

# Отчет по лабораторной работе №4 - 5

Головизнин Э. О.

25 мая 2018 г.

## 1 Цель работы

Изучение амплитудной модуляции/демодуляции сигнала Изучение 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  $M$ . Использовать встроенную функцию MatLab `ammod`.

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

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

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.

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

8. Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты.
9. Выполнить фазовую модуляцию/демодуляцию сигнала по закону  $u(t) = (U_m \cos(\Omega t + ks(t)))$ , 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

Синусоидальный сигнал:

```
function func = my_sin(t)
    A = 4; % амплитуда
    f = 12; % частота
    ph = 2; % сдвиг фазы

    func = A * sin(2 * pi * f * t + ph);
end
```

Сгенерируем однотоновый сигнал низкой частоты, проведем амплитудную модуляцию:

```
Fc = 200;
Fd = 2000;
M = 1;

t = 0:1/Fd:1;
x = my_sin(t);

ymod1 = ammod(x, Fc, Fd, [], M);
ymod2 = ammod(x, Fc, Fd, [], M/5);
```

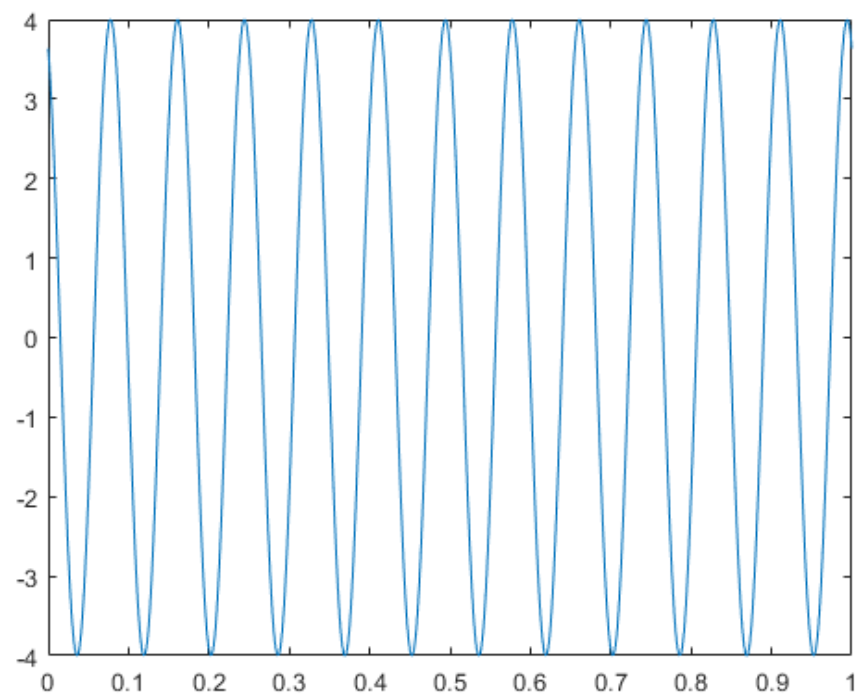


Рис. 1: Исходный сигнал

