

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:**

Городничева Л.В.

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 $s(t)$ . . . . .	2
3.3. Типы модуляции . . . . .	2
3.3.1. Фазовая модуляция . . . . .	2
3.3.2. Частотная 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 частотной модуляции и фазовой модуляции . . . . .	9
<b>5. Выводы</b>	<b>11</b>

# 1. Цель работы

Изучение частотной и фазовой модуляции/демодуляции сигнала.

## 2. Постановка задачи

Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты, выполнить фазовую модуляцию/демодуляцию, частотную модуляцию/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*. Обозначим низкочастотный сигнал, подлежащий передаче по какому-либо каналу связи,  $s(t)$ .

В канале связи для передачи данного сигнала формируется вспомогательный периодический высокочастотный сигнал  $u(t) = f(t; a_1, a_2, \dots, a_m)$ . Совокупность параметров  $a_i$  определяет форму вспомогательного сигнала. Значения параметров  $a_i$  в отсутствие модуляции являются величинами постоянными. Если на один из этих параметров перенести сигнал  $s(t)$ , т.е. сделать его значение 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.

Исходный информационный сигнал  $s(t)$  называют *модулирующим*, результат модуляции – *модулированным сигналом*. Обратную операцию выделения модулирующего сигнала из модулированного колебания называют демодуляцией или детектированием.

### 3.2. Генерация однотонового низкочастотного сигнала $s(t)$

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. 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:

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

Изображение сигнала после фазовой модуляции приведено ниже на рисунке 3.3.1 :

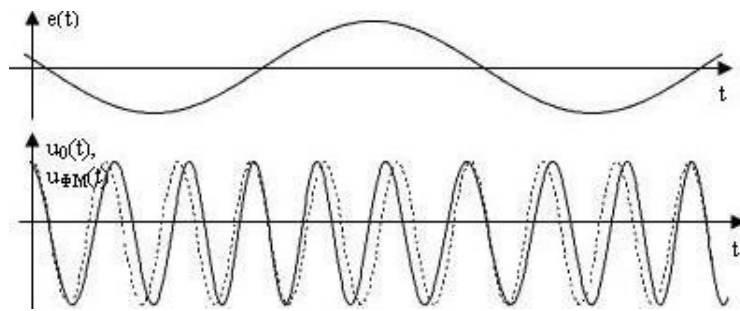


Рис. 3.3.1. Фазовая модуляция сигнала

### 3.3.2. Частотная модуляция

Частотная модуляция - вид аналоговой модуляции, при котором информационный сигнал управляет частотой несущего колебания. По сравнению с амплитудной модуляцией здесь амплитуда остаётся постоянной. Частотная модуляция выполняется по закону:

$$u(t) = U_m \cos(\omega_0 t + k \int_0^t s(t) dt) \quad (2)$$

Изображение сигнала после частотной модуляции приведено ниже на рисунке 3.3.2 :

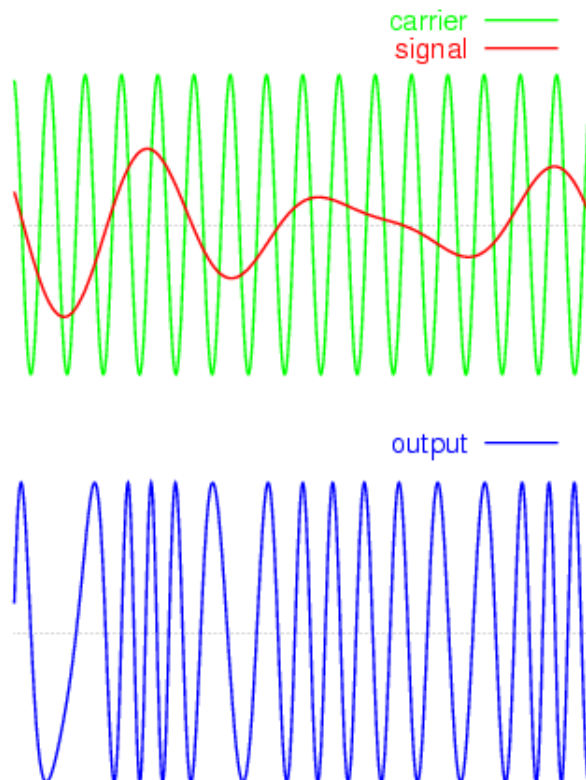


Рис. 3.3.2. Частотная модуляция сигнала

Вверху - информационный сигнал на фоне несущего колебания. Внизу - результирующий сигнал.

