

Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет  
Институт компьютерных наук и технологий  
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

ОТЧЕТ

По лабораторным работам №4-5

Дисциплина: Телекоммуникационные технологии

Тема:

Аналоговая модуляция. Частотная модуляция. Фазовая модуляция.

Выполнила студентка гр. 33501/2 \_\_\_\_\_ Белобородова В. Г.

Преподаватель \_\_\_\_\_ Богач Н.В.

< \_\_\_\_\_ > \_\_\_\_\_ 2018 г.

Санкт-Петербург  
2018

## Оглавление

1. Цель работы.....	3
2. Постановка задачи .....	3
3. Теоретические сведения.....	3
4. Ход работы .....	4
Амплитудная модуляция – глубина модуляции.....	4
Амплитудная модуляция – с подавлением несущей .....	8
Амплитудная модуляция – однополосная модуляция-демодуляция .....	9
Фазовая модуляция-демодуляция.....	11
Частотная модуляция-демодуляция .....	14
5. Вывод .....	17

## Список иллюстраций

Рис. 4.1 – Исходный синусоидальный сигнал .....	5
Рис. 4.2 – Модулированный сигнал, $M=1$ .....	5
Рис. 4.3 – Модулированный сигнал, $M=0.75$ .....	6
Рис. 4.4 – Модулированный сигнал, $M=1.25$ .....	6
Рис. 4.5 – Спектр модулированного сигнала, $M=1$ .....	7
Рис. 4.6 – Спектр модулированного сигнала, $M=0.75$ .....	7
Рис. 4.7 – Спектр модулированного сигнала, $M=1.25$ .....	8
Рис. 4.8 – Модулированный сигнал с подавлением несущей .....	9
Рис. 4.9 – И его спектр .....	9
Рис. 4.10 – Однополосный модулированный сигнал .....	10
Рис. 4.11 – Спектр однополосного модулированного сигнала .....	10
Рис. 4.12 – Оригинальный и демодулированный сигналы .....	11
Рис. 4.13-4.15 – Фазово-модулированные сигналы, девиация фазы 1, 1.25, 0.5 .....	12
Рис. 4.16-4.18 – И их спектры соответственно .....	13
Рис. 4.19 – Оригинальный и демодулированный сигналы .....	14
Рис. 4.20-4.21 – Частотно-модулированные сигналы, девиация 15 и 5 соответственно .....	15
Рис. 4.22-4.23 – И их спектры соответственно .....	16
Рис. 4.24-4.25 – Оригинальный и демодулированные сигналы соответственно.....	17

## 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, частотную и фазовую модуляции сигнала по закону

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

для различных значений глубины модуляции  $M$ . Встроенные функции MatLab: ammod, ssbmod, fmmmod, pmmmod.

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 амплитудной модуляции.

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

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 pmmmod, pmdemod.
10. Получить спектр модулированного сигнала.
11. Выполнить частотную модуляцию/демодуляцию по закону

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

используя встроенные функции MatLab fmmmod, fmdemod.

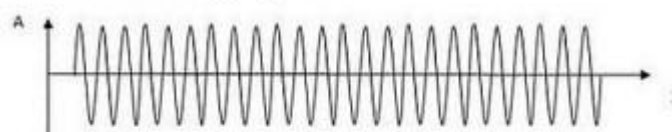
## 3. Теоретические сведения

Процесс переноса спектра сигналов из низкочастотной области на заданную частоту (т.е. выделенную для их передачи область частот) называется **модуляцией**. Исходный информационный сигнал называется модулирующим, а результат модуляции - модулированным сигналом.

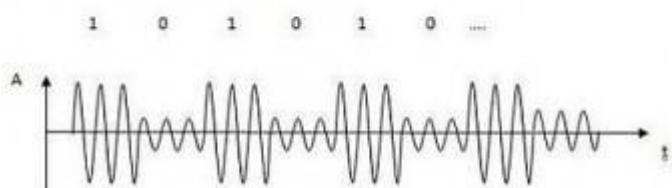
В зависимости от того, какой из параметров несущего колебания изменяется, различают виды модуляции:

- амплитудная
- частотная
- фазовая и др.

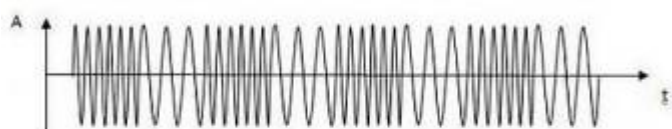
ARM: Аналоговая модуляция



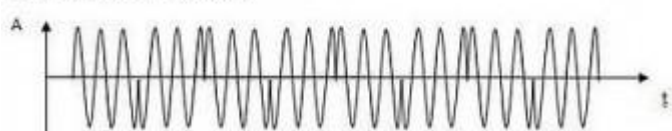
ASK: Амплитудная модуляция



FSK: Частотная модуляция



PSK: Фазовая модуляция



Амплитудная модуляция (AM) — вид модуляции, при которой изменяемым параметром несущего сигнала является его амплитуда.

В результате частотного типа модуляции сигнал модулирует частоту опорного сигнала, а не мощность.

В процессе фазовой модуляции модулирующий сигнал использует фазу опорного сигнала.

#### 4. Ход работы

##### Амплитудная модуляция – глубина модуляции

Построим сигнал и 3 его амплитудные модуляции с разными глубинами модуляции:

```
f = 3;           % Частота
f0 = 1;          % Начальная фаза
fs = 1000;       % Частота дискретизации, раз в сек
t=0:1/fs:1;      % Шкала времени
s = sin(2*pi*f*t+f0);
fc = 100;        % Carrier frequency
am1 = ammod(s, fc, fs, [], 1);
am2 = ammod(s, fc, fs, [], 1/0.5);
am3 = ammod(s, fc, fs, [], 1/(1/0.5));
```

```
plot(t, s);  
figure; plot(t, am1);  
figure; plot(t, am2);  
figure; plot(t, am3);
```

Графики, полученные в ходе выполнения программы:

