

Отчет по лабораторной работе №4, 5

Игнатьев К.А.

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

Для модуляций использовался следующий сигнал:

```
%%Синусоидальный сигнал
I0 = 9; %%Амплитуда колебаний
w = 7; %%Частота колебаний
f = 0; %%Начальная фаза колебаний
Fd = 2500;
t=-0.5:1/Fd:0.5;
I = I0*sin(2*pi*w*t+f);
```

Ниже приведен код на языке MATLAB, который проводит амплитудную модуляцию сигнала указанного выше.

```
Fc = 250;
M = 1;
y1 = ammod(I, Fc, Fd, [], M);
y2 = ammod(I, Fc, Fd, [], M/5);
```

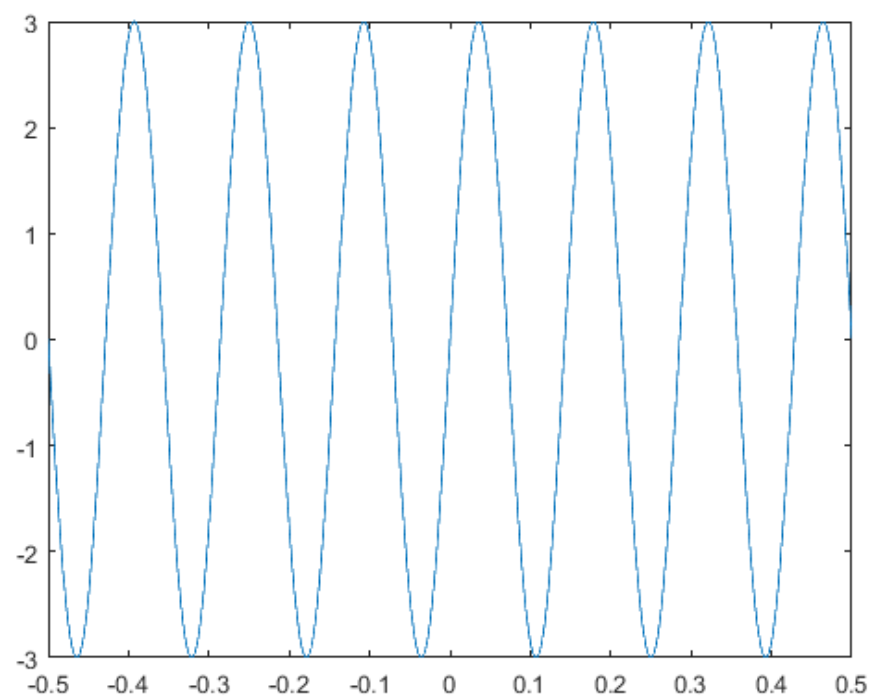


Рис. 1: Однотональный сигнал

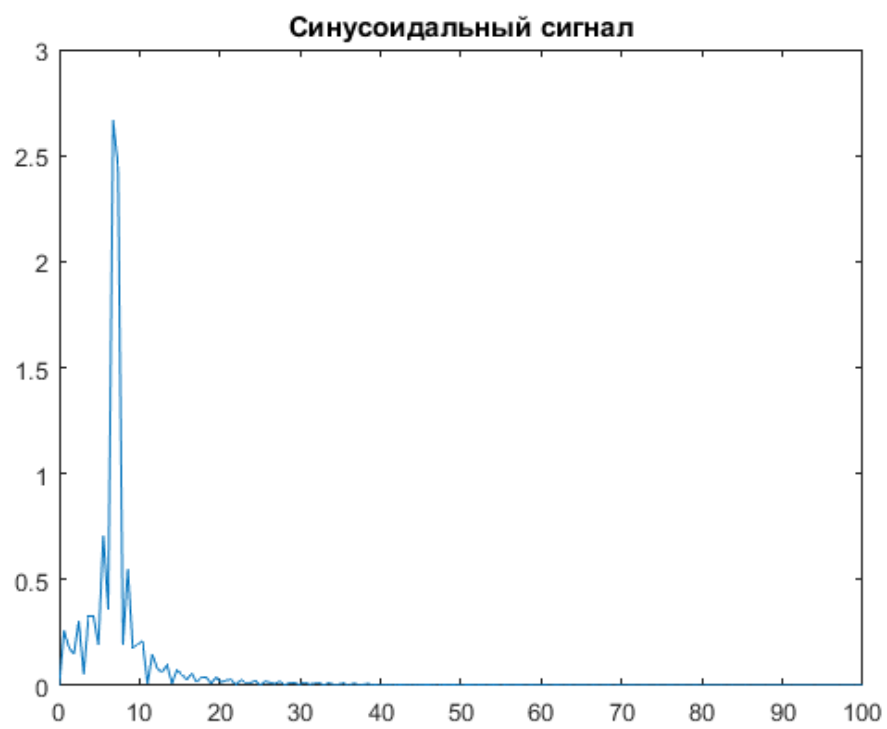


Рис. 2: Спектр однотонового сигнала

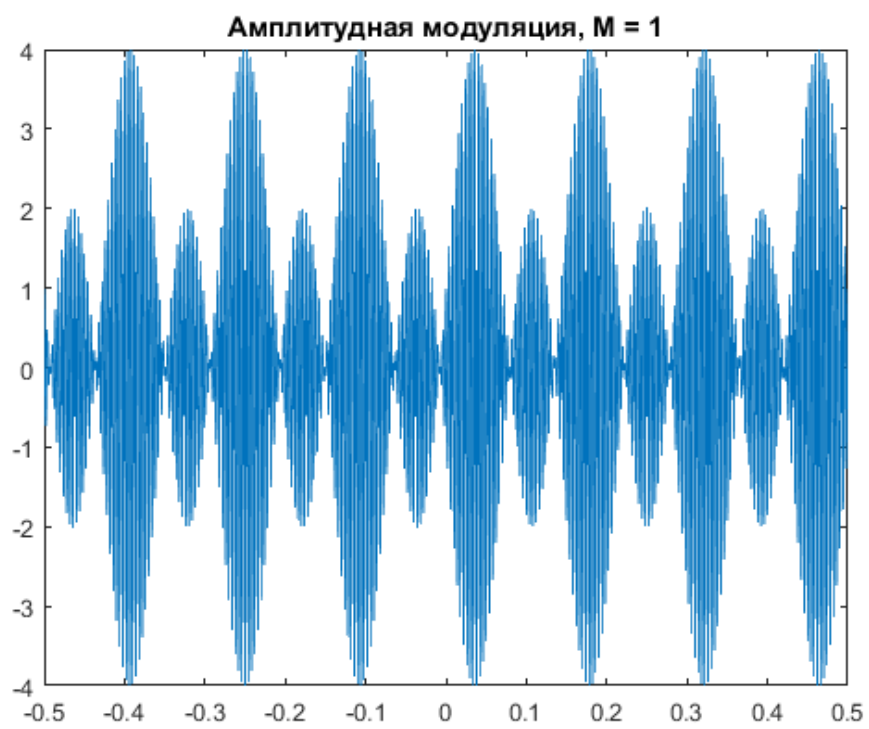


Рис. 3: Амплитудная модуляция при $M=1$

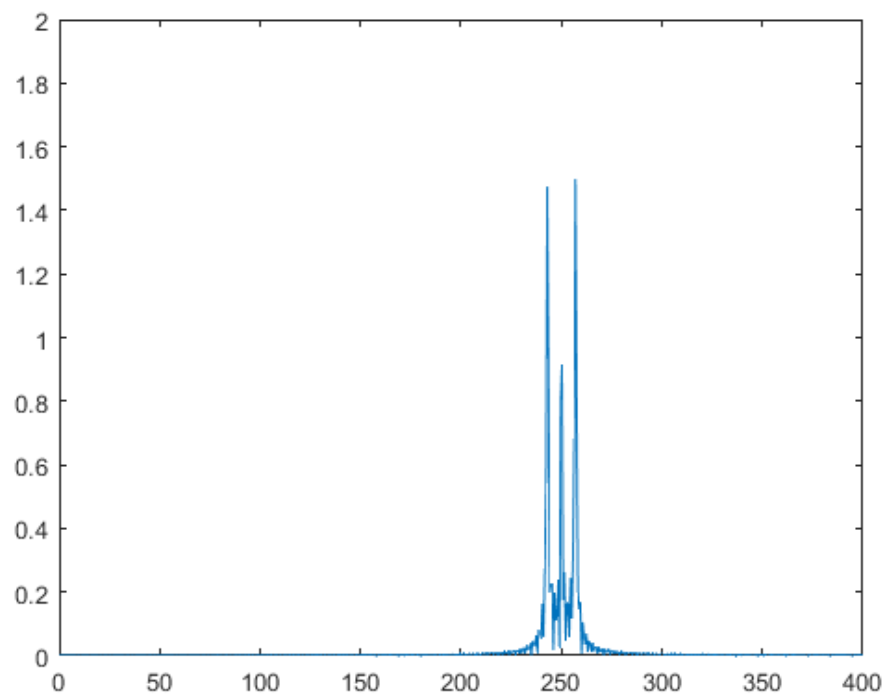


Рис. 4: Спектр сигнала после модуляции при $M=1$