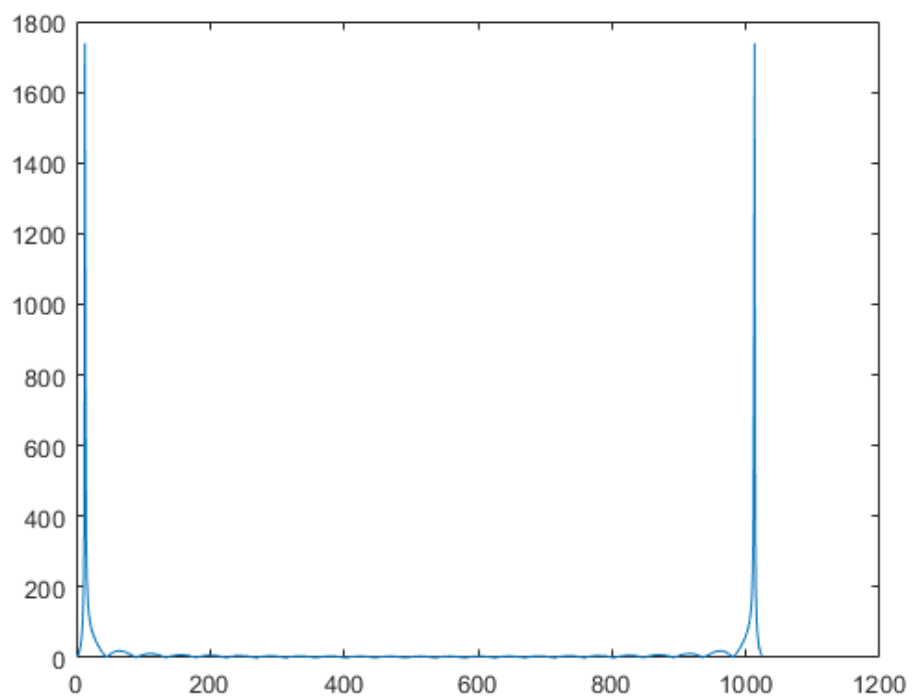


Рис. 2: Спектр исходного сигнала

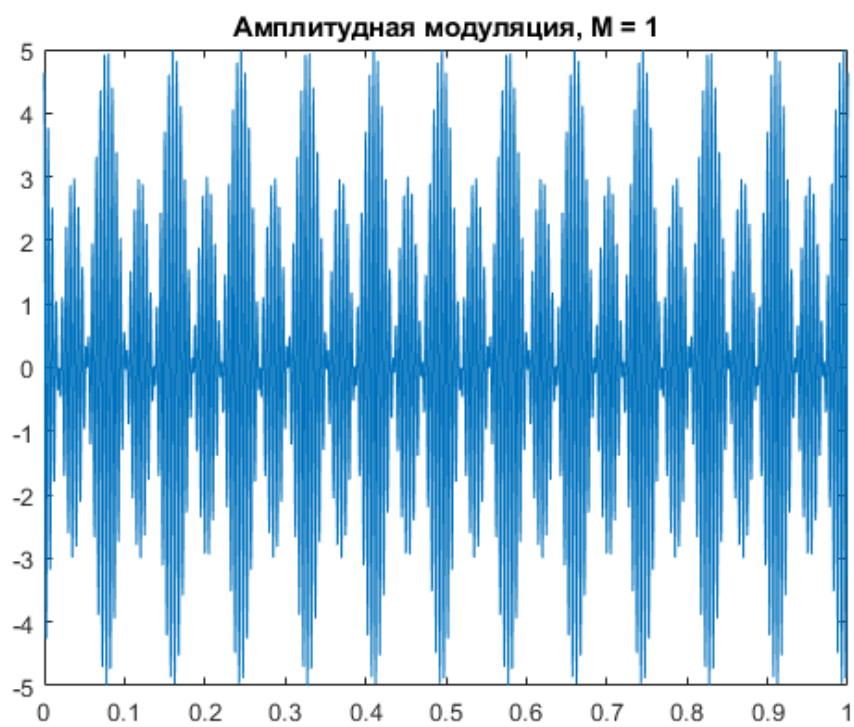


Рис. 3: Амплитудная модуляция при  $M=1$



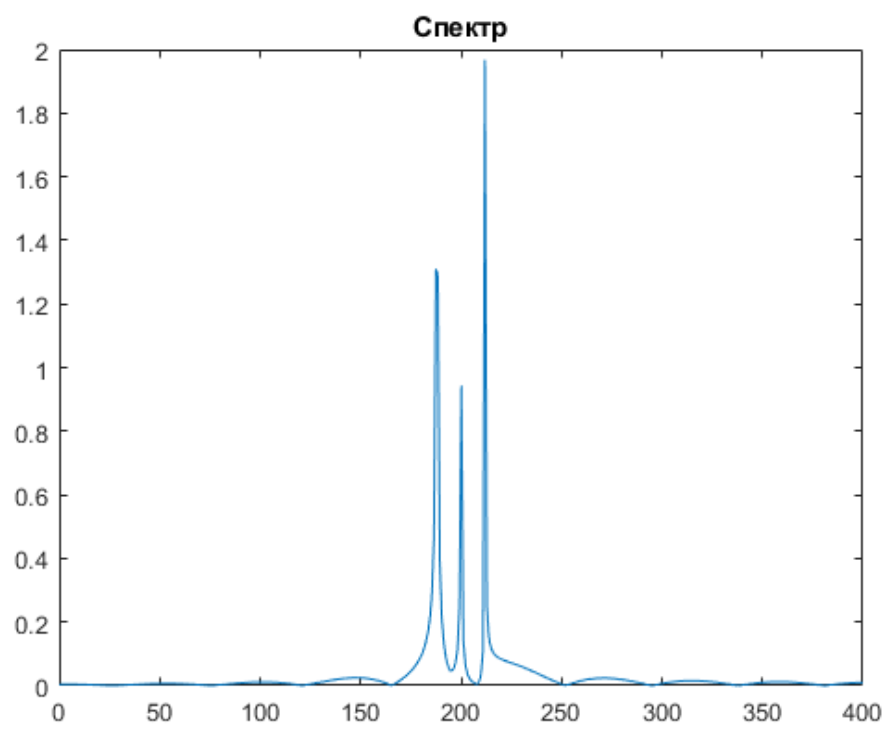


Рис. 4: Спектр модулированного сигнала при  $M=1$

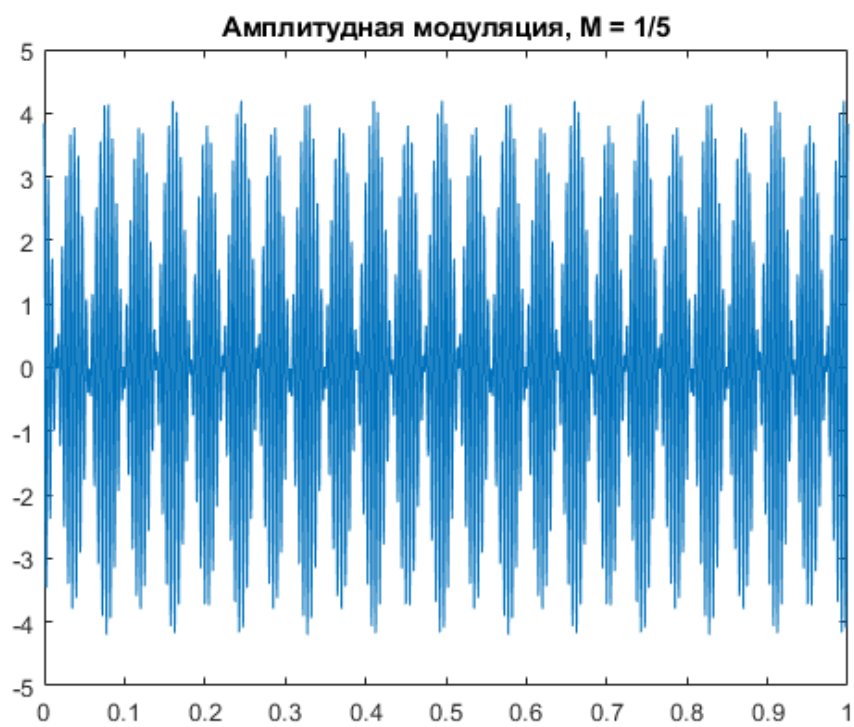


Рис. 5: Амплитудная модуляция при  $M=1/5$

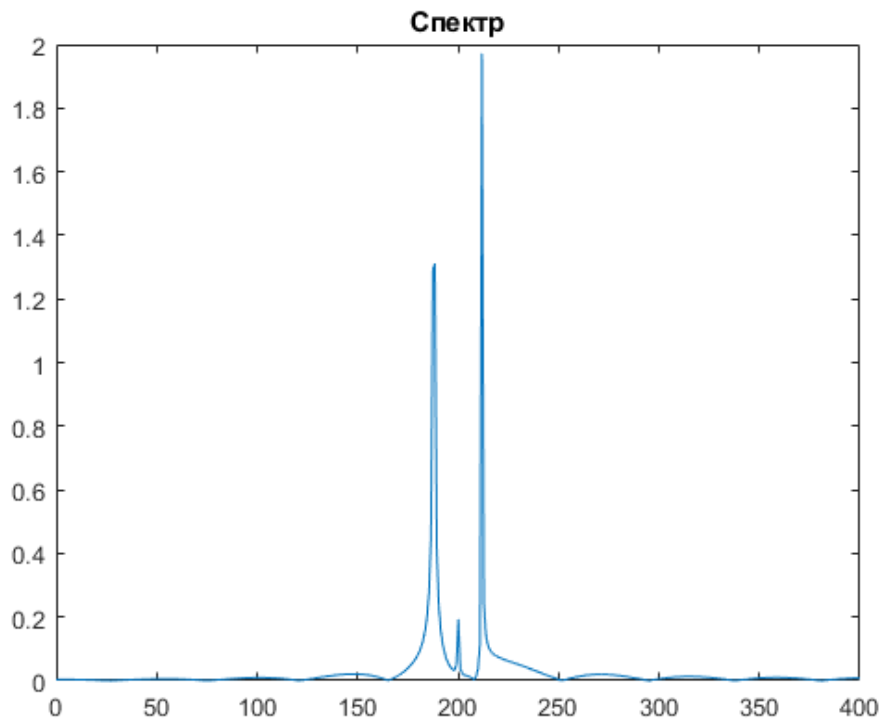


Рис. 6: Спектр модулированного сигнала при  $M=1/5$

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  $M = 1/5$      $\eta = 0.02$

Максимальный КПД равен 33% с подавленной несущей.

