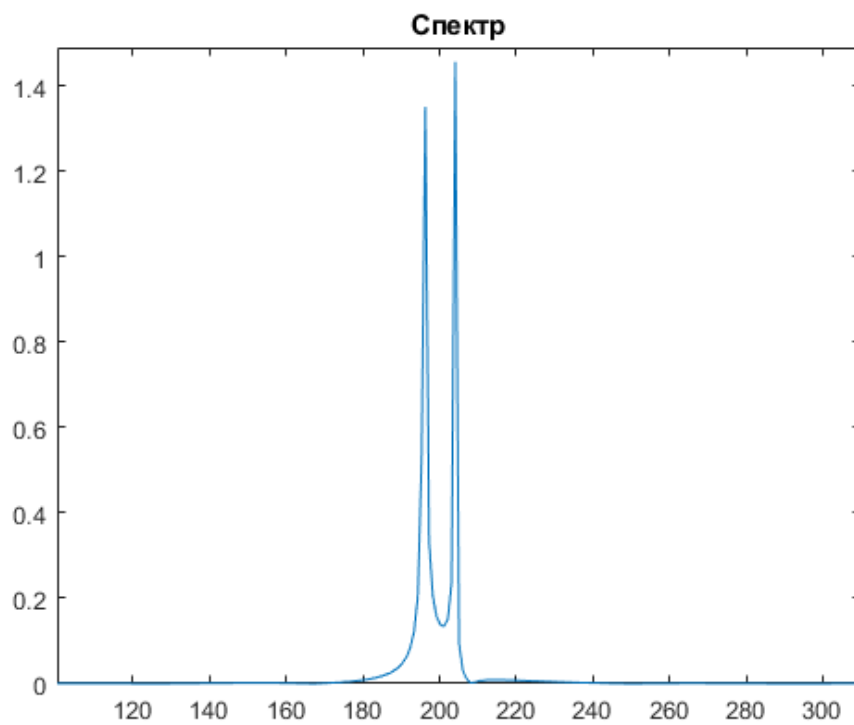


Рис. 8: Спектр модулируемого сигнала с подавлением несущей

Выполним однополосную модуляцию

```
op = ssbmod(x1, Fc, Fd); %модуляция
op_demod = ssbdemod(op, Fc, Fd); %демодуляция
```