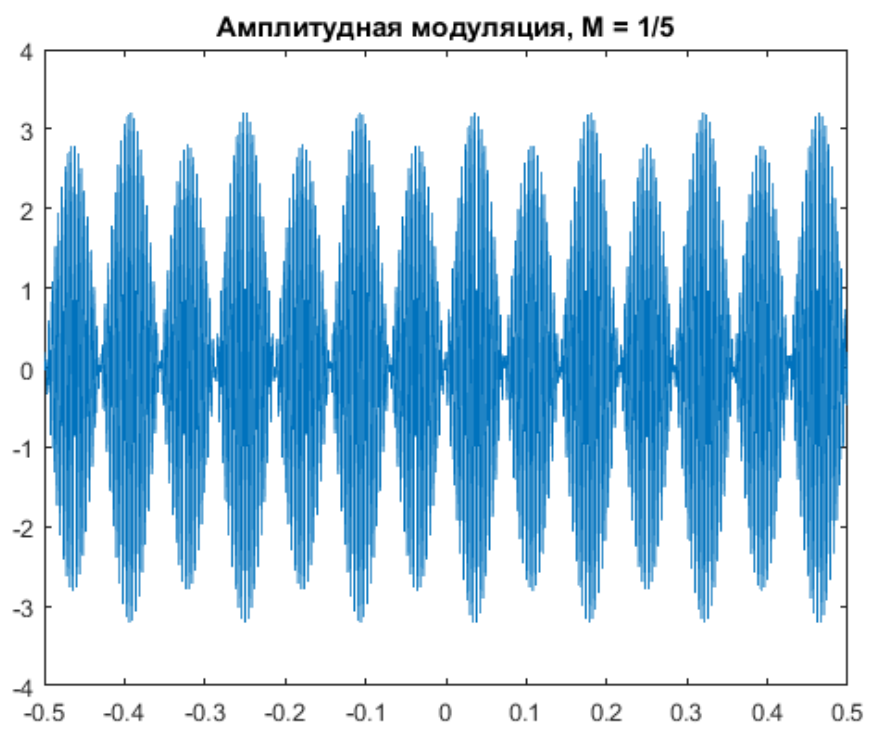


Рис. 5: Амплитудная модуляция при $M=1/5$

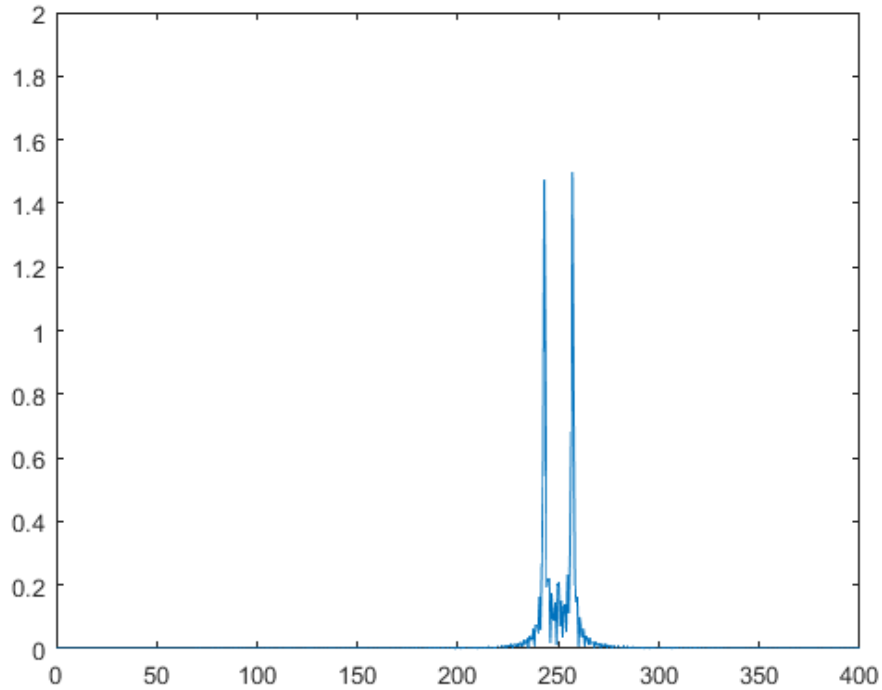


Рис. 6: Спектр сигнала после модуляции при $M=1/5$

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 $M = 1$ $\eta = 0.333$
- При $M = 0.2$ $\eta = 0.019$

Максимальный КПД равен 33%. Это вариант без подавленной несущей.

Далее код амплитудной модуляции с подавлением несущей.

```
w = ammod(I, Fc, Fd);
```