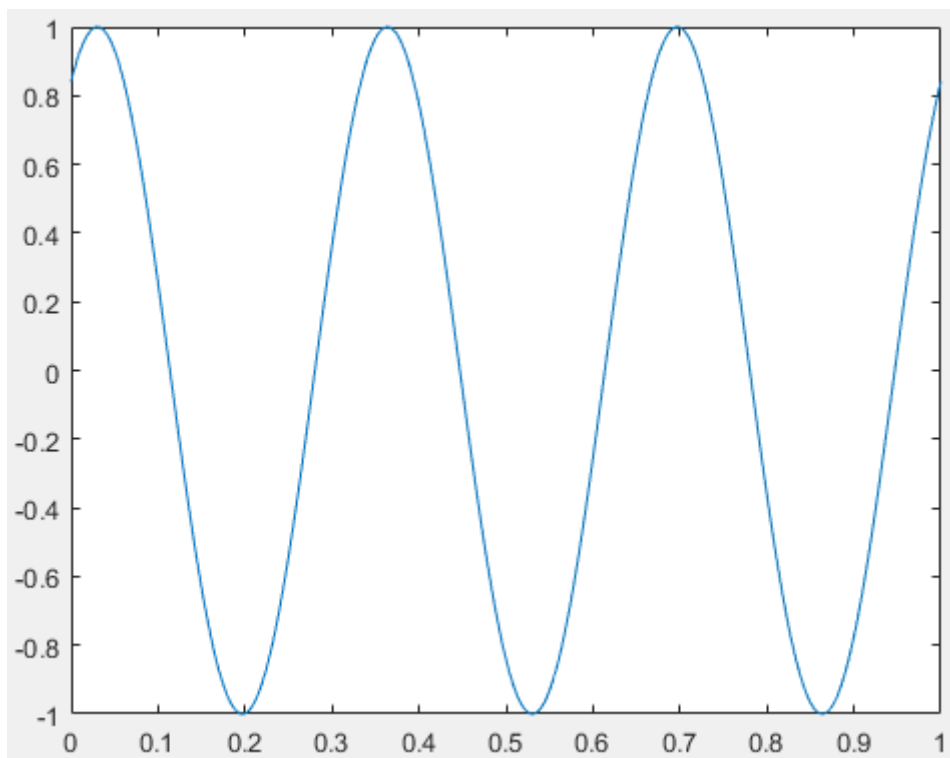


Рис. 4.1 – Исходный синусоидальный сигнал

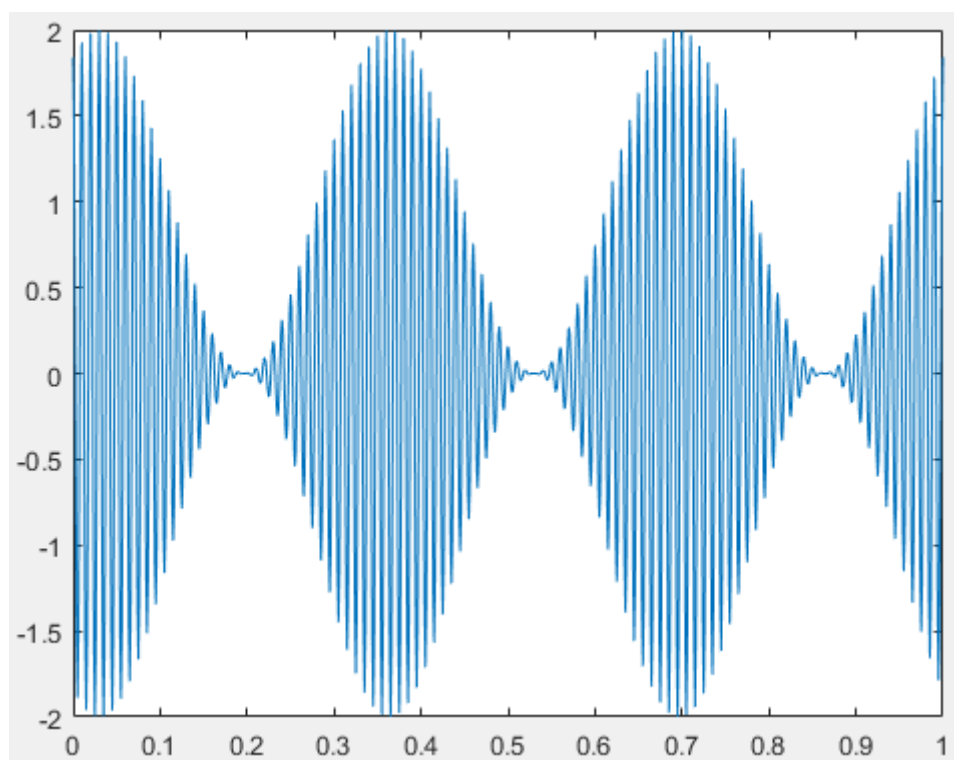


Рис. 4.2 – Модулированный сигнал,  $M=1$

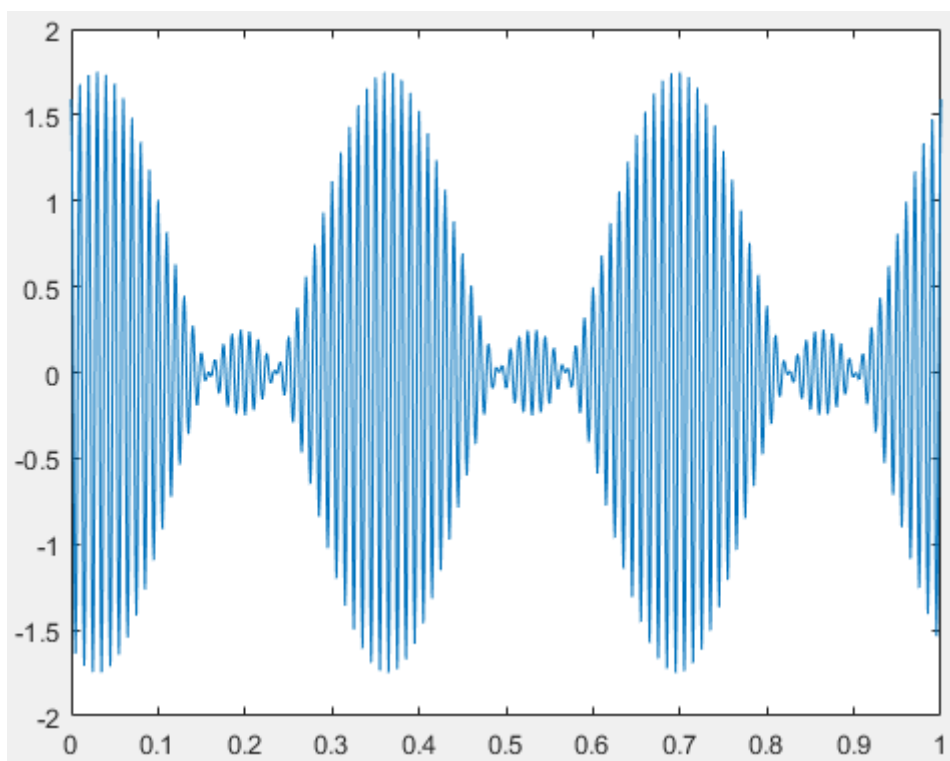


Рис. 4.3 – Модулированный сигнал,  $M=0.75$

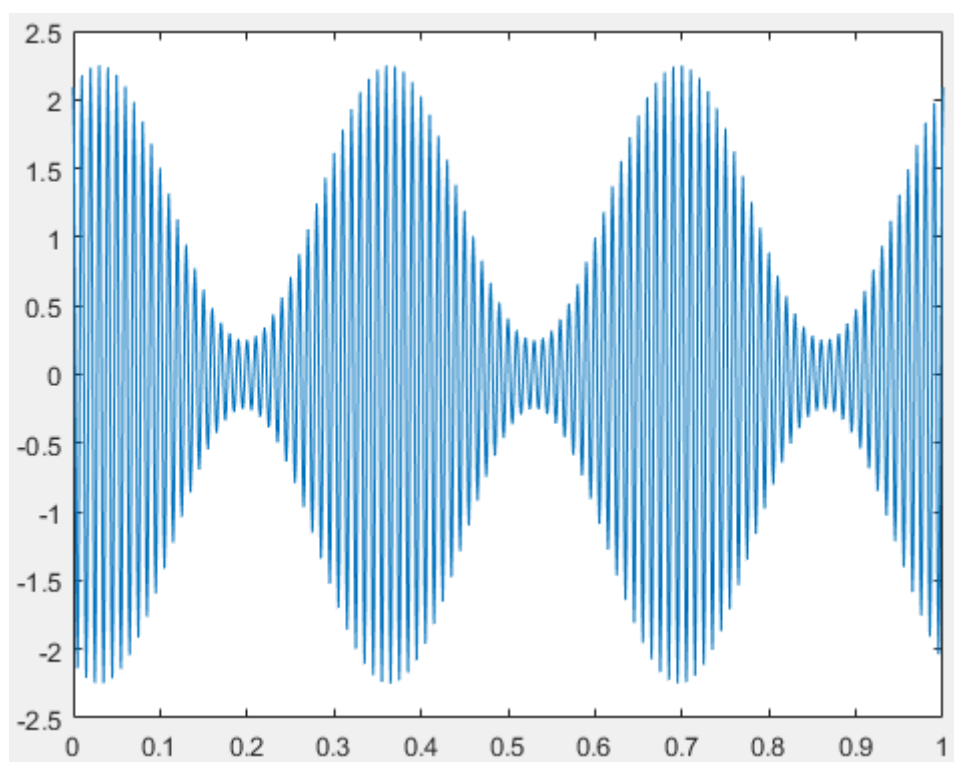


Рис. 4.4 – Модулированный сигнал,  $M=1.25$

Т.е. в Матлабе при увеличении глубины модуляции минимальное значение амплитуды возрастает. Соответственно, при значении  $M$  меньше 1 наблюдается перемодуляция.

