

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

# Телекоммуникационные технологии

Отчет по лабораторной работе №5

Частотная и фазовая модуляция

**Работу**

**выполнил:**

Беседин Д.С.

Группа: 33501/3

**Преподаватель:**

Богач Н.В.

Санкт-Петербург  
2017

# Содержание

<b>1. Цель работы</b>	<b>2</b>
<b>2. Постановка задачи</b>	<b>2</b>
<b>3. Теоретическая информация</b>	<b>2</b>
3.1. Модуляция . . . . .	2
3.2. Генерация однотонового низкочастотного сигнала . . . . .	2
3.3. Типы модуляции . . . . .	2
3.3.1. Частотная модуляция . . . . .	2
3.3.2. Фазовая модуляция . . . . .	3
<b>4. Ход работы</b>	<b>4</b>
4.1. Генерация однотонового сигнала . . . . .	6
4.2. Частотная модуляция . . . . .	7
4.3. Фазовая модуляция . . . . .	8
4.4. Демодуляция . . . . .	9
<b>5. Выводы</b>	<b>11</b>

# 1. Цель работы

Изучение частотной и фазовой модуляции и демодуляции сигналов.

# 2. Постановка задачи

Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты, выполнить фазовую и частотную модуляцию и демодуляцию. Посмотреть, как модуляция влияет на спектр сигнала.

# 3. Теоретическая информация

## 3.1. Модуляция

Перенос спектра сигналов из низкочастотной области на заданную частоту, т.е. в выделенную для их передачи область высоких частот выполняется операцией модуляции.

В канале связи для передачи данного сигнала выделяется определенный диапазон высоких частот и формируется вспомогательный периодический высокочастотный сигнал  $u(t) = f(t; a_1, a_2, \dots, a_m)$ . Совокупность параметров  $a_i$  определяет форму вспомогательного сигнала. Если сделать значения сигнала  $s(t)$  зависимыми пропорционально зависимым от значения  $s(t)$  во времени (или по любой другой независимой переменной), то форма сигнала  $u(t)$  приобретает новое свойство. Она служит для переноса информации, содержащейся в сигнале  $s(t)$ . Сигнал  $u(t)$  называется несущей, а физический процесс переноса информации на параметры несущего сигнала – его модуляцией.

Исходный информационный сигнал  $s(t)$  называют модулирующим. Обратную операцию выделения модулирующего сигнала из модулированного колебания называют демодуляцией.

## 3.2. Генерация однотонового низкочастотного сигнала

Для генерации гармонического сигнала воспользуемся формулой  $s(t) = A * \cos(2 * \pi * f * t + \varphi)$ , где  $A$  - амплитуда сигнала,  $f$  - частота,  $t$  - вектор отсчетов времени,  $\varphi$  - смещение по фазе.

## 3.3. Типы модуляции

### 3.3.1. Частотная модуляция

При угловой модуляции в несущем гармоническом колебании  $u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$  значение амплитуды колебаний  $U_m$  остается постоянным, а информация  $s(t)$  переносится либо на частоту  $\omega$ , либо на фазовый угол  $\varphi$ . В обоих случаях текущее значение фазового угла гармонического колебания  $u(t)$  определяет аргумент  $\psi(t) = \omega t + \varphi$ , который называется полной фазой колебания. Частотная модуляция выполняется по закону:

$$u(t) = U_m \cos(\omega_0 t + k \int_0^t s(t) dt) \quad (1)$$

Изображение сигнала после фазовой модуляции приведено ниже на рисунке 3.3.1 :