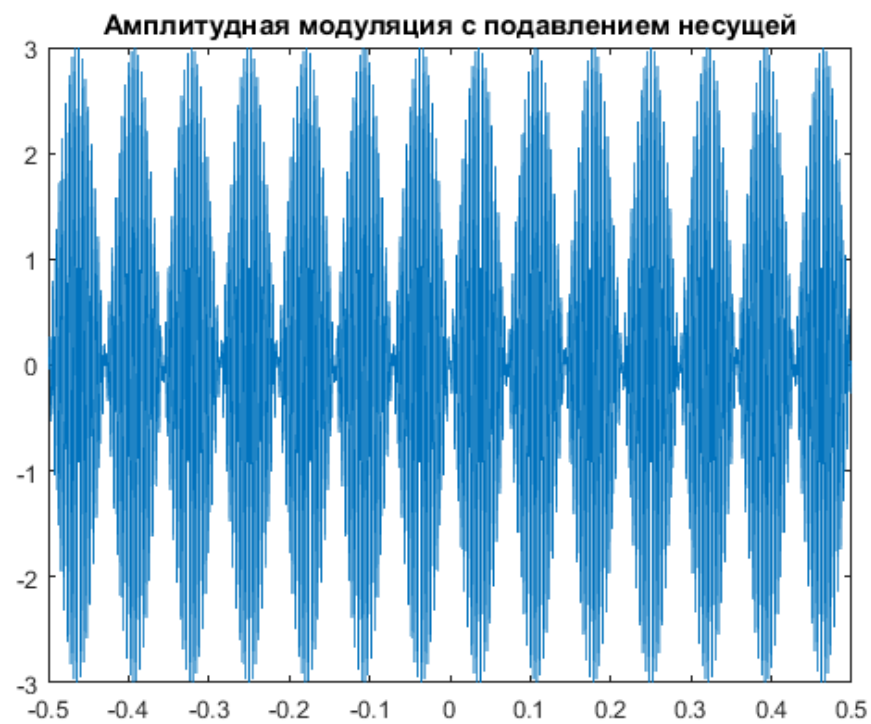


Рис. 7: Амплитудная модуляция с подавлением несущей

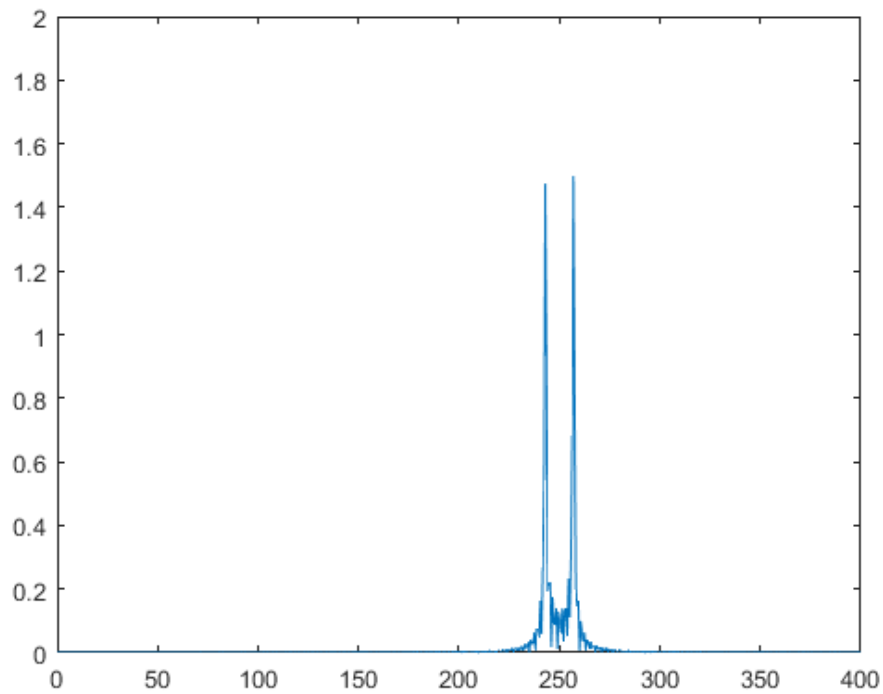


Рис. 8: Спектр сигнала после модуляции

Однополосная модуляция:

```
%%Однополосная модуляция/демодуляция
op = ssbmod(I, Fc, Fd); %%модуляция
op_d = ssbdemod(op, Fc, Fd); %%демодуляция
```