Посмотрим на спектры полученных сигналов:

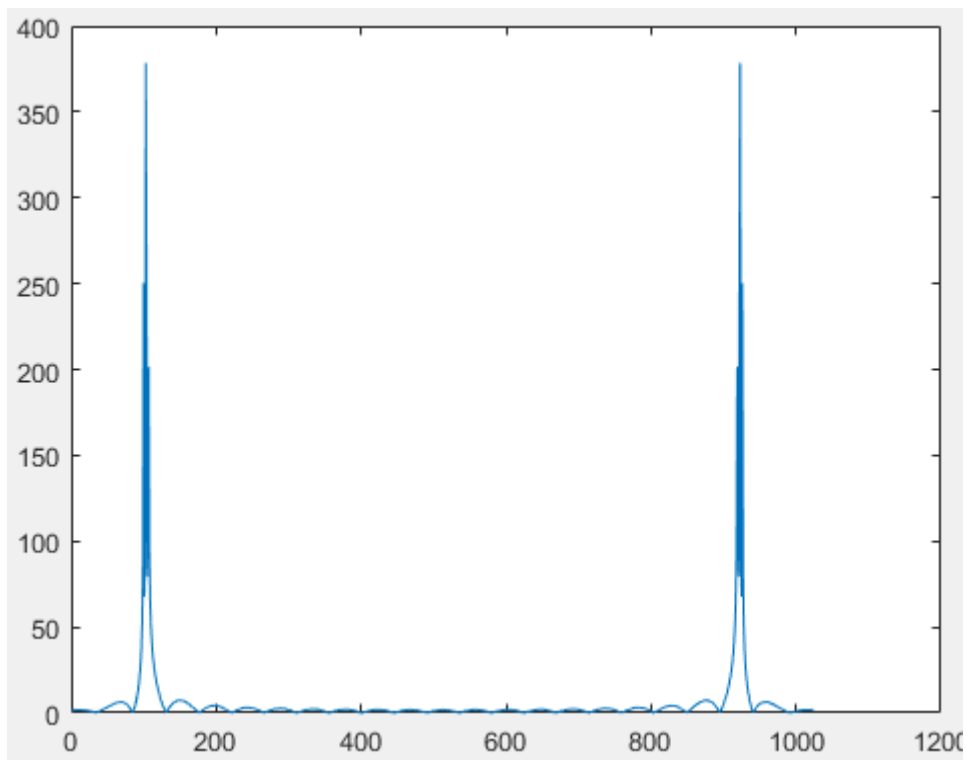


Рис. 4.5 – Спектр модулированного сигнала,  $M=1$

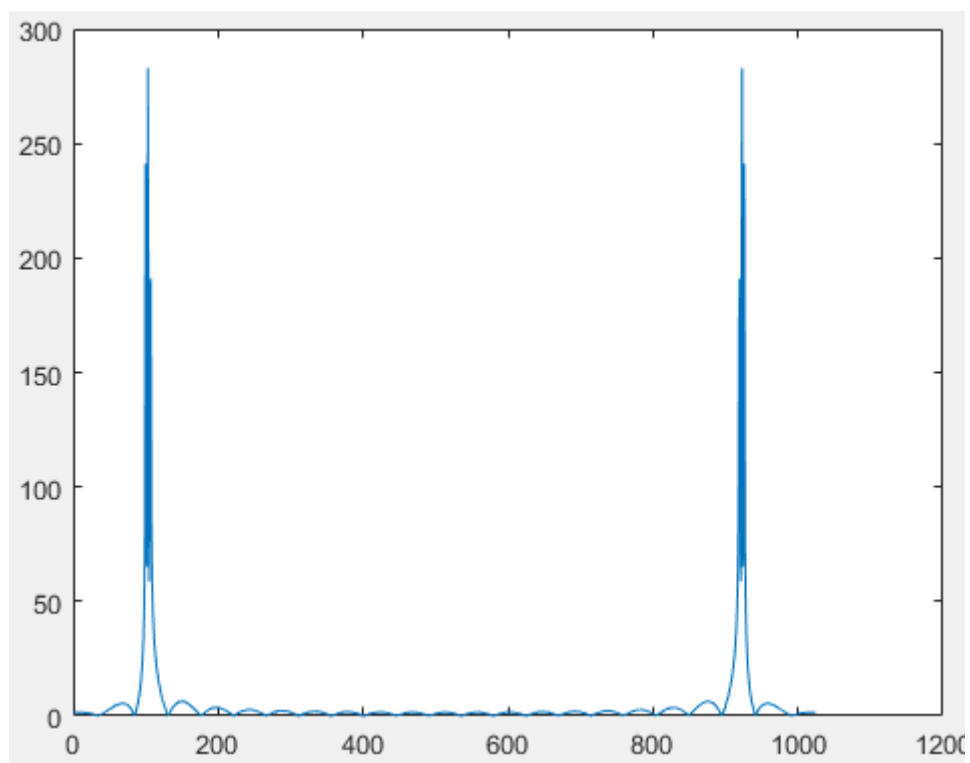


Рис. 4.6 – Спектр модулированного сигнала,  $M=0.75$

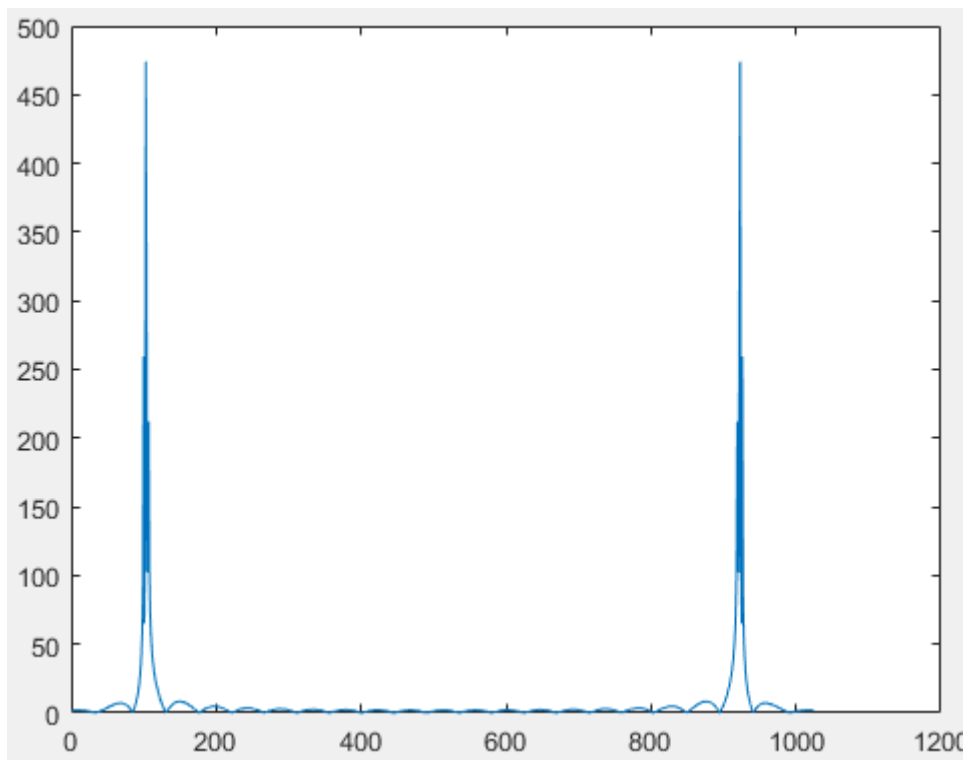


Рис. 4.7 – Спектр модулированного сигнала,  $M=1.25$

Рассчитаем КПД модуляций по формуле:

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

- $M = 1$        $\eta = 0.3$
- $M = 0.5$      $\eta = 0.1$
- $M = 0.3$      $\eta = 0.005$

#### Амплитудная модуляция – с подавлением несущей

```
am4 = ammod(s, fc, fs); % Suppressed-carrier modulation\
figure; plot(t, am4);
spektr_am4 = fft(am4,dots);
figure; plot(abs(spektr_am4));
```