## 4. Ход работы

Код программы представлен ниже 1 , 2 , 3 :

Листинг 1: Код в программе MatLab

```
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 figure
15 specplot(s_M, Fs);
16
17 A0=1;
18 omega0 = 200;
19 phi0 = 2.5;
20 s_AM = pmmod(s_M, OMEGA, omega0, phi0);
21
22 figure
23 hold on
24 plot(t, s_AM);
25 plot(t, s_M, '—', 'Color', 'red');
26 hold off
27
28 figure
29 specplot(s_AM, Fs);
30 xlim([0 250]);
31
32 f = pmdemod(s_AM, OMEGA, omega0, phi0);
33
34 figure
35 plot(t, f);
36
37 figure
38 specplot(f, omega0);
```

Листинг 2: Код в программе MatLab

```
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 = pmmod(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 `pmmod` и `pmdemod`. Далее приведен листинг кода частотной модуляции:

Листинг 3: Код в программе MatLab

```

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 figure
15 specplot(s_M, Fs);
16 xlim([0 400]);
17 ylim([0 100]);
18
19
20 A0=1;
21 omega0 = 100;
22 freqdev = 10;
23 s_AM = fmmod(s_M, OMEGA, omega0, freqdev);
24
25 figure
26 hold on
27 plot(t, s_AM);
28 plot(t, s_M, '—', 'Color', 'red');
29 hold off
30
31 figure
32 specplot(s_AM, Fs);
33 xlim([0 250]);

```