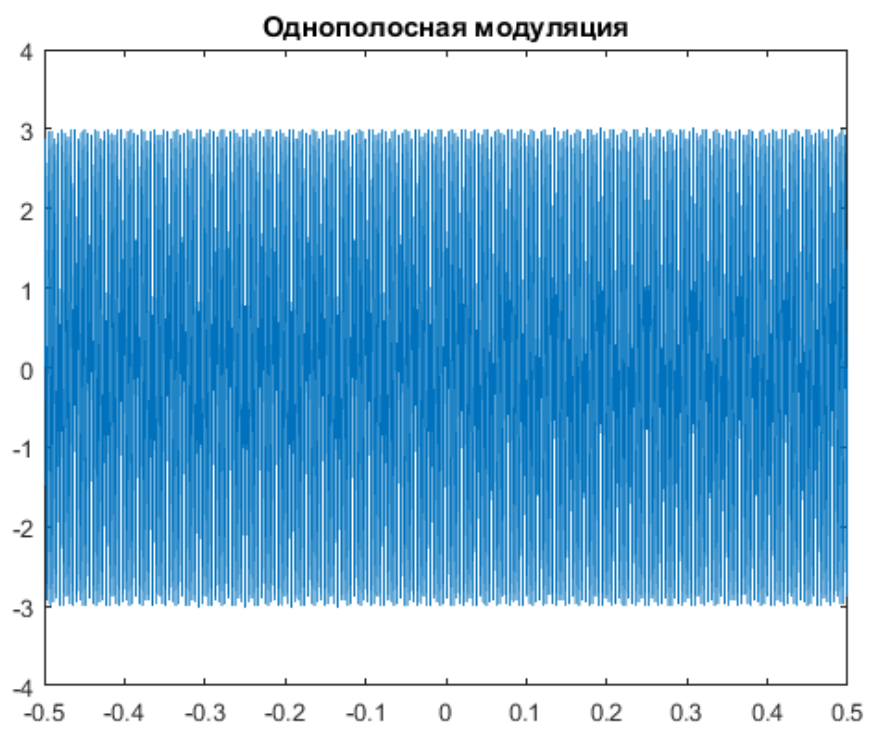


Рис. 9: Однополосная модуляция

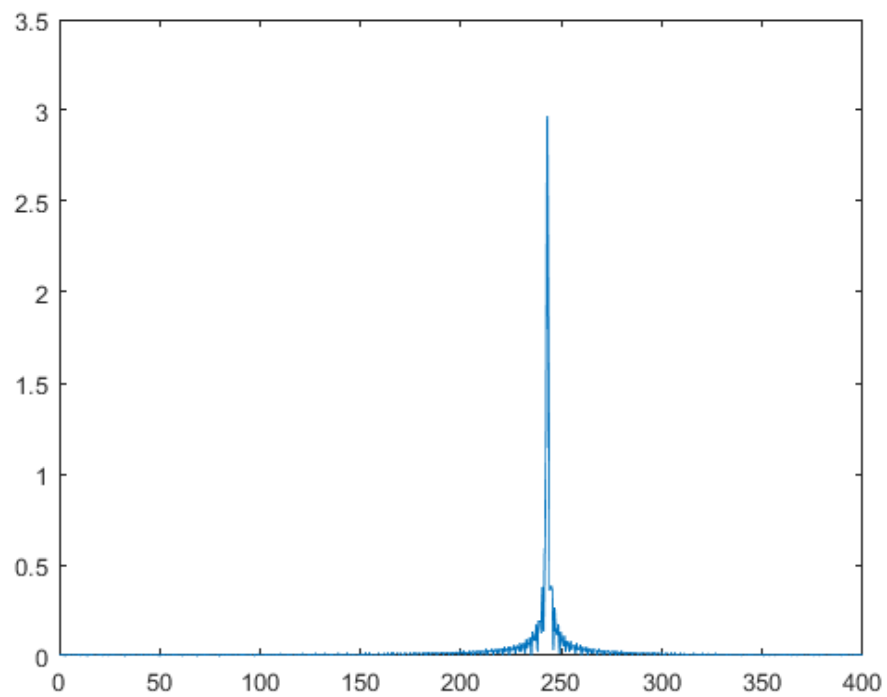


Рис. 10: Спектр сигнала после модуляции

Демодулируем сигнал с помощью функции "ssbdemod".

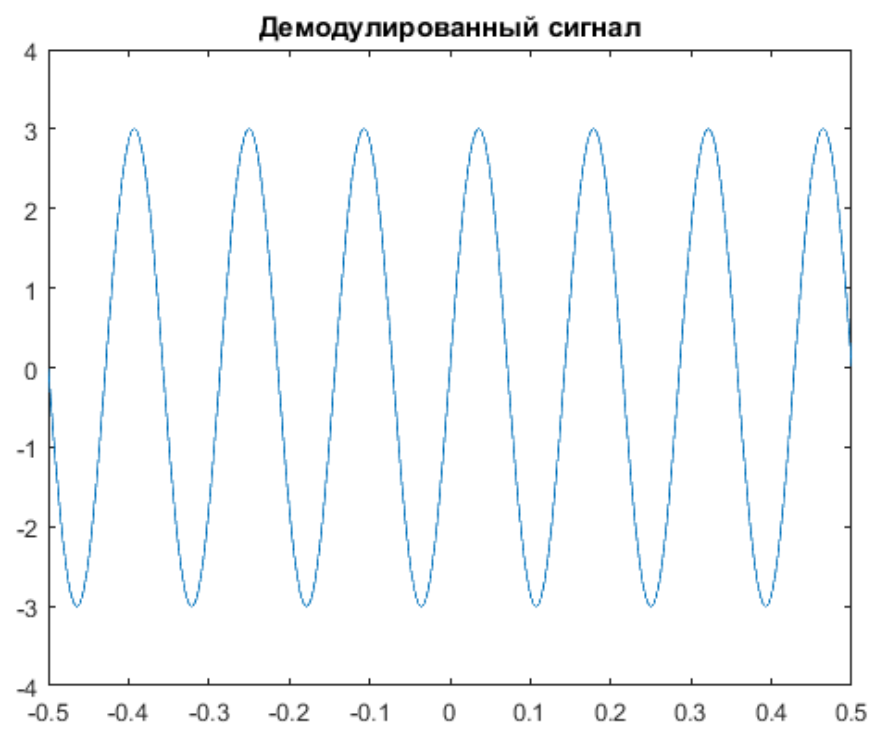


Рис. 11: Демодулированный сигнал

Сигнал совпал с исходным.