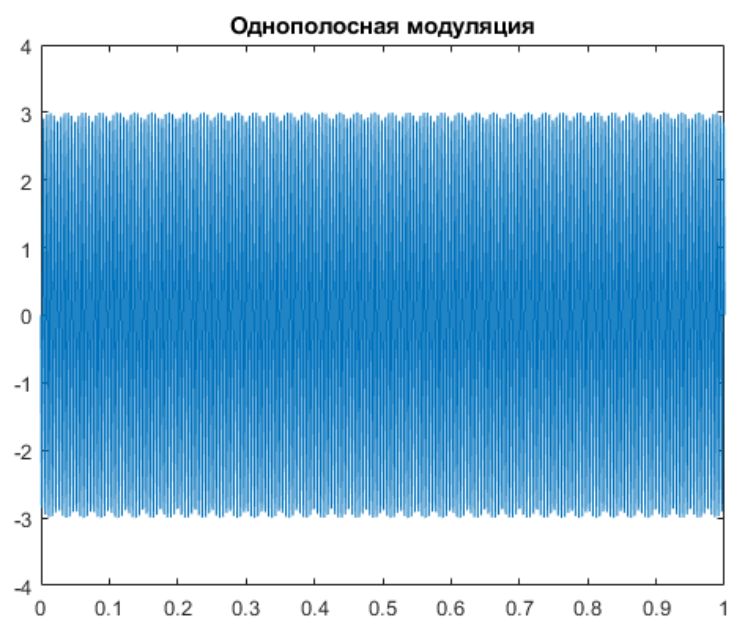


Рис. 9: Однополосная модуляция

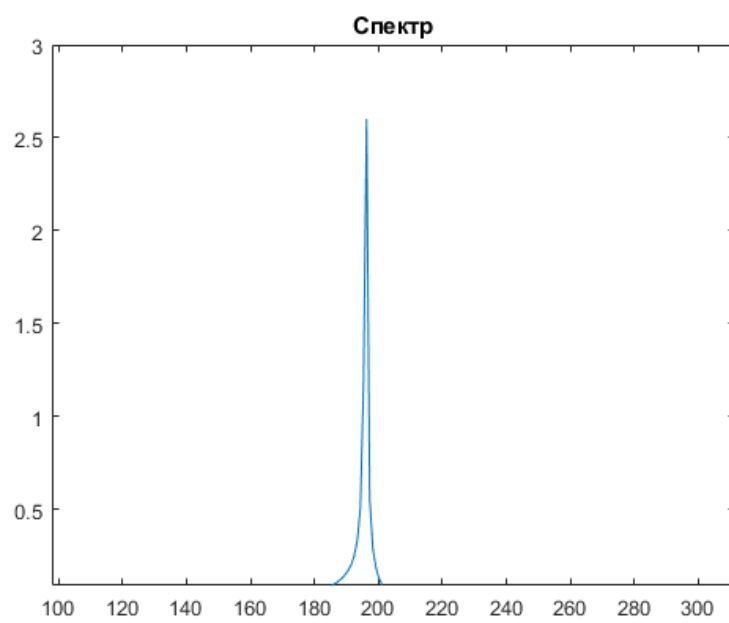


Рис. 10: Спектр модулируемого сигнала

Затем был демодулирован сигнал функцией "ssbdemod".

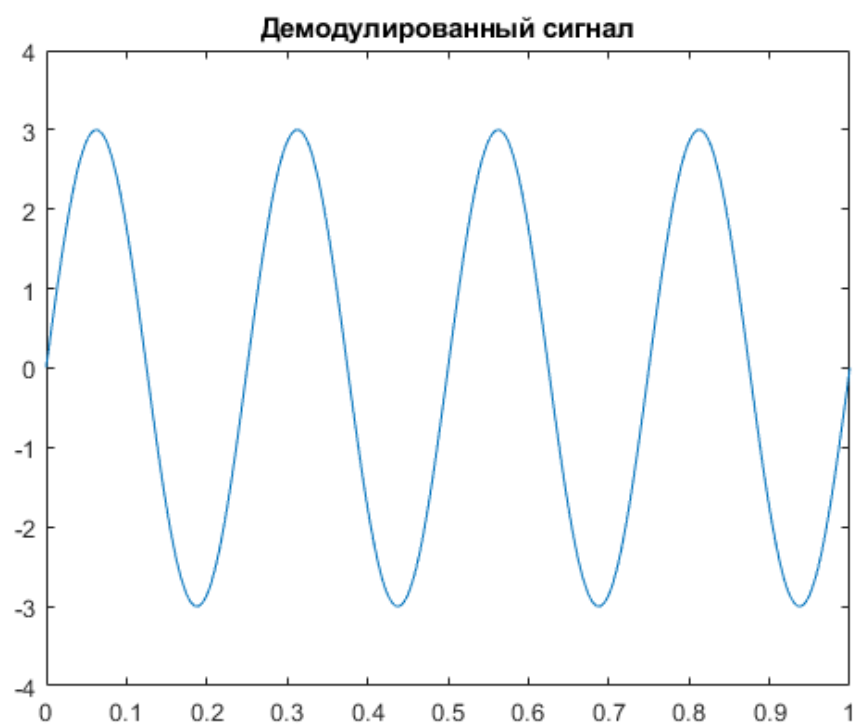


Рис. 11: Демодулированный сигнал

Из этого рисунка видно, что сигнал совпадает с исходным.

4.2 Фазовая модуляция

Выполним фазовую модуляцию, код на MatLab приведен ниже

```
%Фазовая модуляция  
phmod = pmmod(x, Fc, Fd, pi/4); %Модуляция  
ph_demod = pmdemod(phmod, Fc, Fd, pi/4); %Демодуляция
```