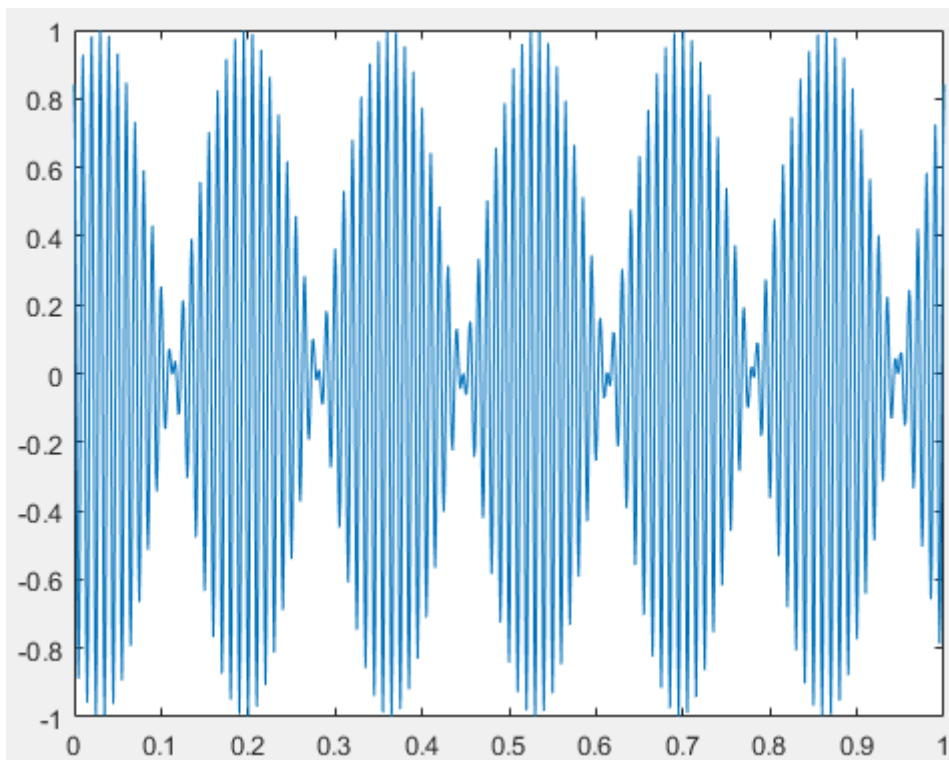


Рис. 4.8 – Модулированный сигнал с подавлением несущей

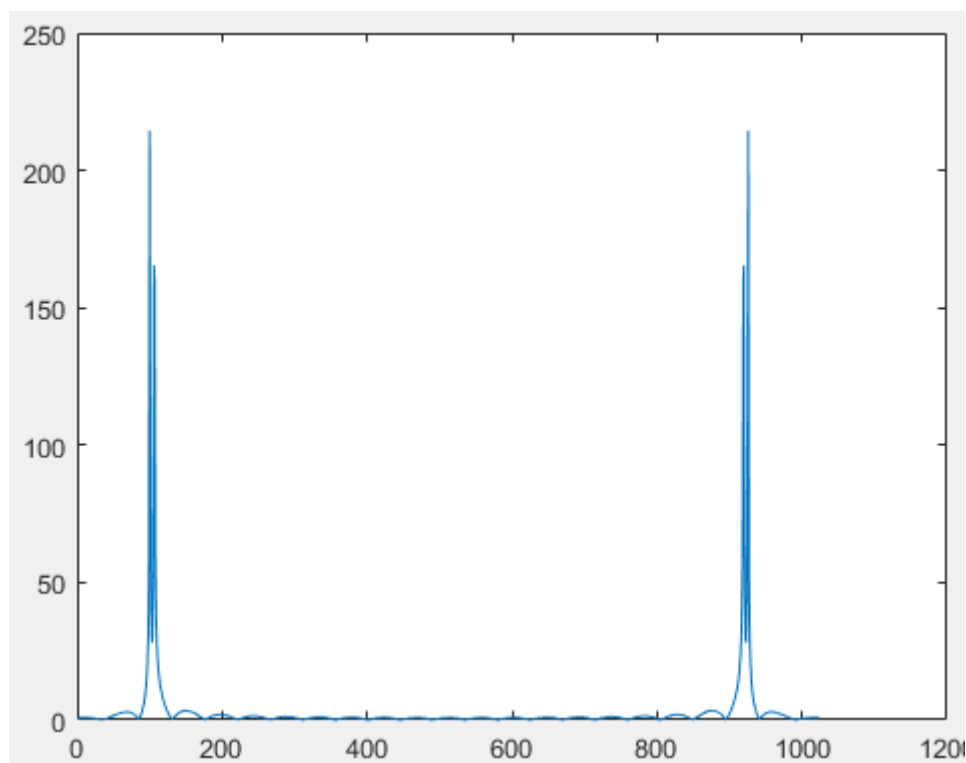


Рис. 4.9 – И его спектр

#### Амплитудная модуляция – однополосная модуляция-демодуляция

```
am5 = ssbmod(s, fc, fs); % Single sideband amplitude modulation
figure; plot(t, am5);
спектр_am5 = fft(am5,dots);
figure; plot(abs(спектр_am5));
dm1 = ssbdemod(am5, fc, fs); % Single sideband amplitude demodulation
figure; plot(t, dm1);
```