4.2 Фазовая модуляция

Код MatLab для фазовой модуляции:

```
phmod = pmmod(I, Fc, Fd, pi/2); %%Модуляция  
ph_demod = pmdemod(I, Fc, Fd, pi/2); %%Демодуляция
```

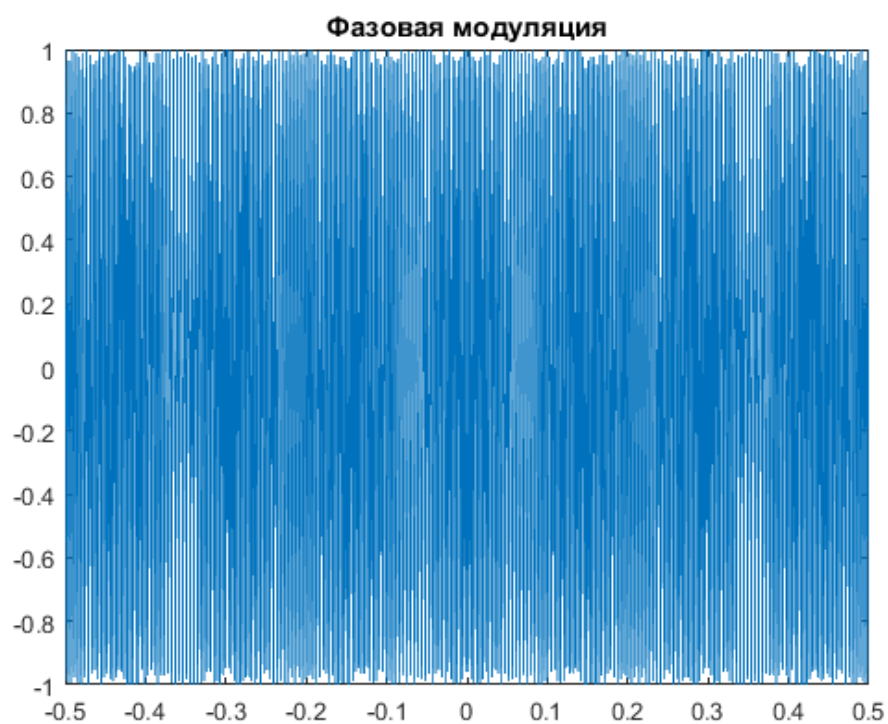


Рис. 12: Фазовая модуляция

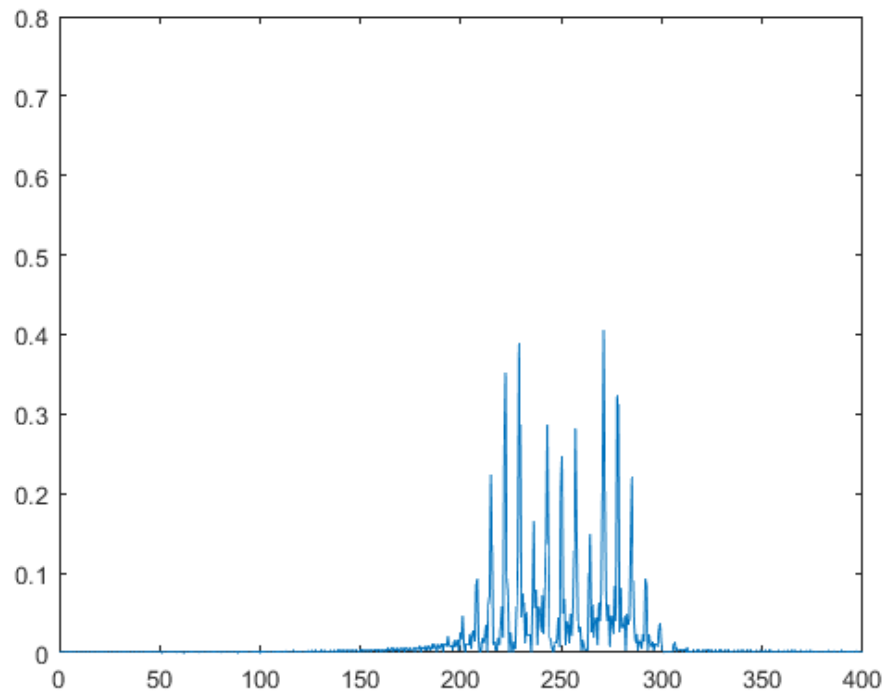


Рис. 13: Спектр сигнала после модуляции

Демодулируем сигнал с помощью функции "pmdemod".