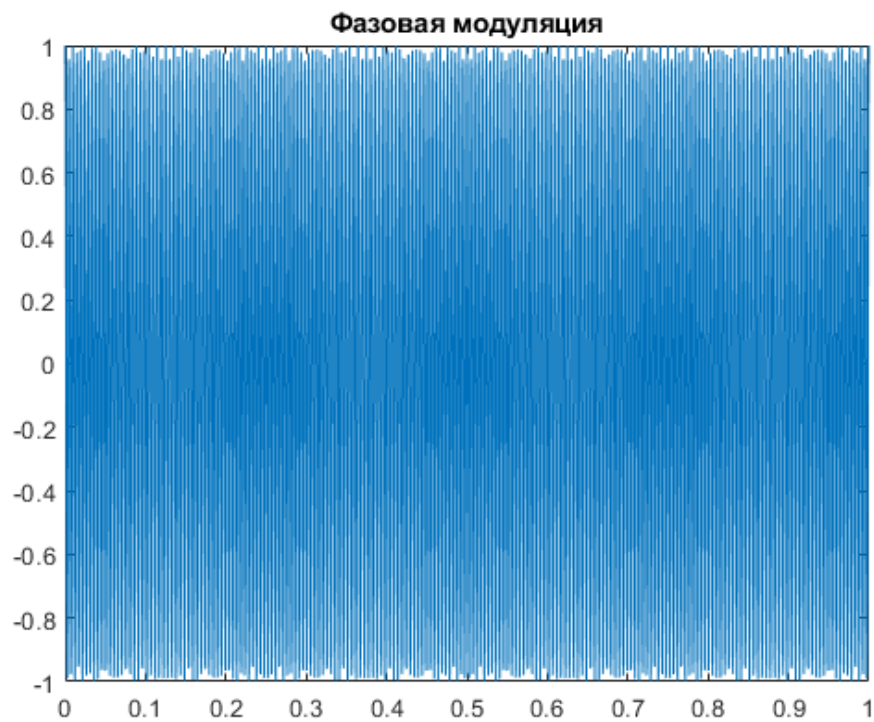


Рис. 12: Фазовая модуляция

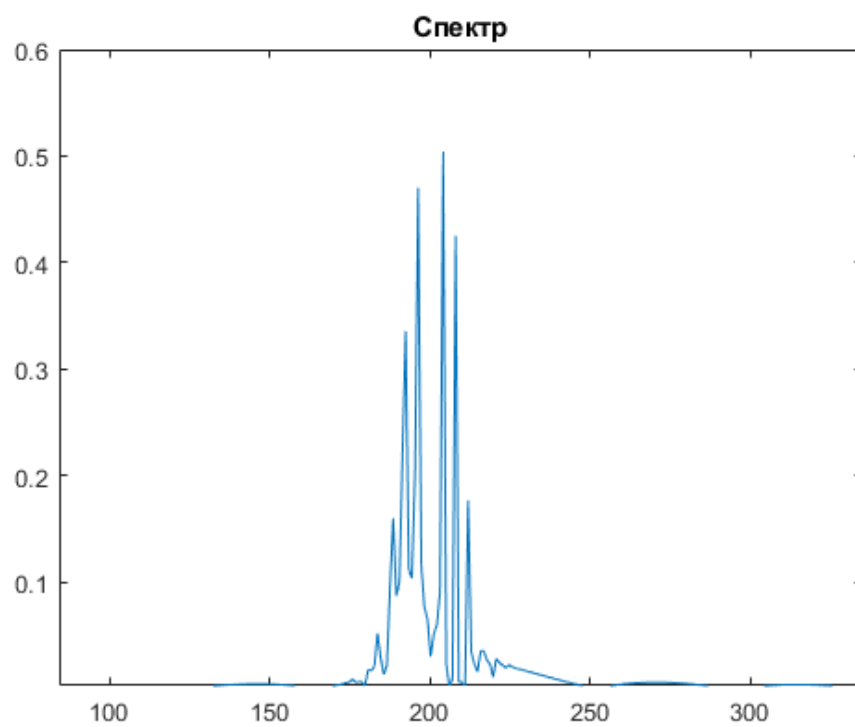


Рис. 13: Спектр модулируемого сигнала

Затем сигнал был демодулирован функцией "pmdemod".