```

34
35 f = fmdemod(s_AM, OMEGA, omega0, freqdev);
36
37 figure
38 plot(t, f);
39
40 figure
41 specplot(f, omega0);
42 xlim([0 400]);

```

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

#### 4.1. Генерация однотонового сигнала

Для начала получим обычный гармонический сигнал. Сгенерированный сигнал представлен на рисунке 4.1.1:

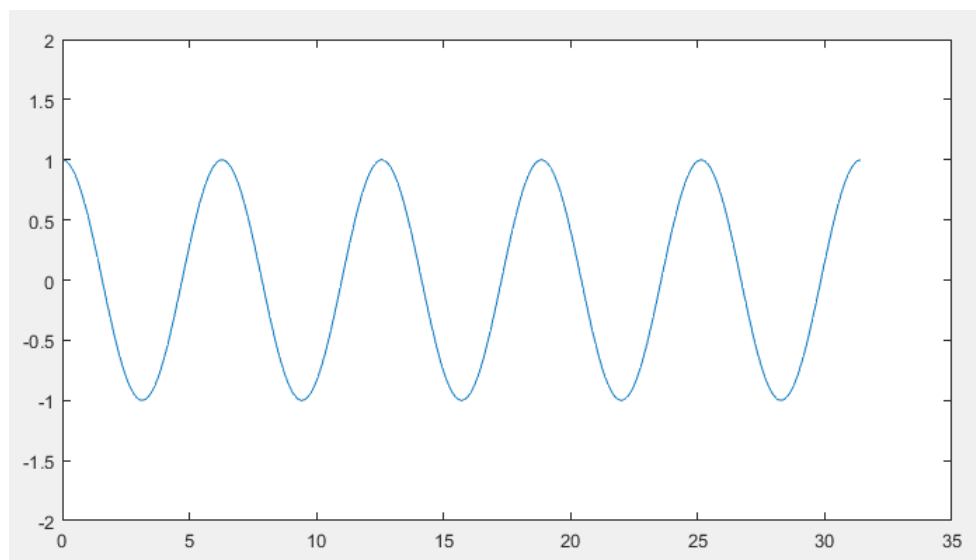


Рис. 4.1.1. Гармонический сигнал  $s(t) = A * \cos(2 * \pi * f * t + \varphi)$

Для однотонового сигнала спектр выглядит следующим образом:

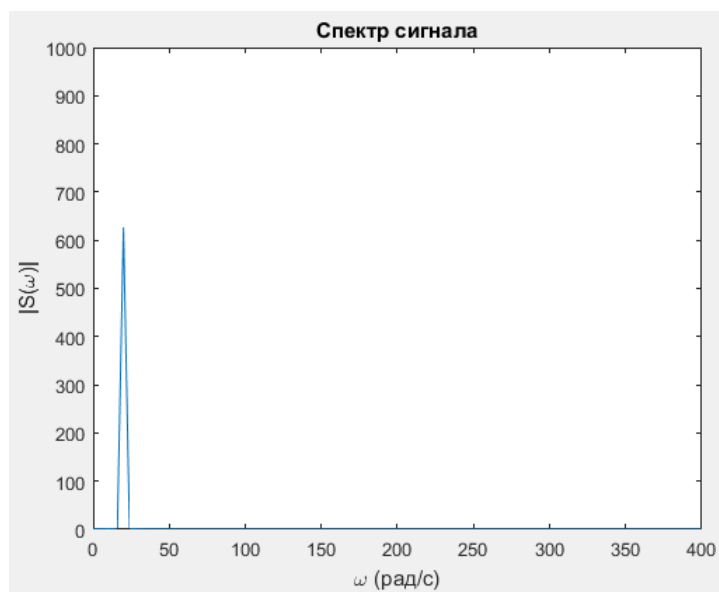