Выполним амплитудную модуляцию с подавлением несущей:

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

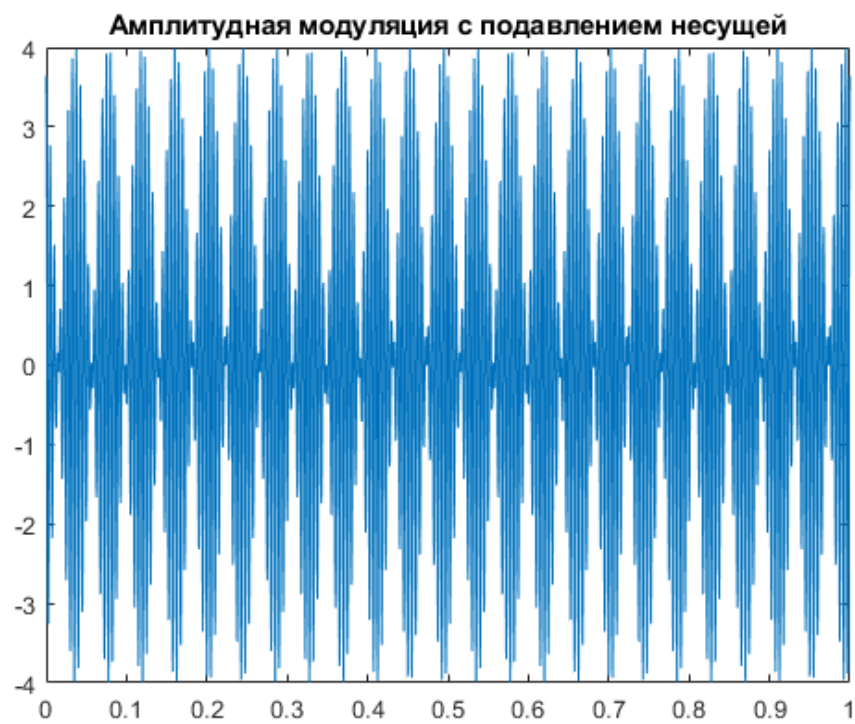


Рис. 7: Амплитудная модуляция с подавлением несущей

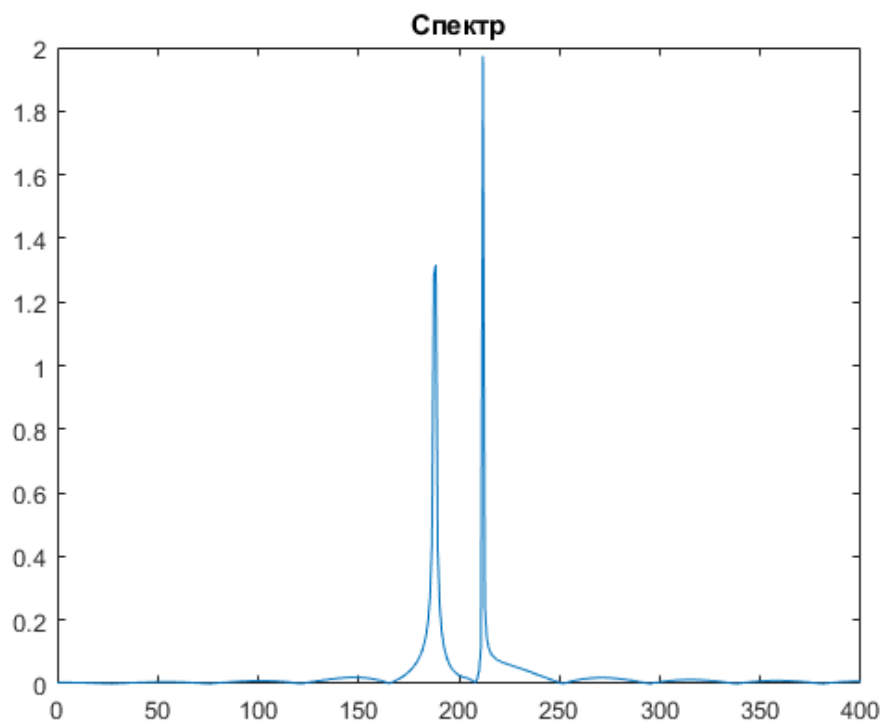


Рис. 8: Спектр модулированного сигнала с подавлением несущей

Выполним однополосную модуляцию:

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

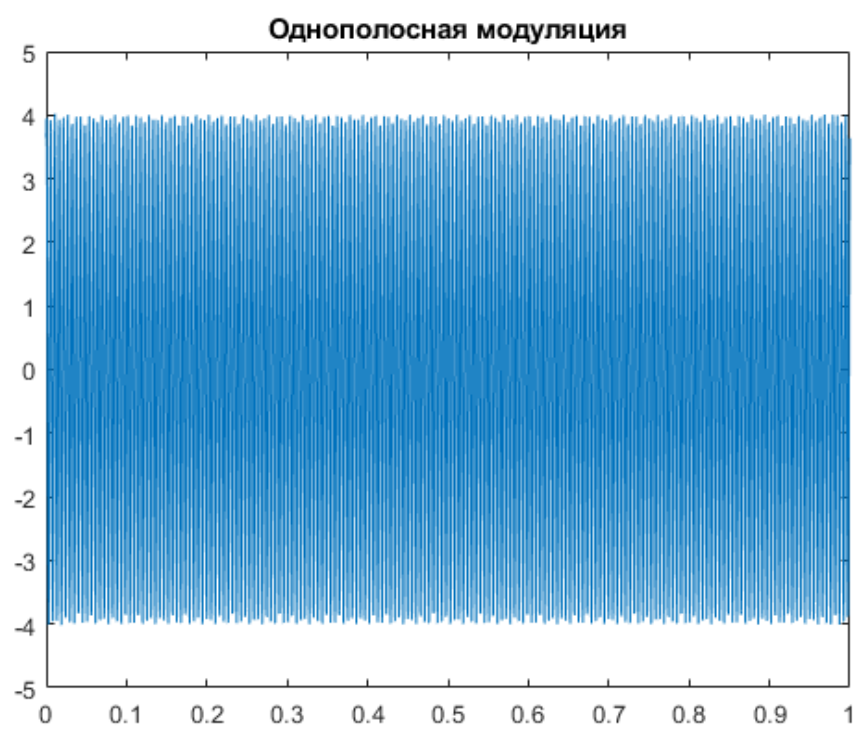


Рис. 9: Однополосная модуляция

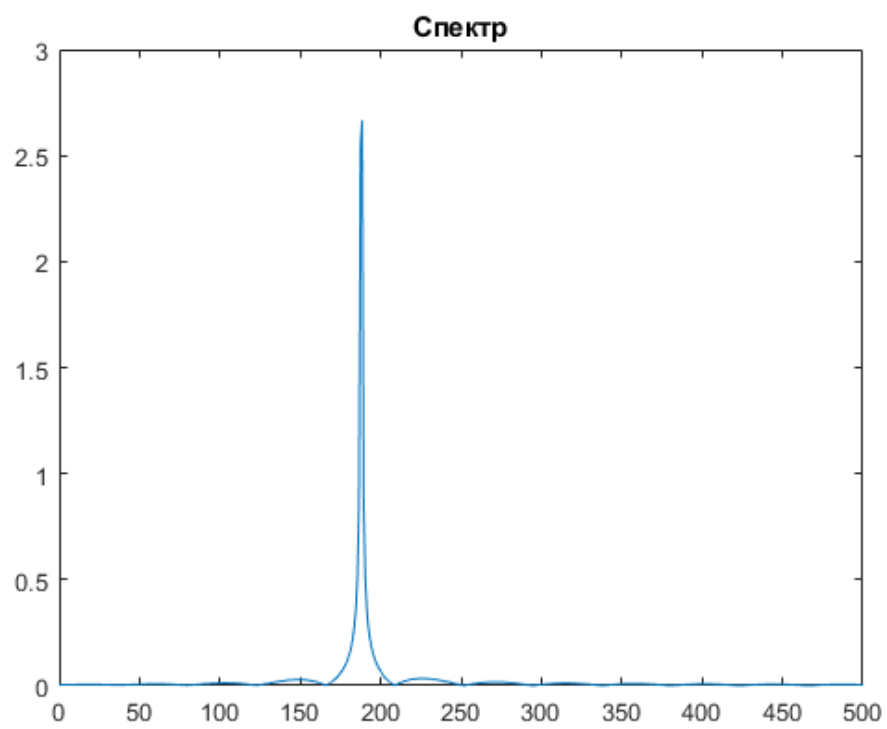


Рис. 10: Спектр модулированного сигнала

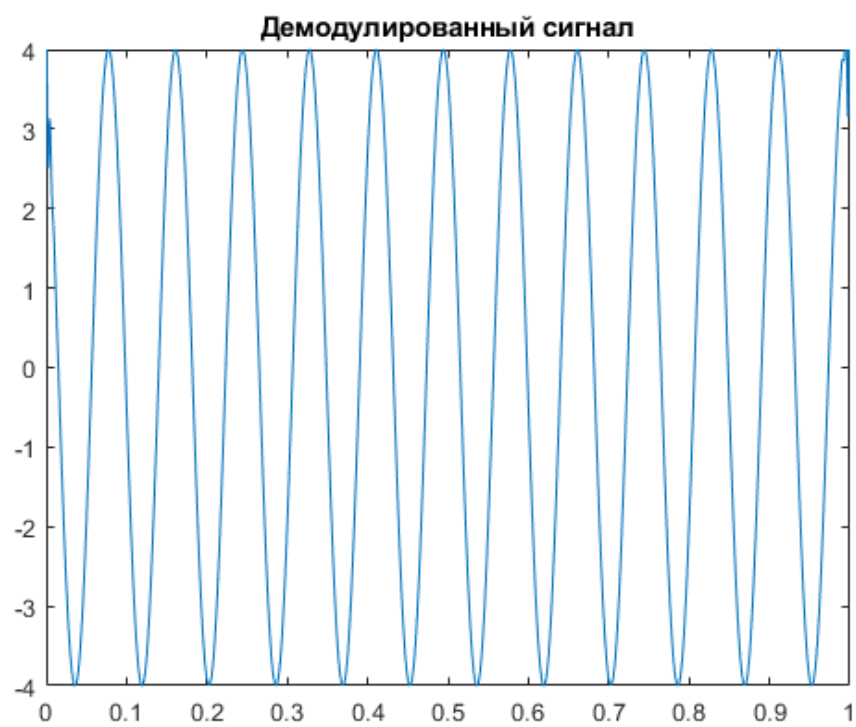


Рис. 11: Демодулированный сигнал

Сигнал совпадает с исходным.