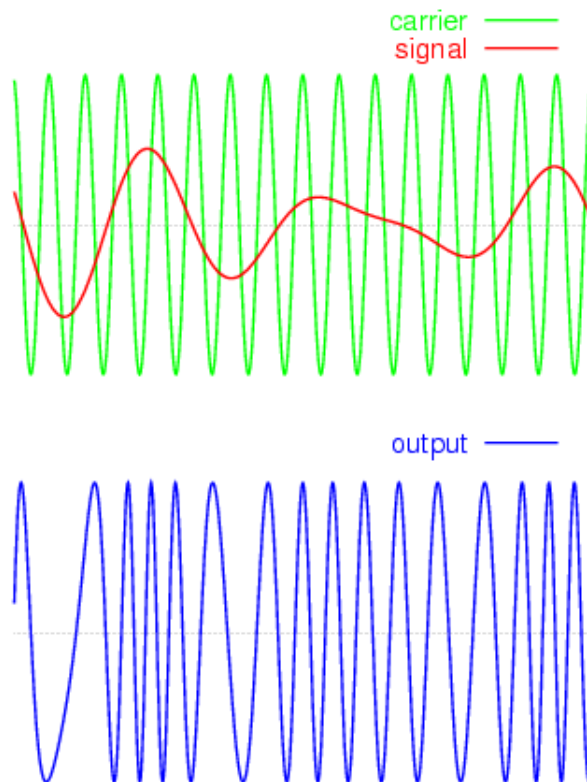


Рис. 3.3.1. Фазовая модуляция сигнала

Данный вид модуляции внешне совпадает с фазовой, на практике необходимо иметь априорную информацию о типе модуляции при решении задачи демодуляции.

### 3.3.2. Фазовая модуляция

При фазовой модуляции (phase modulation – PM) значение фазового угла постоянной несущей частоты колебаний  $\omega_0$  пропорционально амплитуде модулирующего сигнала  $s(t)$ . Соответственно, уравнение ФМ–сигнала определяется выражением:

$$u(t) = U_m \cos(\omega_0 t + k s(t)) \quad (2)$$

Изображение сигнала после фазовой модуляции приведено ниже на рисунке 3.3.2 :

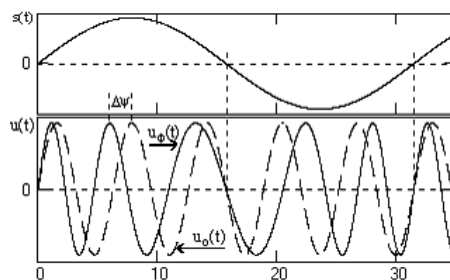


Рис. 3.3.2. Фазовая модуляция сигнала

## 4. Ход работы

Код программы представлен ниже - два листинга, относящихся к фазовой модуляции - 1 и 2:

Листинг 1: Код в МатЛаб

```
1
2 A_M = 1;
3 OMEGA = 20;
4 Ws = 5000;
5 Fs = Ws/(2*pi);
6 T = 1/Fs;
7 t = [0:T:5*2*pi/OMEGA];
8 s_M = A_M*cos(OMEGA*t);
9
10 figure
11 plot(t, s_M);
12 ylim([-2 2]);
13
14
15
16 figure
17 specplot(s_M, Fs);
18
19
20
21 A0=1;
22 omega0 = 200;
23 phi0 = 2.5;
24 s_AM = pmmod(s_M, OMEGA, omega0, phi0);
25
26 figure
27 hold on
28 plot(t, s_AM);
29 plot(t, s_M, '—', 'Color', 'red');
30 hold off
31
32 figure
33 specplot(s_AM, Fs);
34 xlim([0 250]);
35
36 f = pmdemod(s_AM, OMEGA, omega0, phi0);
37
38 figure
39 plot(t, f);
40
41 figure
42 specplot(f, omega0);
```

Листинг 2: Код в МатЛаб

```
1 Fs = 8e4;
2 T = 4;
3 t = 0:1/Fs:T;
4 F = 1000;
5 s_M = cos(2*pi*F*t);
6 figure
7 plot(t, s_M)
8 Fc = 1.5e3;
9 s_PM_1 = pmmod(s_M, Fc, Fs, 0.1);
```

```

10 s_PM_2 = pmmmod(s_M, Fc, Fs, 10);
11 figure;
12 subplot(1, 2, 1);
13 plot(t(1:200), s_PM_1(1:200));
14 ylim([-1.1 1.1]);
15 title('\beta=0.1');
16 subplot(1, 2, 2);
17 plot(t(1:200), s_PM_2(1:200));
18 ylim([-1.1 1.1]);
19 title('\beta=10');
20
21 N = floor(length(t)/2);
22 f = (0:N)/length(t) * Fs;
23 spec_PM_1 = fft(s_PM_1);
24 spec_PM_2 = fft(s_PM_2);
25 figure
26 subplot(1, 2, 1)
27 plot(f, abs(spec_PM_1(1:N+1)))
28 title('\beta=0.1')
29 subplot(1, 2, 2)
30 plot(f, abs(spec_PM_2(1:N+1)))
31 title('\beta=10')
32
33 f = pmdemod(s_PM_2, Fc, Fs, 10);
34
35 figure
36 plot(t, f);

```

В коде применены функции `pmmmod` и `pmdemod`.