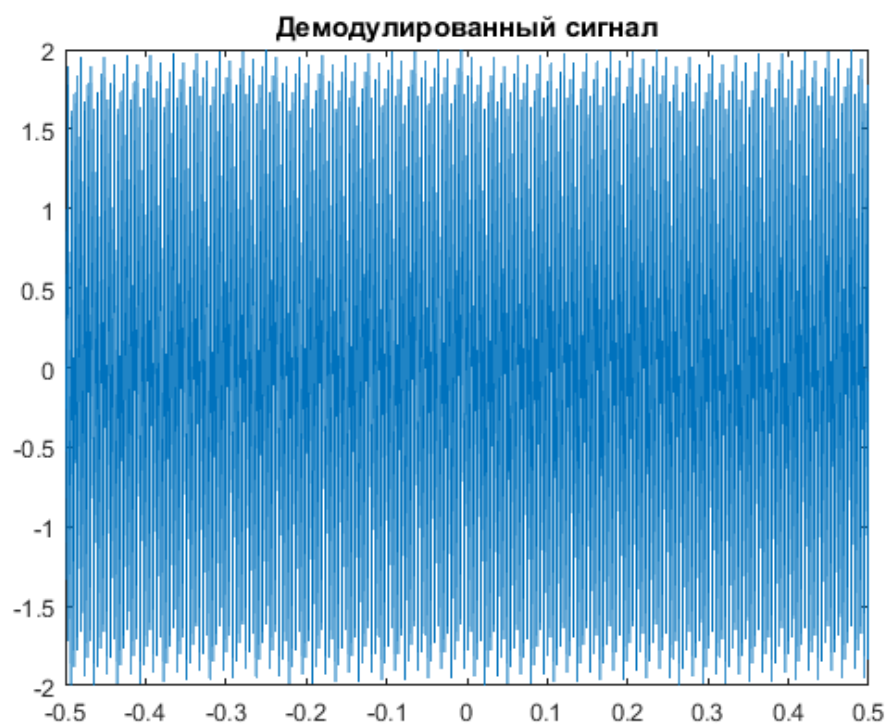


Рис. 14: Демодулированный сигнал

Сигнал совпал с исходным.

4.3 Частотная модуляция

Ниже приведен код на языке MATLAB, который проводит частотную модуляцию и демодулирует сигнал.

```
%Частотная модуляция  
dev = 25; %%Девияция частоты  
mod = fmod(I, Fc, Fd, dev); %%Модуляция  
fdemod = fmdemod(mod, Fc, Fd, dev); %%Демодуляция
```