## 4.2 Фазовая модуляция

Выполним фазовую модуляцию и демодуляцию:

```
phmod = pmmod(x1, Fc, Fd, pi/8); %Модуляция  
ph_demod = pmdemod(phmod, Fc, Fd, pi/8); %Демодуляция
```

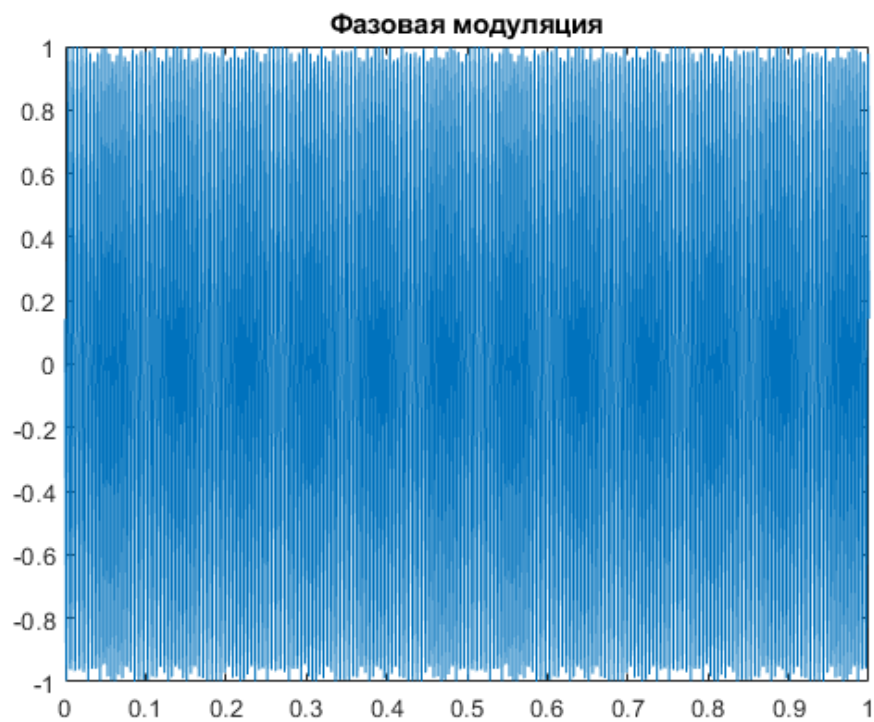


Рис. 12: Фазовая модуляция

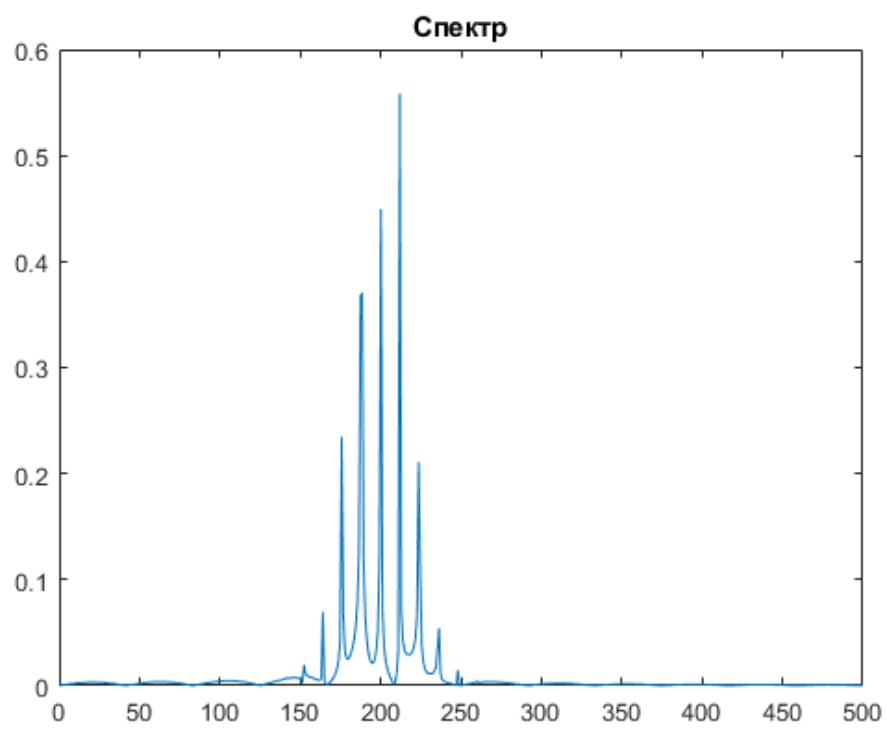


Рис. 13: Спектр модулированного сигнала