Далее приведен листинг кода частотной модуляции:

### Листинг 3: Код в МатЛаб

```

1
2 A_M = 1;
3 OMEGA = 20;
4 Ws = 500;
5 Fs = Ws/(2*pi);
6 T = 1/Fs;
7 t = [0:T:5*2*pi/OMEGA];
8 s_M = A_M*cos(OMEGA*t);
9
10 figure
11 plot(t, s_M);
12 ylim([-2 2]);
13
14
15
16 figure
17 specplot(s_M, Fs);
18 xlim([0 400]);
19 ylim([0 100]);
20
21
22
23 A0=1;
24 omega0 = 100;
25 freqdev = 10;
26 s_AM = fmmmod(s_M, OMEGA, omega0, freqdev);
27
28 figure

```

```

29 hold on
30 plot(t, s_AM);
31 plot(t, s_M, '—', 'Color', 'red');
32 hold off
33
34 figure
35 specplot(s_AM, Fs);
36 xlim([0 250]);
37
38 f = fmdemod(s_AM, OMEGA, omega0, freqdev);
39
40 figure
41 plot(t, f);
42
43 figure
44 specplot(f, omega0);
45 xlim([0 400]);

```

В коде применены функции `fmmod` и `fmdemod`.

## 4.1. Генерация однотонового сигнала

Получим обычный гармонический сигнал. Он представлен на рисунке 4.1.1:

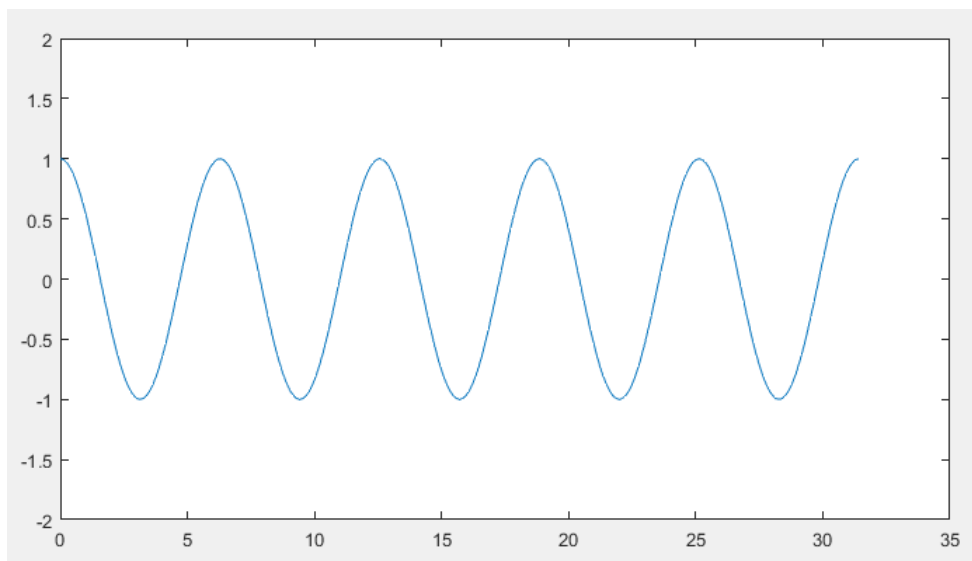


Рис. 4.1.1. Гармонический сигнал  $s(t) = A * \cos(2 * \pi * f * t + \varphi)$

Для однотонового сигнала спектр выглядит так:

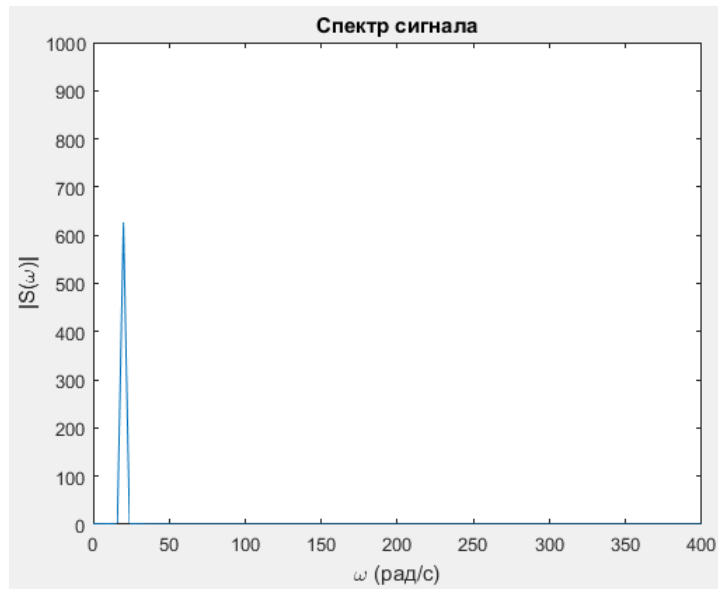


Рис. 4.1.2. Спектр гармонического сигнала  $s(t) = A * \cos(2 * \pi * f * t + \varphi)$

## 4.2. Частотная модуляция

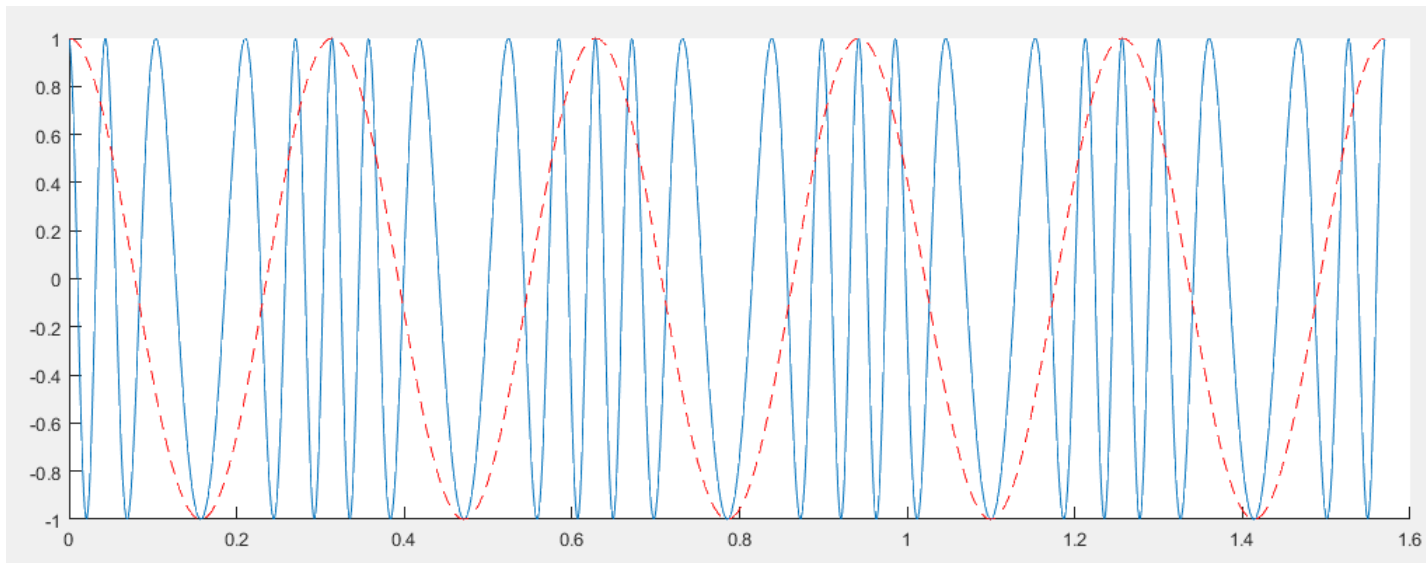


Рис. 4.2.1. Частотно-модулированный сигнал

Видно, что максимум частоты выходного сигнала приходится на максимум амплитуды исходного сигнала.