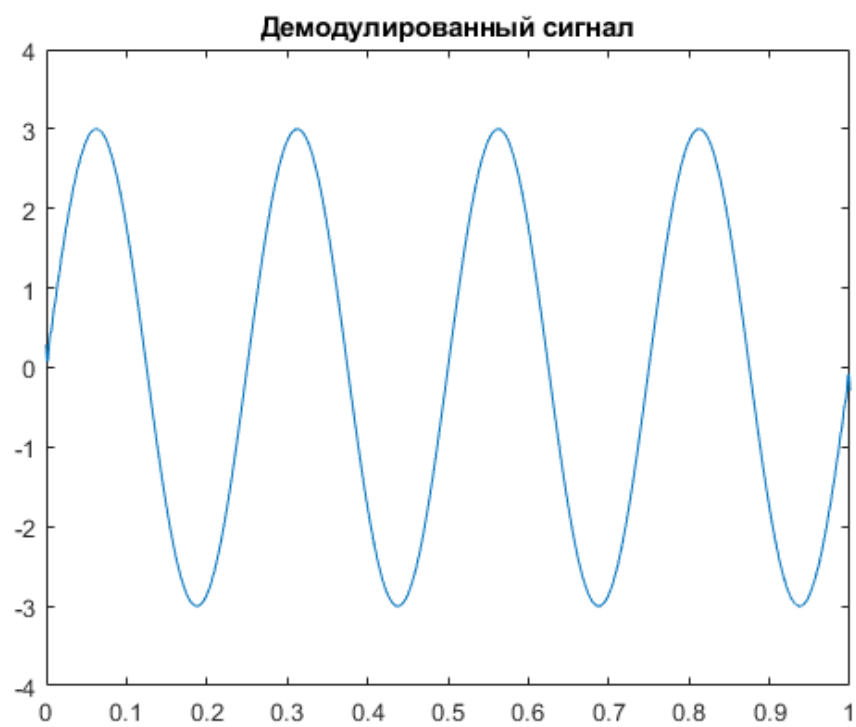


Рис. 14: Демодулированный сигнал

Из этого рисунка видно, что сигнал совпадает с исходным.

4.3 Частотная модуляция

Был написан код на языке MATLAB, который проводит частотную модуляцию и демодулирует сигнал.

```
%Частотная модуляция  
dev = 20; %Девияция частоты  
fmod = fmod(x, Fc, Fd, dev); %Модуляция  
fdemod = fmdemod(fmod, Fc, Fd, dev); %Демодуляция
```