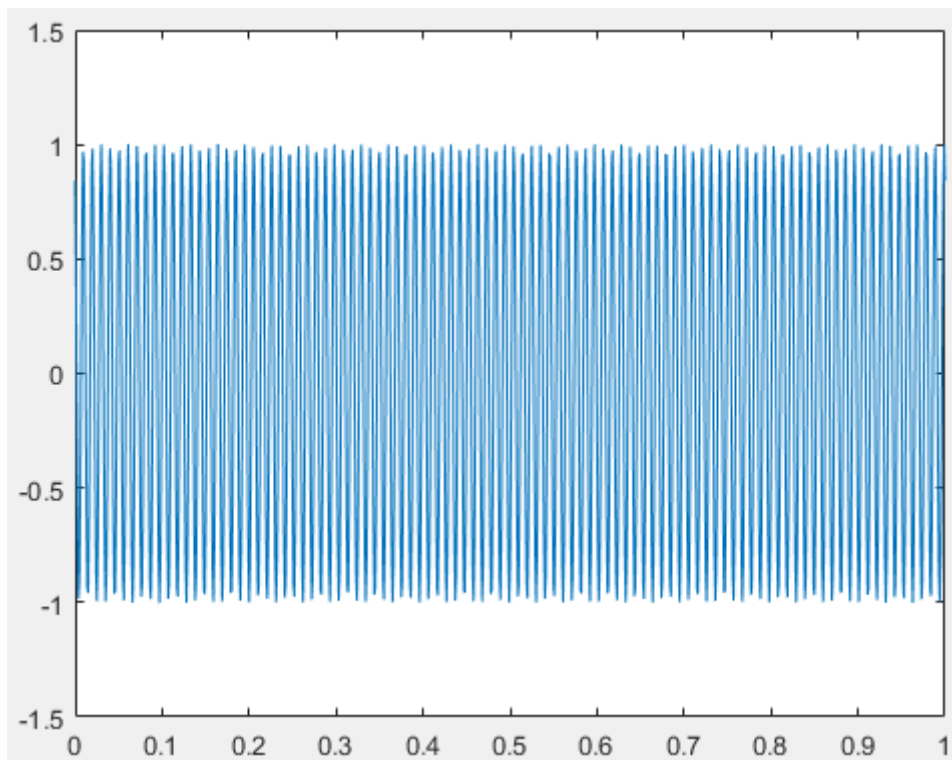


Рис. 4.10 – Однополосный модулированный сигнал

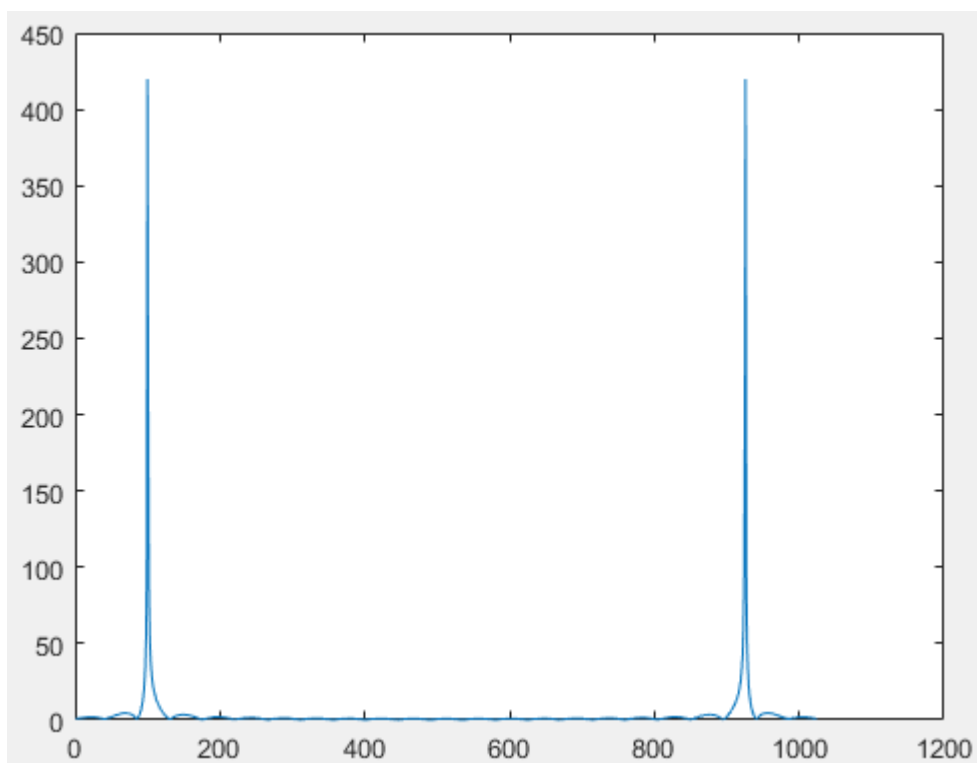


Рис. 4.11 – Спектр однополосного модулированного сигнала

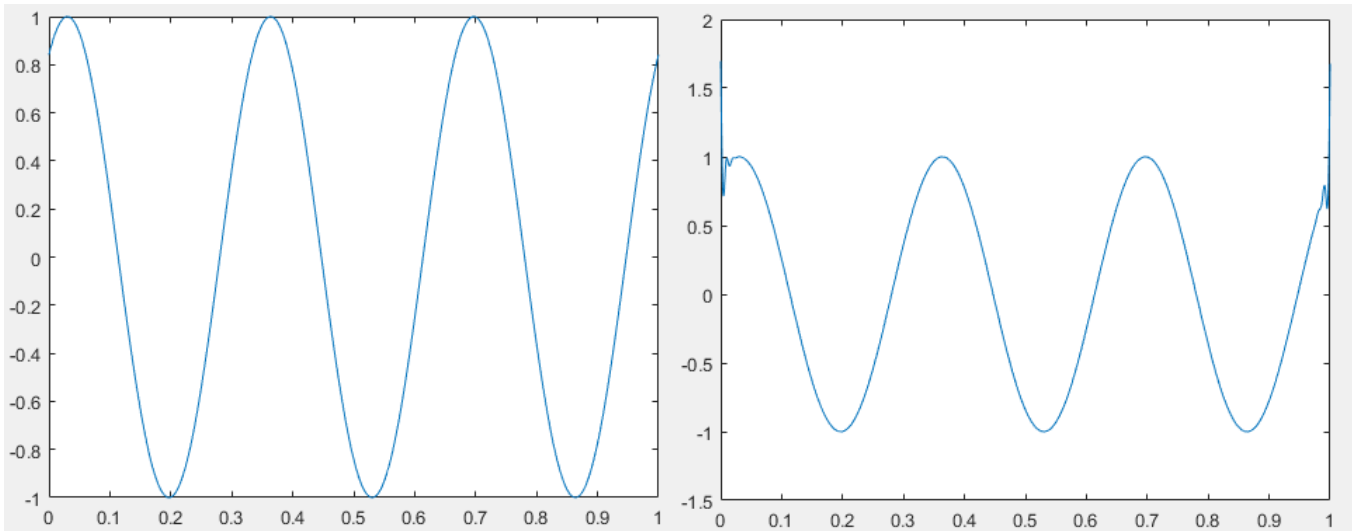


Рис. 4.12 – Оригинальный и демодулированный сигналы

Закодированный сигнал получен верно.

### Фазовая модуляция-демодуляция

Исходный сигнал не изменился. Изменилась частота несущей – она стала ниже, чтобы можно было что-то рассмотреть на графиках модулированного сигнала.

```
f = 3;           % Частота
f0 = 1;          % Начальная фаза
fs = 1000;       % Частота дискретизации, раз в сек
t=0:1/fs:1;      % Шкала времени
s = sin(2*pi*f*t+f0);
fc = 25;         % Carrier frequency
pm1 = pmmmod(s, fc, fs, 1);
pm2 = pmmmod(s, fc, fs, 1.25);
pm3 = pmmmod(s, fc, fs, 0.5);

plot(t, s);
figure; plot(t, pm1);
figure; plot(t, pm2);
figure; plot(t, pm3);

dots = 1024;     % Количество линий Фурье спектра
spektr_pm1 = fft(pm1,dots); % БПФ
spektr_pm2 = fft(pm2,dots);
spektr_pm3 = fft(pm3,dots);

figure; plot(abs(spektr_pm1));
figure; plot(abs(spektr_pm2));
figure; plot(abs(spektr_pm3));
```

Полученные графики есть смысл приводить друг над другом:

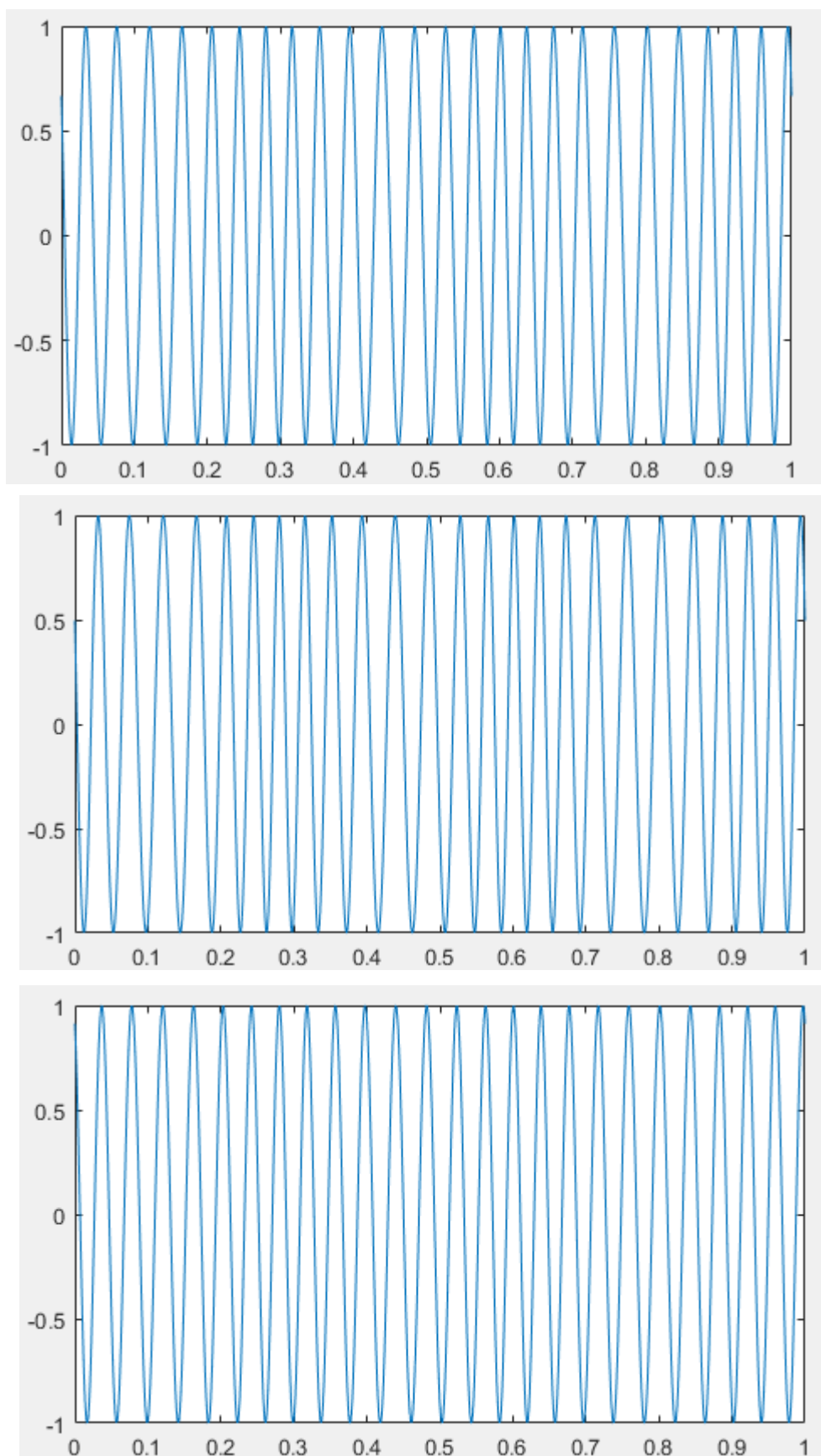


Рис. 4.13-4.15 – Фазово-модулированные сигналы, девиация фазы 1, 1.25, 0.5

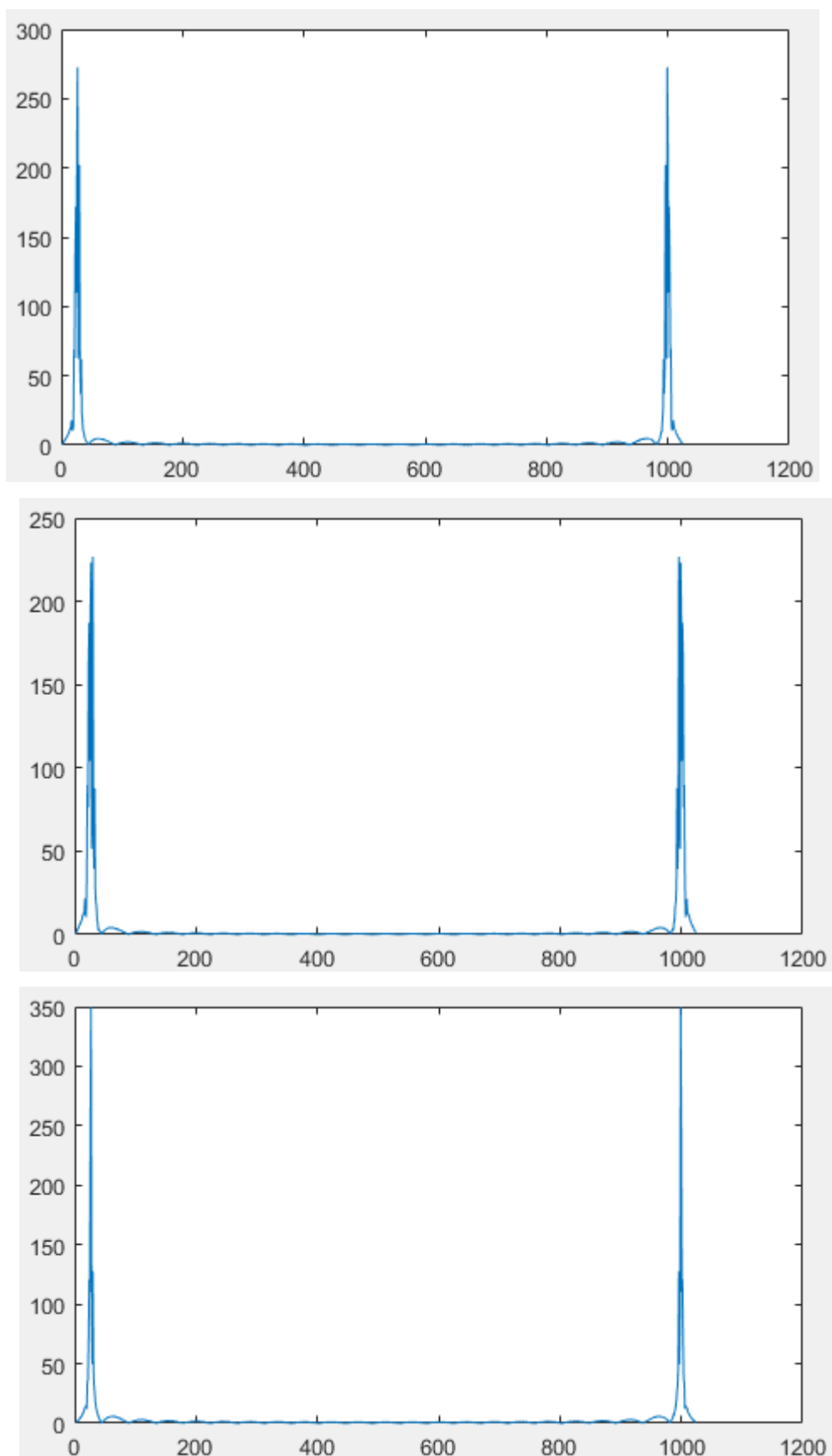


Рис. 4.16-4.18 – И их спектры соответственно

Для примера демодулируем сигнал с девиацией фазы 1.25:

```
dm2 = pmdemod(pm2, fc, fs, 1.25);  
figure; plot(t, dm2);
```