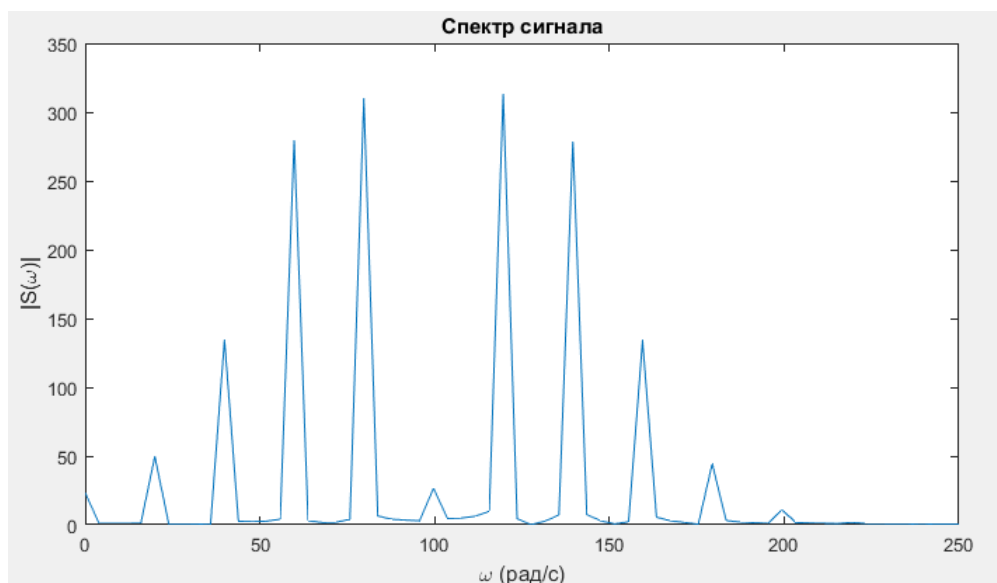


Рис. 4.2.2. Спектр частотно-модулированного сигнала

### 4.3. Фазовая модуляция

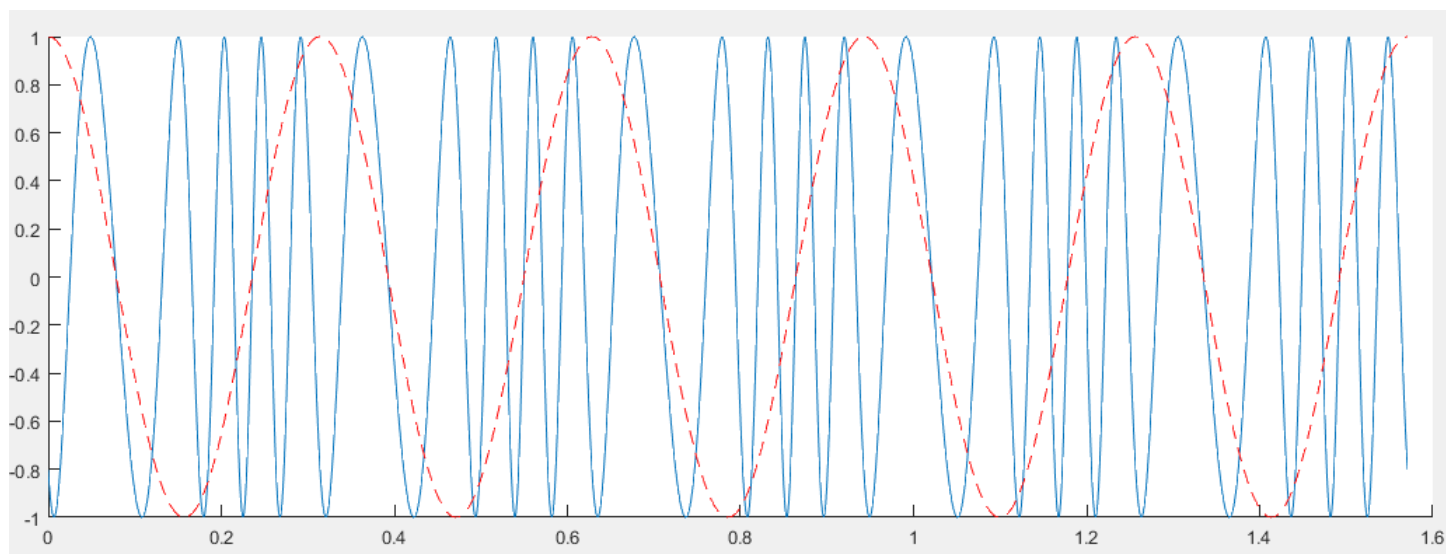


Рис. 4.3.1. Фазово-модулированный сигнал (с отображением несущей гармоники)

Видно, что максимум частоты выходного сигнала приходится на максимум производной исходного сигнала.