Рис. 4.1.2. Спектр гармонического сигнала  $s(t) = A * \cos(2 * \pi * f * t + \varphi)$

## 4.2. Частотная модуляция

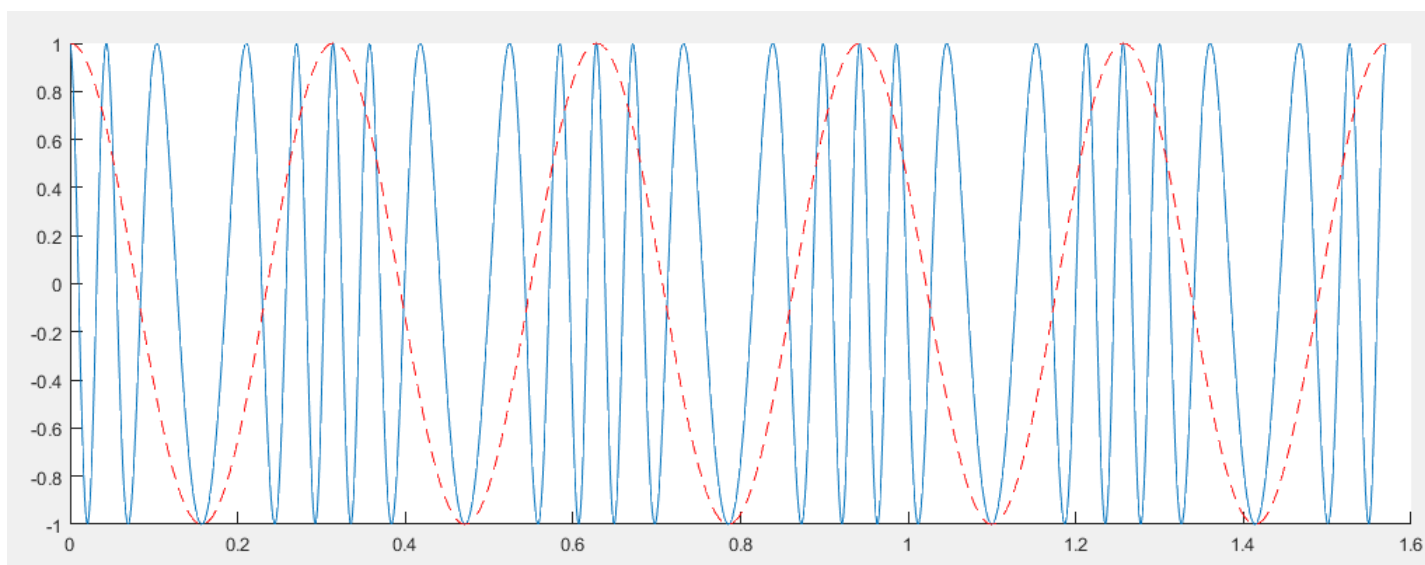


Рис. 4.2.1. Частотно-модулированный сигнал



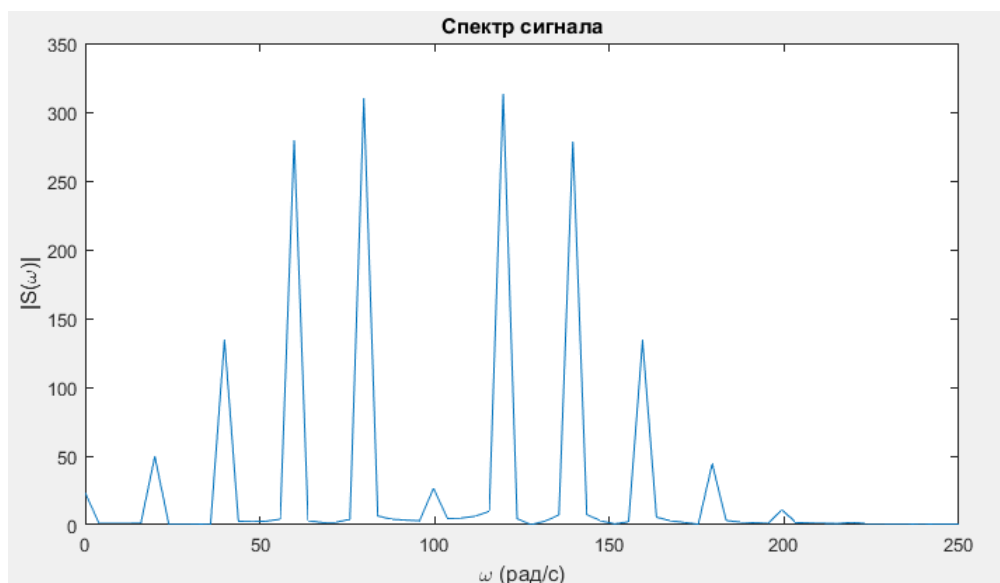


Рис. 4.2.2. Спектр частотно-модулированного сигнала

### 4.3. Фазовая модуляция

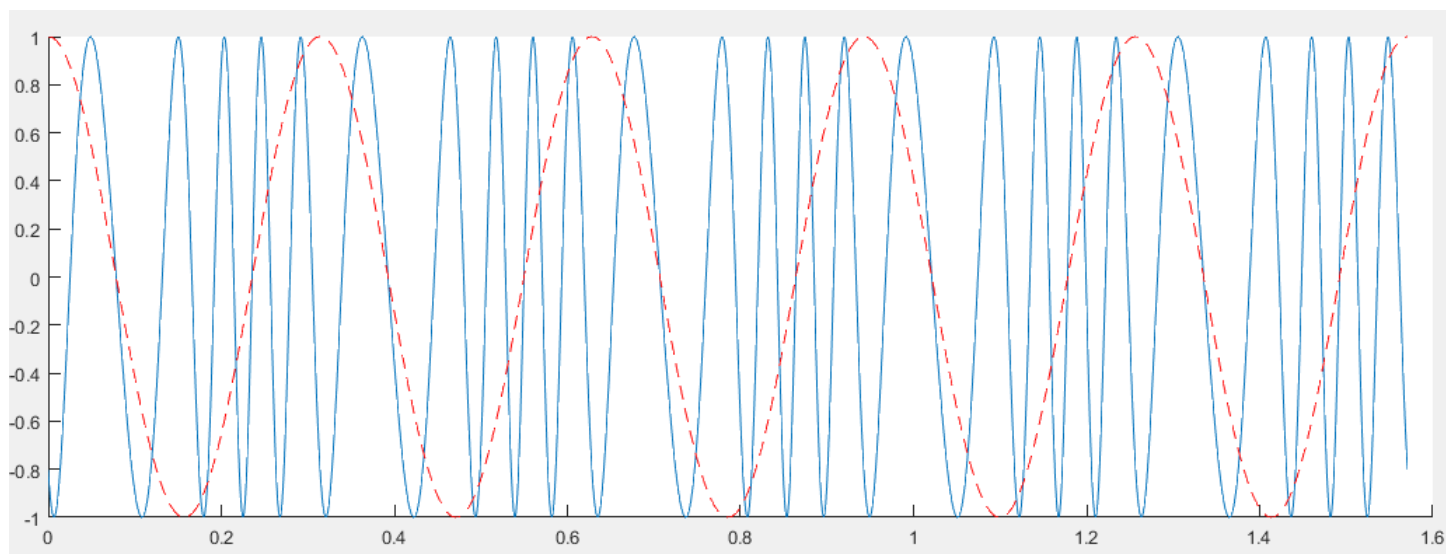


Рис. 4.3.1. Фазово-модулированный сигнал (с отображением несущей гармоники)

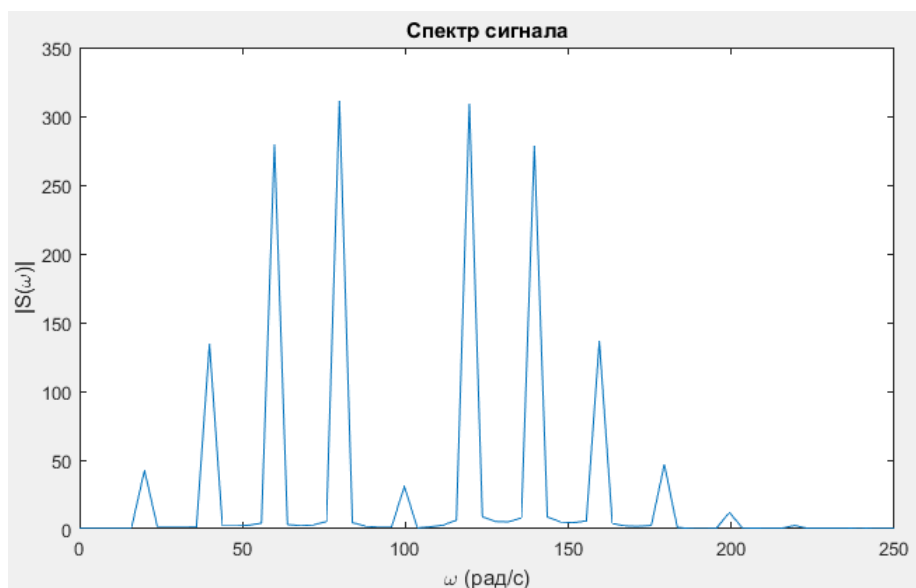


Рис. 4.3.2. Спектр фазово-модулированного сигнала