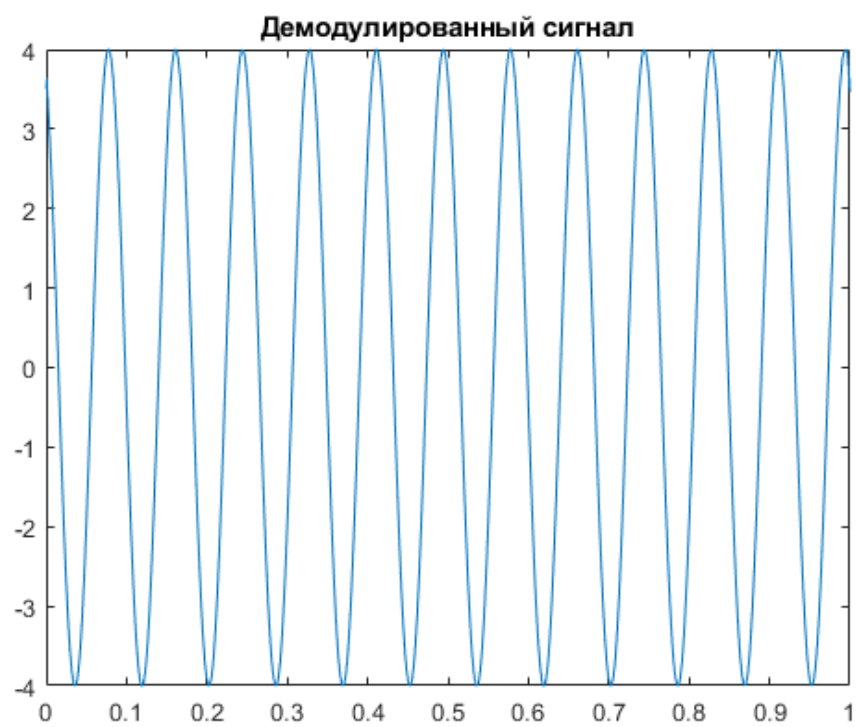


Рис. 14: Демодулированный сигнал

Сигнал совпадает с исходным.

### 4.3 Частотная модуляция

Выполним частотную модуляцию и демодуляцию:

```
dev = 25; %Девияция частоты
fmod = fmmmod(x, Fc, Fd, dev); %Модуляция
fdemod = fmdemod(fmod, Fc, Fd, dev);%Демодуляция
```