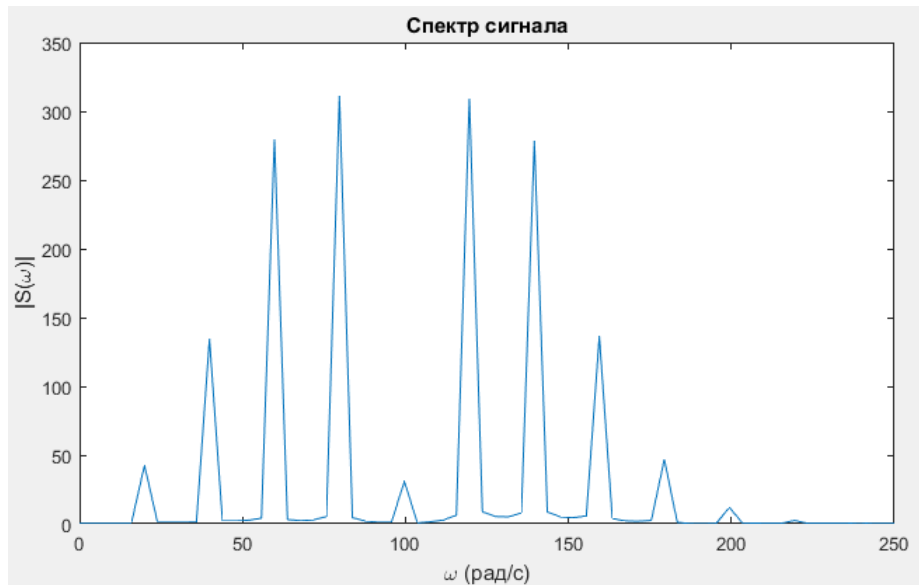


Рис. 4.3.2. Спектр фазово-модулированного сигнала

#### 4.4. Демодуляция

Произведем демодуляцию модулированных сигналов. Демодуляция фазовой модуляции представлена на Рис.4.4.1 и 4.4.2:

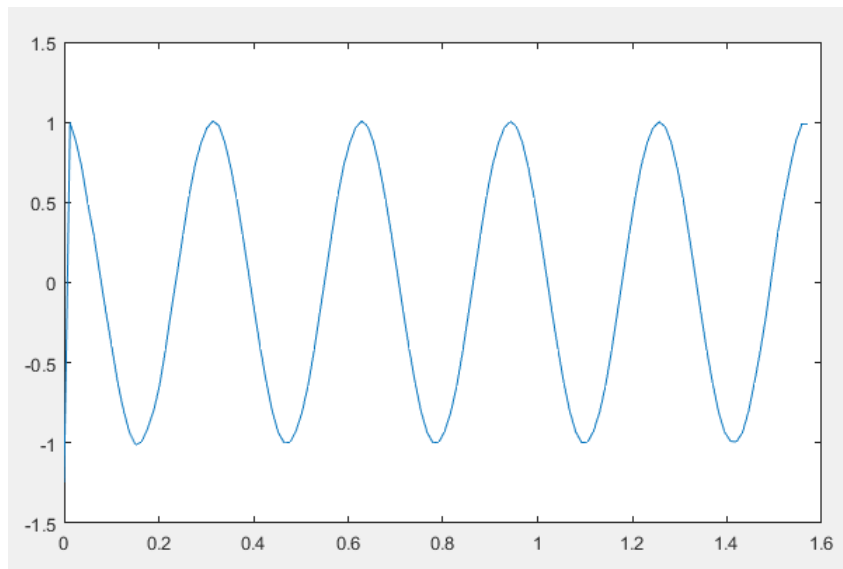


Рис. 4.4.1. Фазово-демодулированный сигнал

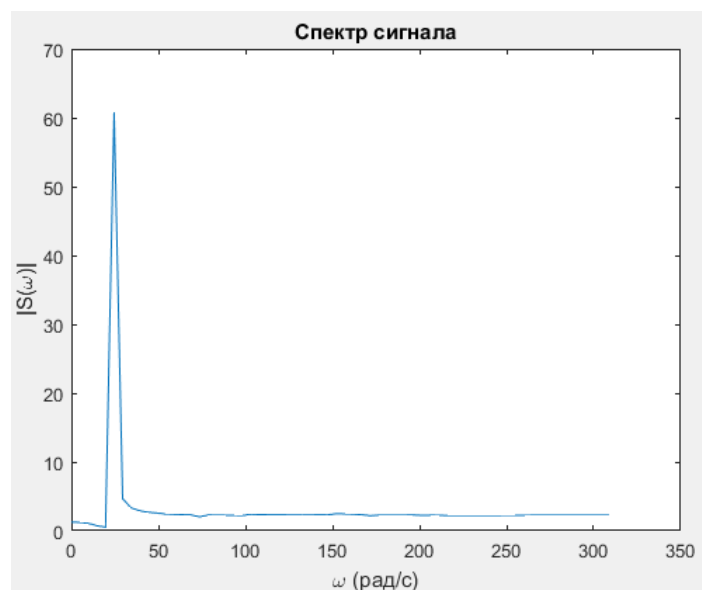


Рис. 4.4.2. Спектр фазово-демодулированного сигнала

Демодуляция частотной модуляции представлена на Рис.4.4.3 и 4.4.4:

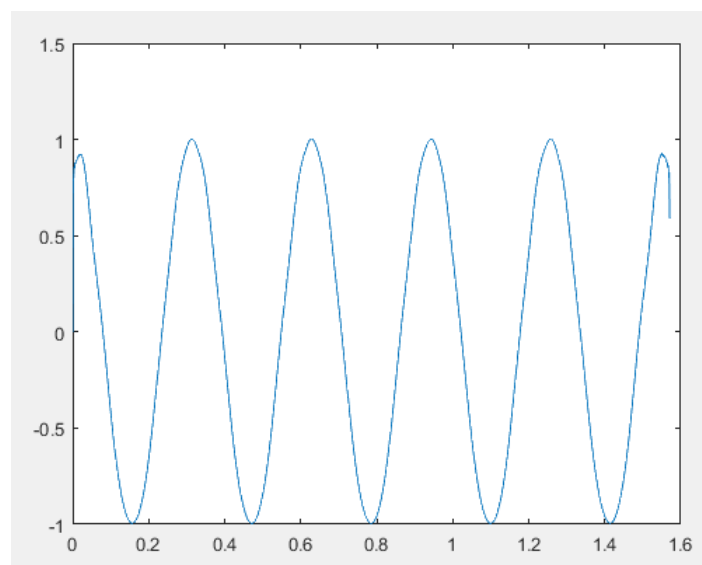


Рис. 4.4.3. Частотно-демодулированный сигнал

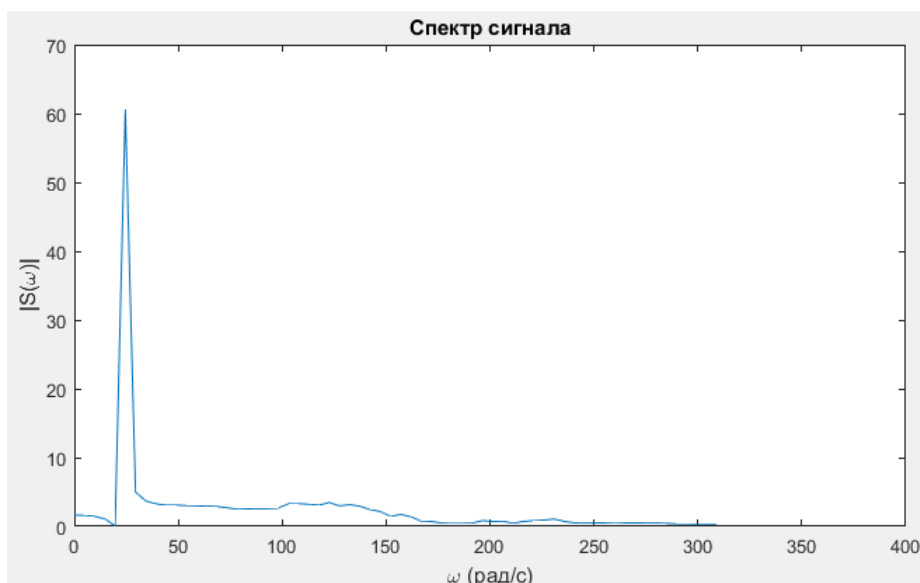


Рис. 4.4.4. Спектр частотно-демодулированного сигнала

Видно, что сигналы были демодулированы в обоих случаях, при чем с хорошей точностью, что говорит об эффективности использования таких методов модуляции и демодуляции.

## 5. Выводы

В данной работе нами были исследованы типы аналоговой модуляции и демодуляции, а именно - фазовая и частотная модуляции и демодуляции. Также были построены спектры этих сигналов. Далее была проведена демодуляция сигнала. В обоих случаях демодуляция правильно распознала исходный информационный сигнал.

Стоит отметить, что частотная модуляция применяется для высококачественной передачи звукового сигнала в радиовещании, для звукового сопровождения телевизионных программах.