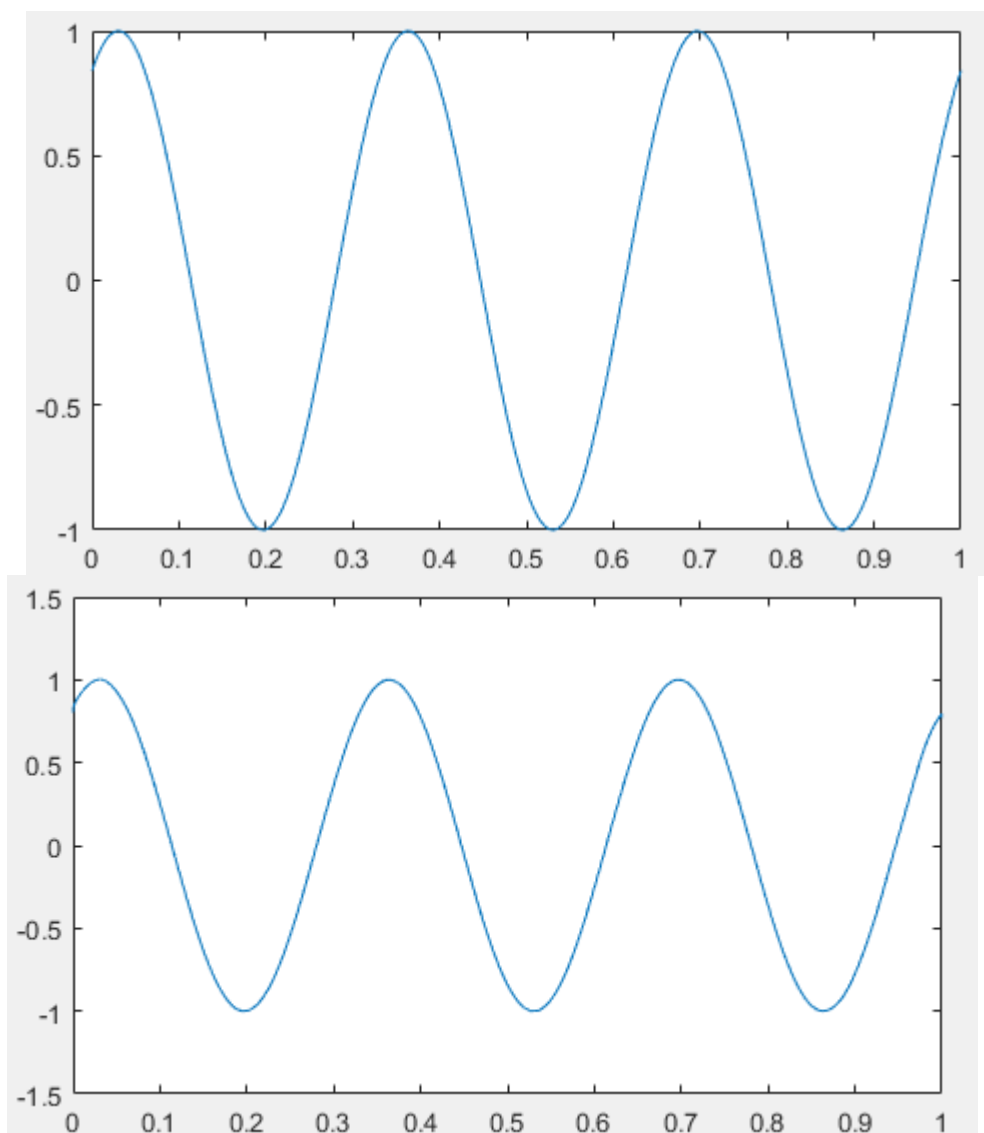


Рис. 4.19 – Оригинальный и демодулированный сигналы

### Частотная модуляция-демодуляция

```
f = 3;           % Частота
f0 = 1;         % Начальная фаза
fs = 1000;      % Частота дискретизации, раз в сек
t=0:1/fs:1;     % Шкала времени
s = sin(2*pi*f*t+f0);
fc = 25;        % Carrier frequency
fm1 = fmod(s, fc, fs, 15);
fm2 = fmod(s, fc, fs, 5);

plot(t, s);
figure; plot(t, fm1);
figure; plot(t, fm2);

dots = 1024;    % Количество линий Фурье спектра
spektr_pm1 = fft(fm1,dots); % БПФ
spektr_pm2 = fft(fm2,dots);

figure; plot(abs(spektr_pm1));
```

```
figure; plot(abs(spektr_pm2));
```

Полученные сигналы:

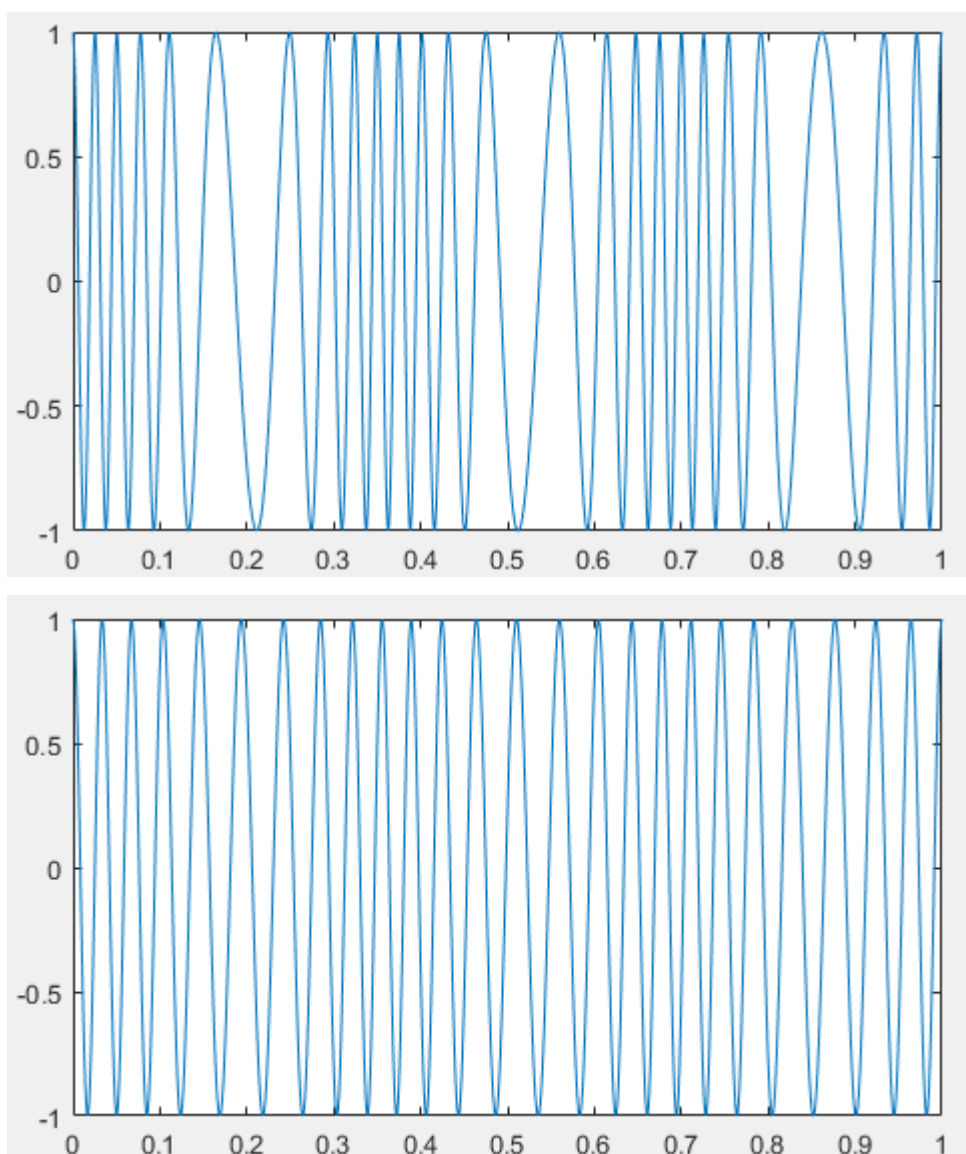
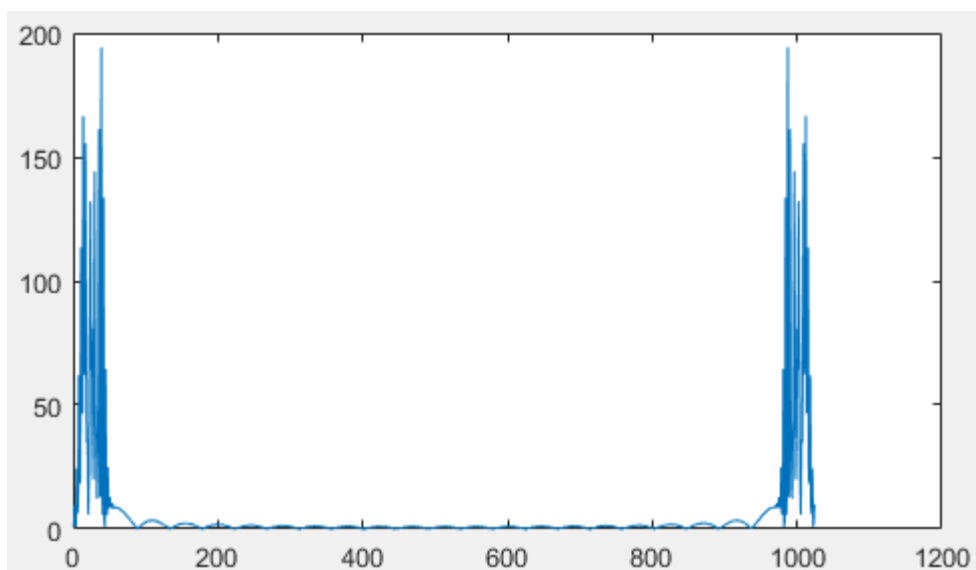