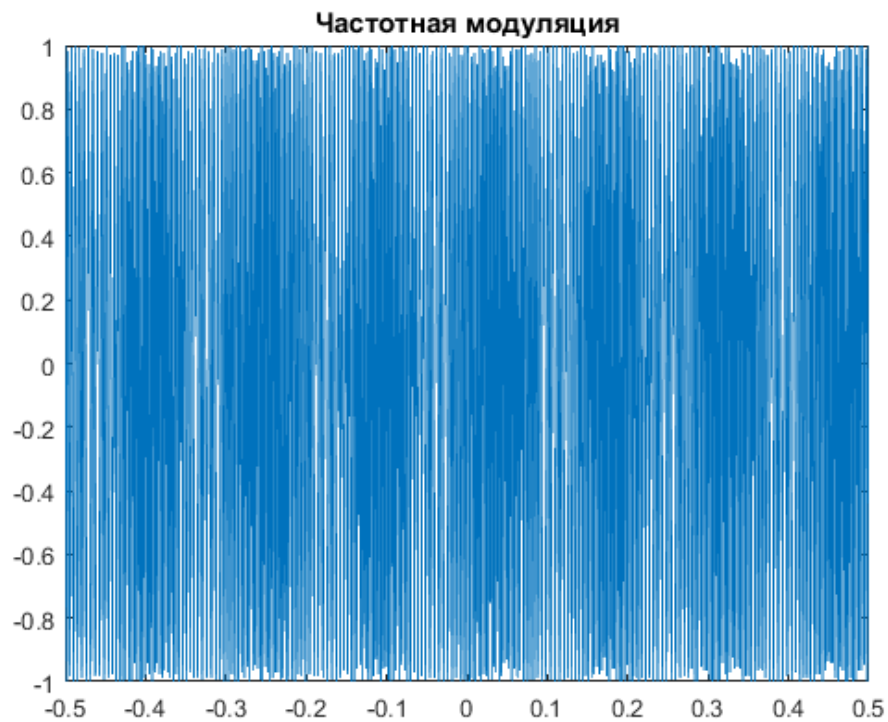


Рис. 15: Частотная модуляция

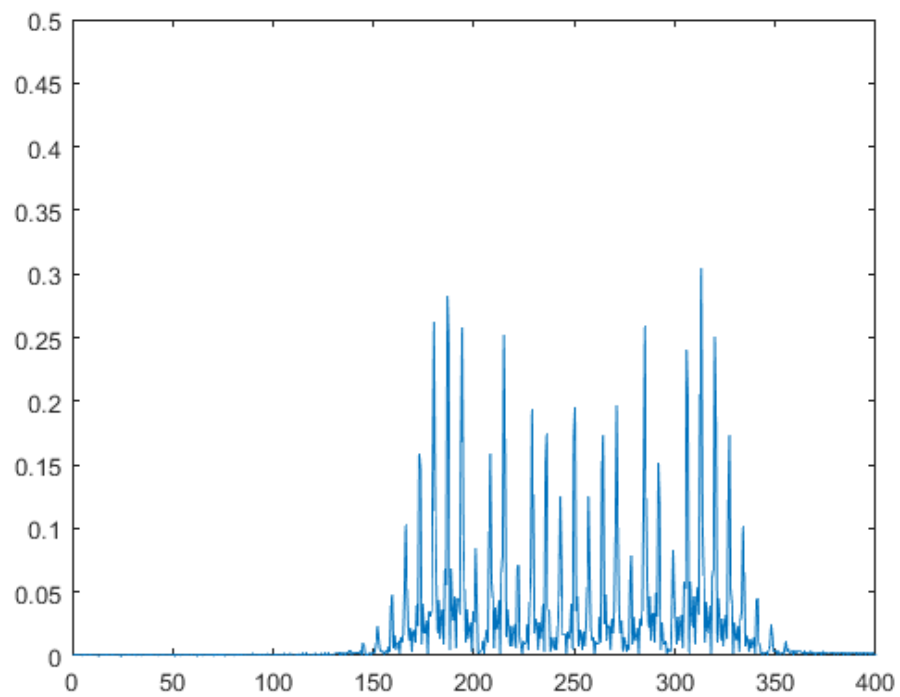


Рис. 16: Спектр сигнала после модуляции

Демодулируем сигнал с помощью функции "fmdemod".

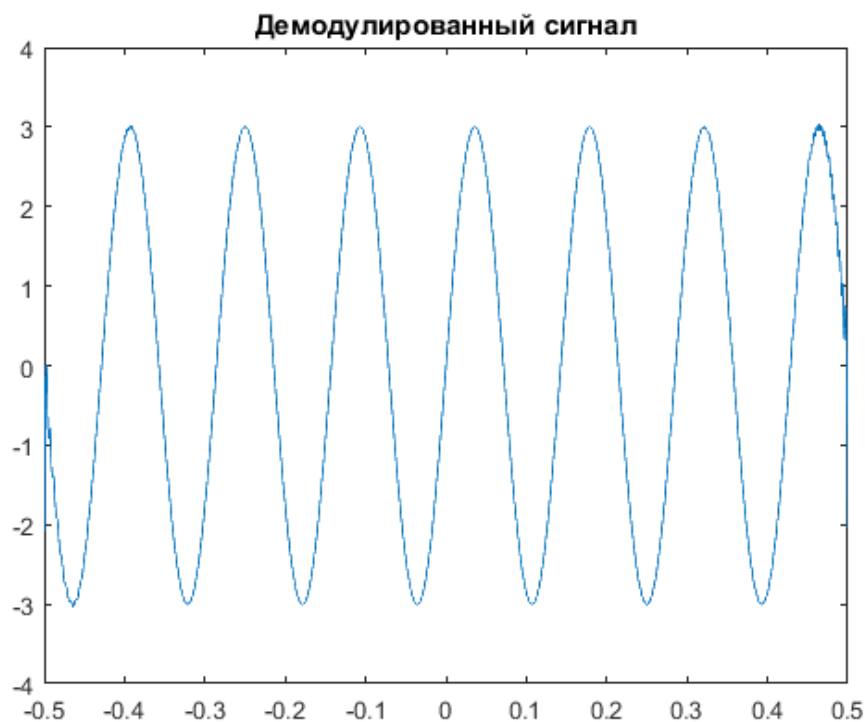


Рис. 17: Демодулированный сигнал

Сигнал совпал с исходным.

5 Выводы

В работе были исследованы все виды аналоговых модуляций: амплитудная, частотная, фазовая. Сделана модуляция/демодуляция сигналов. Демодулированные сигналы совпадают с исходными. Сравнивая спектры всех модулированных сигналов можно отметить, что наибольшую ширину имеет спектр ЧМ сигнала.