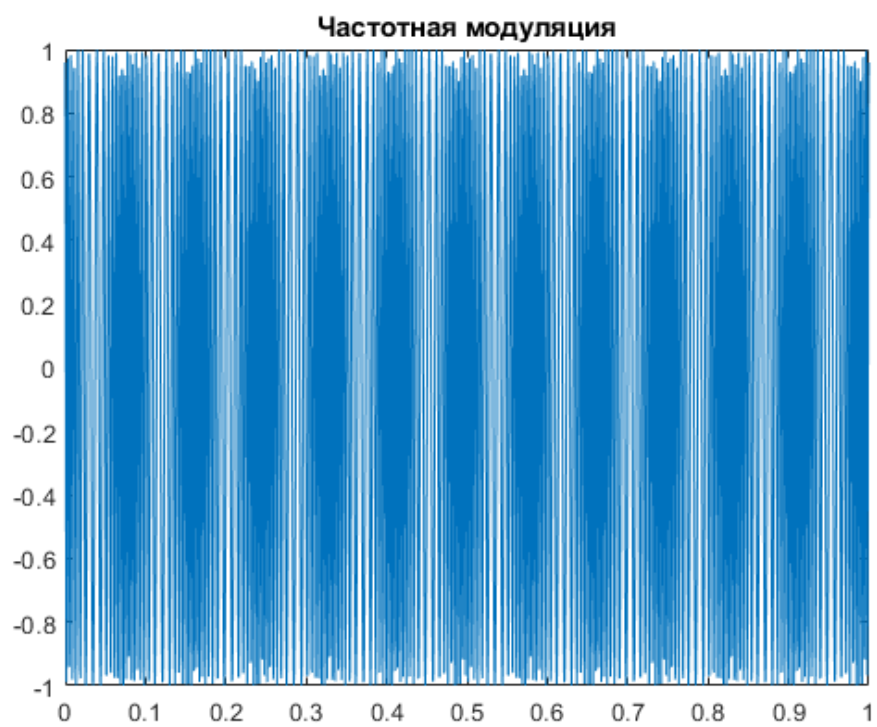


Рис. 15: Частотная модуляция

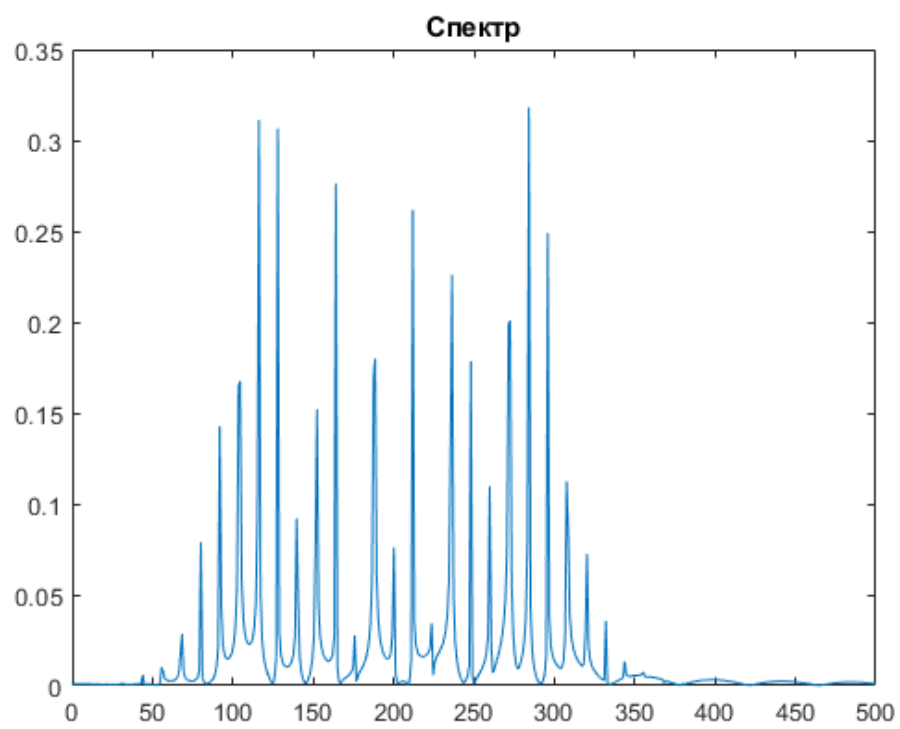


Рис. 16: Спектр модулированного сигнала

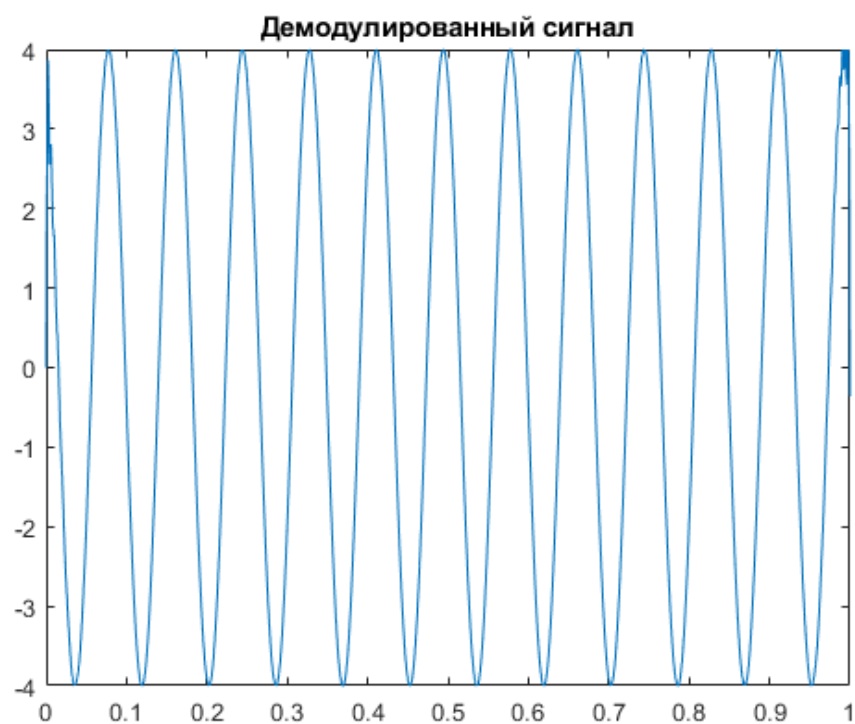


Рис. 17: Демодулированный сигнал

Сигнал совпадает с исходным.

## 5 Выводы

В ходе работы исследованы все виды аналоговых модуляций: амплитудная, частотная, фазовая. Проведена модуляция/демодуляция сигналов. Демодулированные сигналы совпадают с исходными.