#### 4.4. Демодуляция частотной модуляции и фазовой модуляции

Произведем демодуляцию модулированных сигналов.

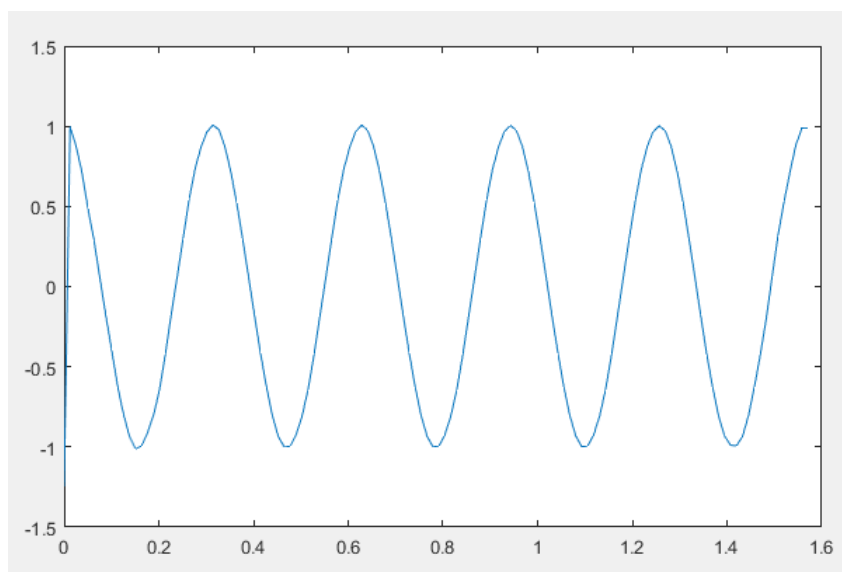


Рис. 4.4.1. Фазово-демодулированный сигнал

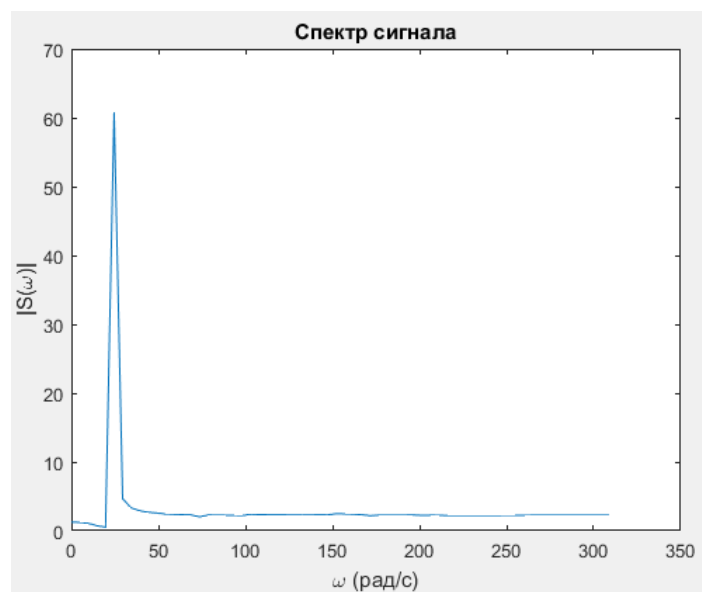


Рис. 4.4.2. Спектр фазово-демодулированного сигнала

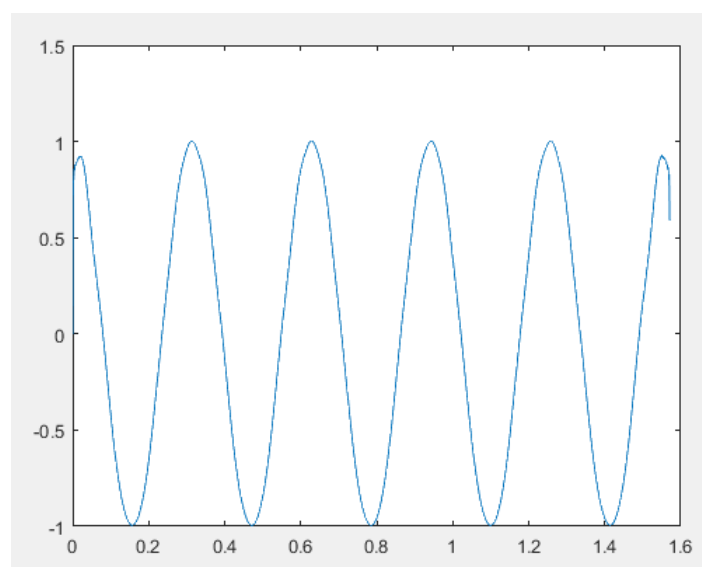


Рис. 4.4.3. Частотно-демодулированный сигнал

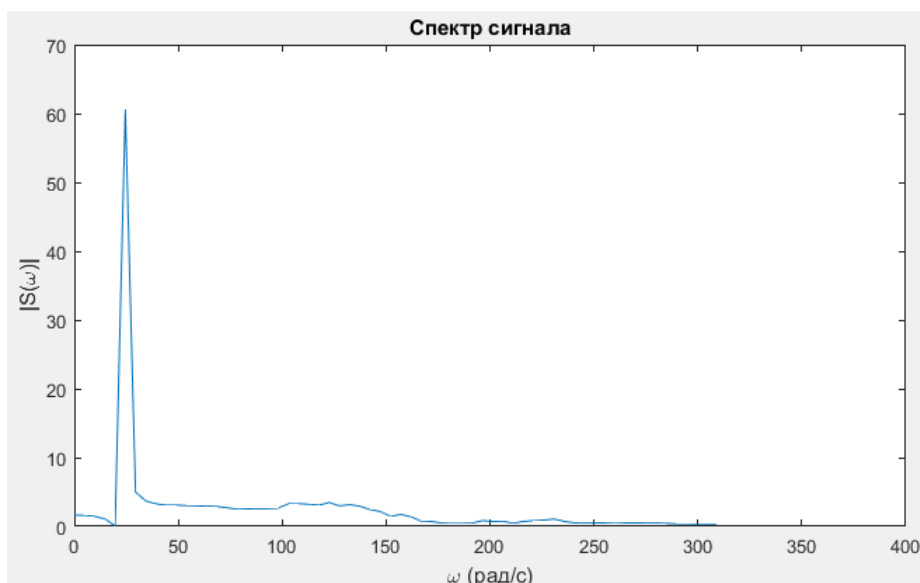


Рис. 4.4.4. Спектр частотно-демодулированного сигнала

В обоих случаях сигналы были восстановлены с высокой точностью.

## 5. Выводы

В данной работе были исследованы типы аналоговой модуляции/демодуляции (фазовая, частотная) и построены спектры модулированных сигналов. Их вид совпал с ожидаемым результатом для каждого типа модуляции.

Частотная модуляция применяется со многими целями, например для высококачественной передачи звукового (низкочастотного) сигнала в радиовещании (в диапазоне УКВ), для звукового сопровождения телевизионных программ, передачи сигналов цветности в телевизионном стандарте SECAM, видеозаписи на магнитную ленту, музыкальных синтезаторах.