Рис. 4.20-4.21 – Частотно-модулированные сигналы, девиация 15 и 5 соответственно



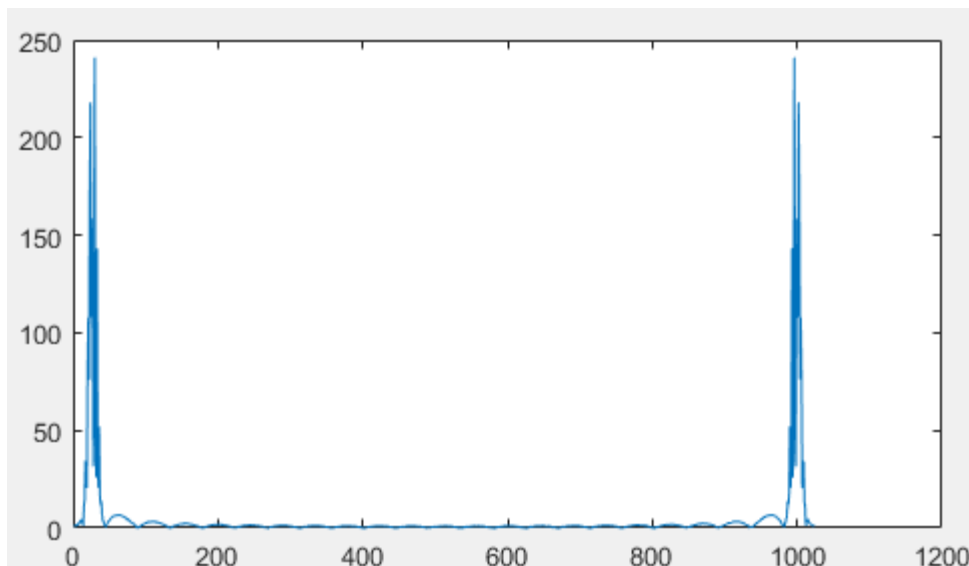
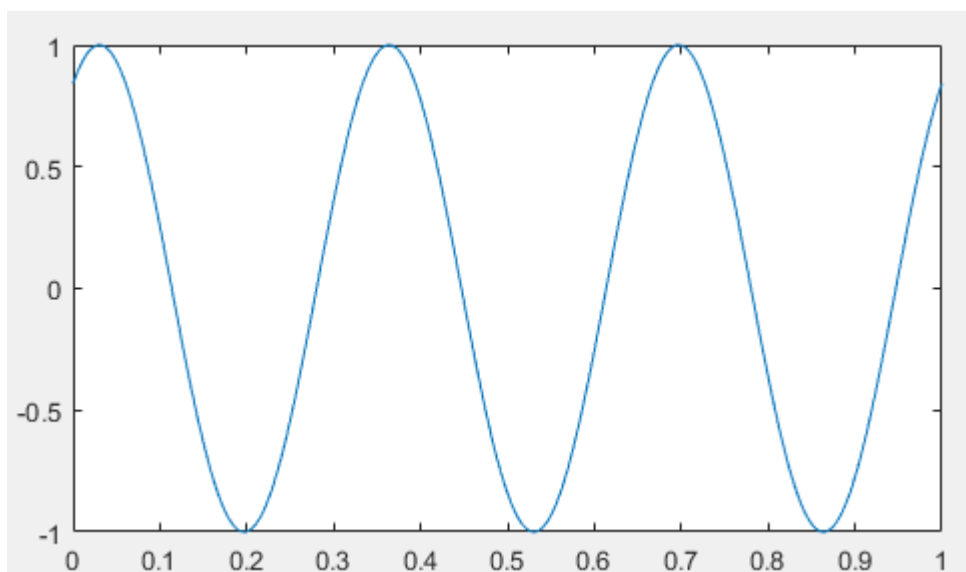


Рис. 4.22-4.23 – И их спектры соответственно

Демодулируем оба сигнала:

```
dm1 = fmdemod(fm1, fc, fs, 15);  
figure; plot(t, dm1);  
dm2 = fmdemod(fm2, fc, fs, 5);  
figure; plot(t, dm2);
```





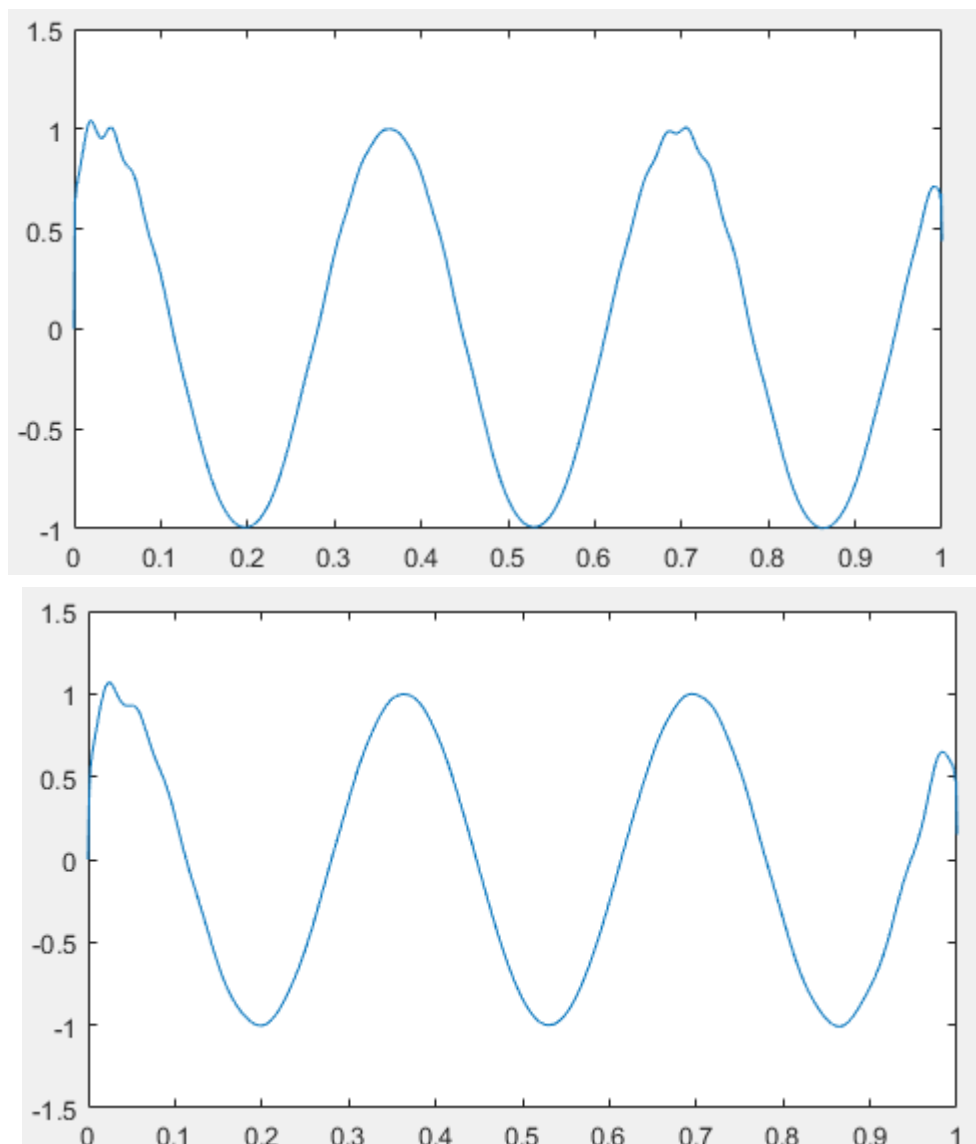


Рис. 4.24-4.25 – Оригинальный и демодулированные сигналы соответственно

Из полученных картинок можно сделать вывод, что девиация частоты 15 было слишком большим значением для несущей 25 Гц. Для сигнала с девиацией 5 полученная форма сигнала является верной.

## 5. Вывод

В данной работе исследованы аналоговые модуляции: амплитудная, фазовая, частотная. Также проведены демодуляции сигналов, чтобы посмотреть, какая из модуляций и как искажает сигнал.

Разные способы модуляции необходимы, потому что они используются в разных случаях. Например, частотная модуляция устойчива к помехам амплитуды, фазовая модуляция устойчива к помехам амплитуды и частоты, амплитудная модуляция наиболее проста и потому широко использовалась на ранних этапах развития техники.