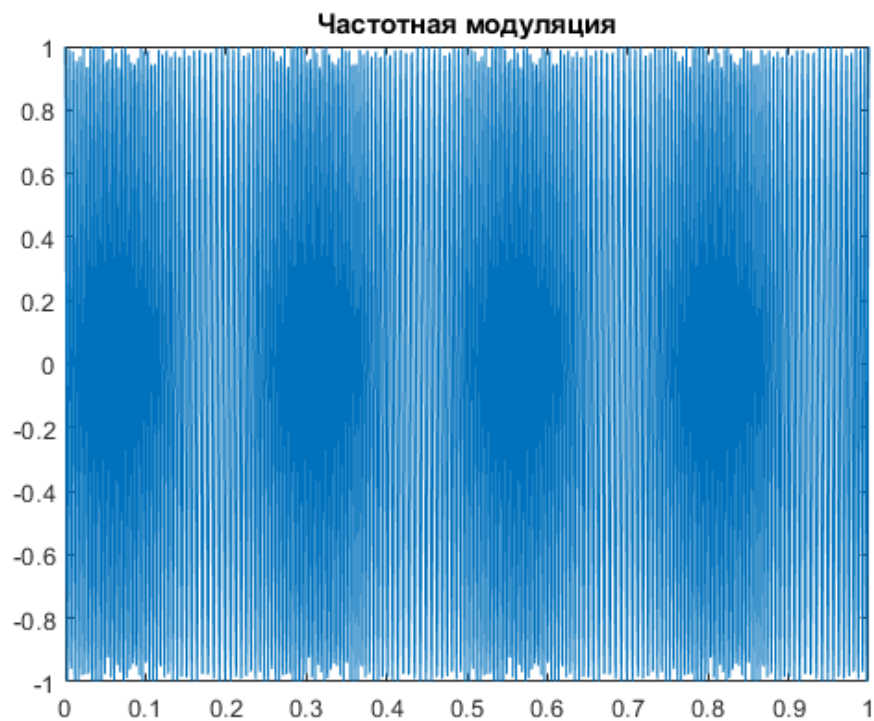


Рис. 15: Частотная модуляция

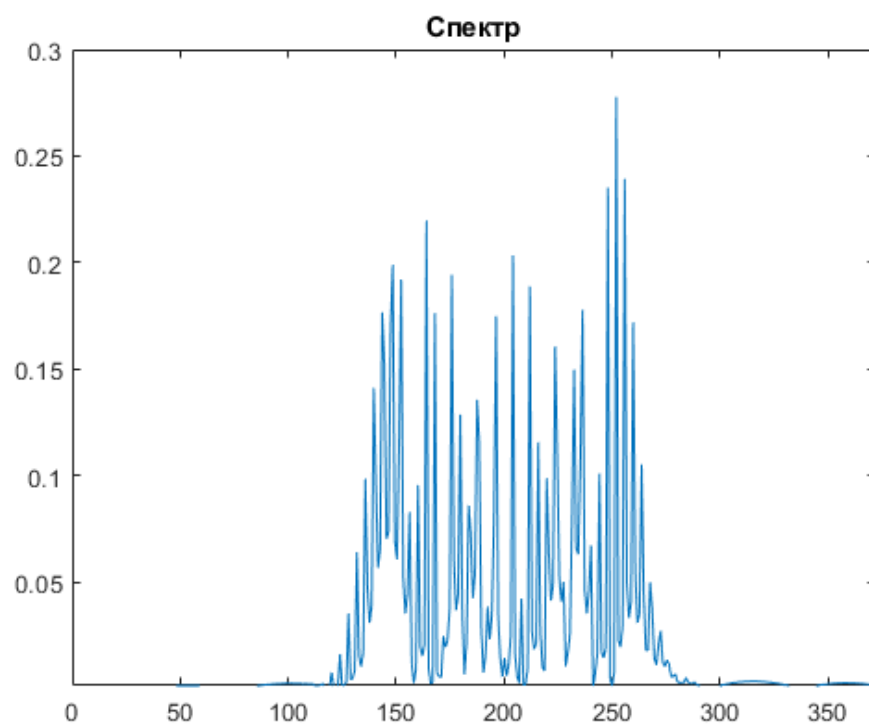


Рис. 16: Спектр модулируемого сигнала

Затем сигнал был демодулирован функцией "fmdemod".

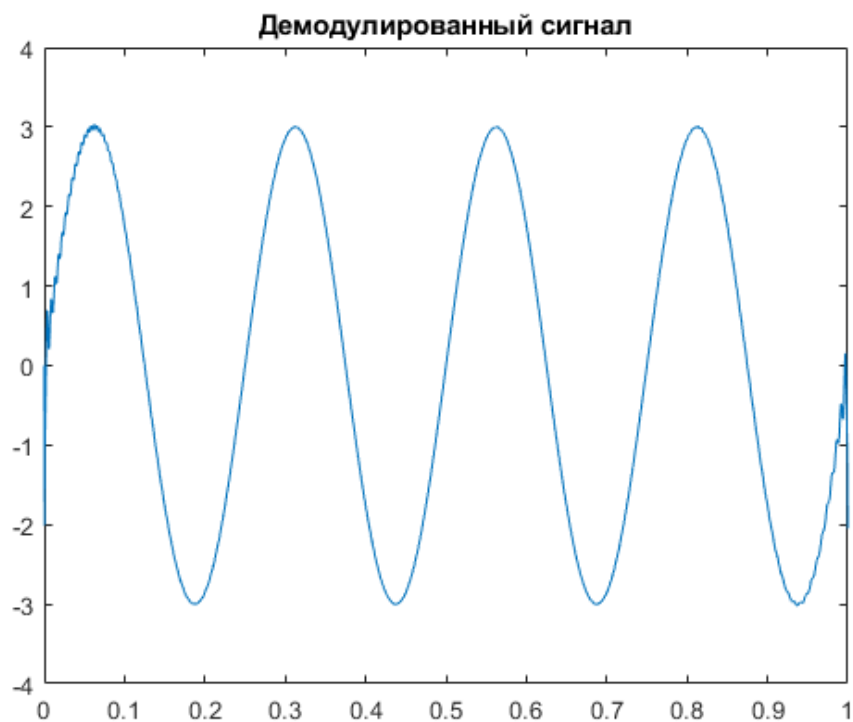


Рис. 17: Демодулированный сигнал

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.