

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:**  
Ерниязов Т.Е.  
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. Типы модуляции . . . . .	2
3.2.1. Частотная модуляция . . . . .	2
3.2.2. Фазовая модуляция . . . . .	2
<b>4. Ход работы</b>	<b>3</b>
4.1. Генерация однотонального сигнала . . . . .	5
4.2. Частотная модуляция . . . . .	6
4.3. Фазовая модуляция . . . . .	7
4.4. Демодуляция . . . . .	8
<b>5. Выводы</b>	<b>10</b>

# 1. Цель работы

Изучение частотной и фазовой модуляции и демодуляции сигналов.

## 2. Постановка задачи

1. Сгенерировать однотональный сигнал низкой частоты.
2. Выполнить фазовую и частотную модуляцию и демодуляцию, используя pmmod, pmdemod, fmmod, fmdemod.
3. Получить спектр модулированного 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. Типы модуляции

#### 3.2.1. 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:

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

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

#### 3.2.2. 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:

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

## 4. Ход работы

Листинг 1: Код в МатЛаб

```
1 close all
2 clc
3
4 A_M = 1;
5 OMEGA = 4;
6 omega_0 = 10;
7 Fd = 500;
8 t = 0:1/Fd:1;
9 s_M = A_M*cos(OMEGA*2*pi*t);
10
11 sig_f = figure();
12 plot(t, s_M);
13 ylim([-1 1]);
14
15 sig_s_f = figure();
16 specplot(s_M, Fd);
17 xlim([0 100])
18
19 s_AM = pmmod(s_M, omega_0, Fd, 1.0);
20
21 mod_p_f = figure();
22 plot(t, s_AM, t, s_M, '--r');
23
24 mod_p_s_f = figure();
25 specplot(s_AM, Fd);
26 xlim([0 150]);
27
28 sdemod = pmdemod(s_AM, omega_0, Fd, 1.0);
29
30 demod_p_f = figure();
31 plot(t, sdemod);
32 ylim([-1 1]);
33
34 demod_p_s_f = figure();
35 specplot(sdemod, Fd);
36 xlim([0 100])
37
38 s_AM = fmmmod(s_M, omega_0, Fd, 6.0);
39
40 mod_f_f = figure();
41 plot(t, s_AM, t, s_M, '--r');
42
43 mod_f_s_f = figure();
44 specplot(s_AM, Fd);
45 xlim([0 150]);
46
47 sdemod = fmdemod(s_AM, omega_0, Fd, 6.0);
48
49 demod_f_f = figure();
50 plot(t, sdemod);
51 ylim([-1.5 1.5]);
52
53 demod_f_s_f = figure();
54 specplot(sdemod, Fd);
55 xlim([0 100])
56
```

```

57
58 saveas(sig_f, '../fig/signal', 'png');
59 saveas(sig_s_f, '../fig/signal_spec', 'png');
60 saveas(mod_p_f, '../fig/mod_sig_p', 'png');
61 saveas(mod_p_s_f, '../fig/mod_sig_p_spec', 'png');
62 saveas(demod_p_f, '../fig/demod_sig_p', 'png');
63 saveas(demod_p_s_f, '../fig/demod_sig_p_spec', 'png');
64 saveas(mod_f_f, '../fig/mod_sig_f', 'png');
65 saveas(mod_f_s_f, '../fig/mod_sig_f_spec', 'png');
66 saveas(demod_f_f, '../fig/demod_sig_f', 'png');
67 saveas(demod_f_s_f, '../fig/demod_sig_f_spec', 'png');

```

#### 4.1. Генерация однотонального сигнала

Сгенерируем гармонический сигнал  $s(t) = A * \cos(2 * \pi * f * t + \varphi)$  и его спектр .

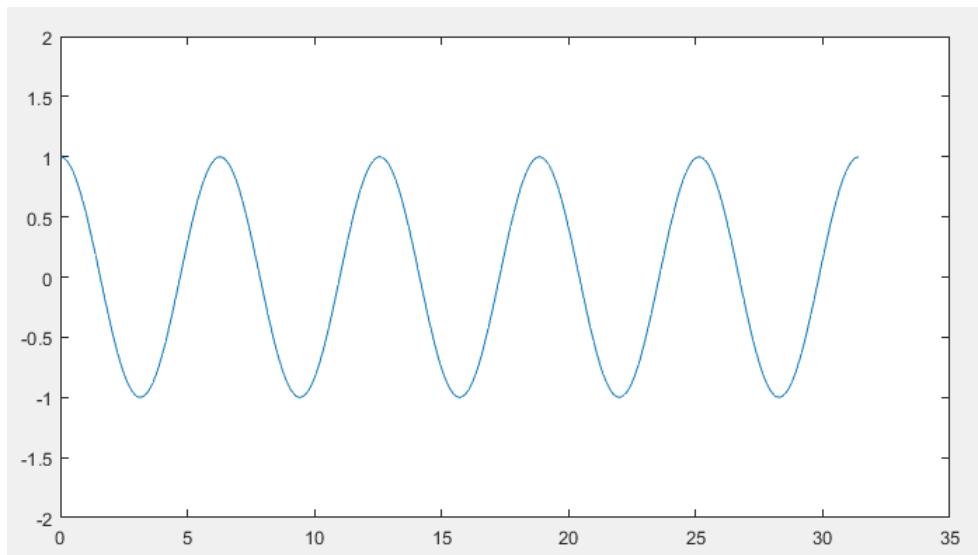


Рис. 4.1.1. Гармонический сигнал

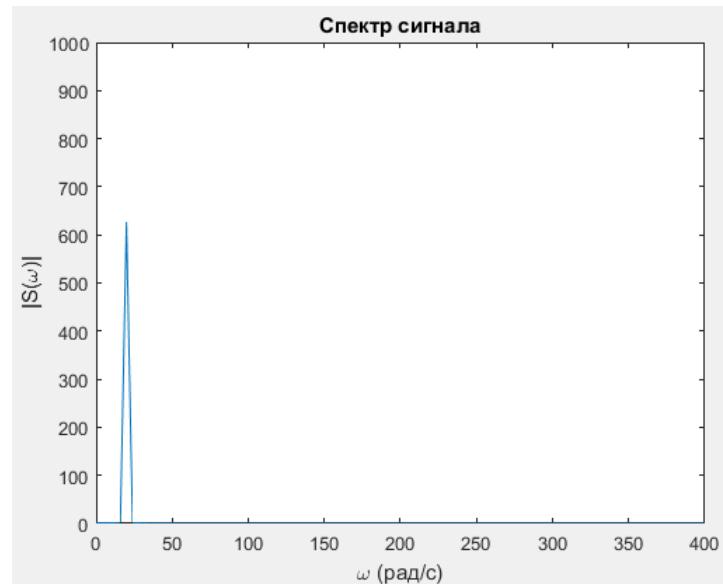


Рис. 4.1.2. Спектр гармонического сигнала

## 4.2. Частотная модуляция

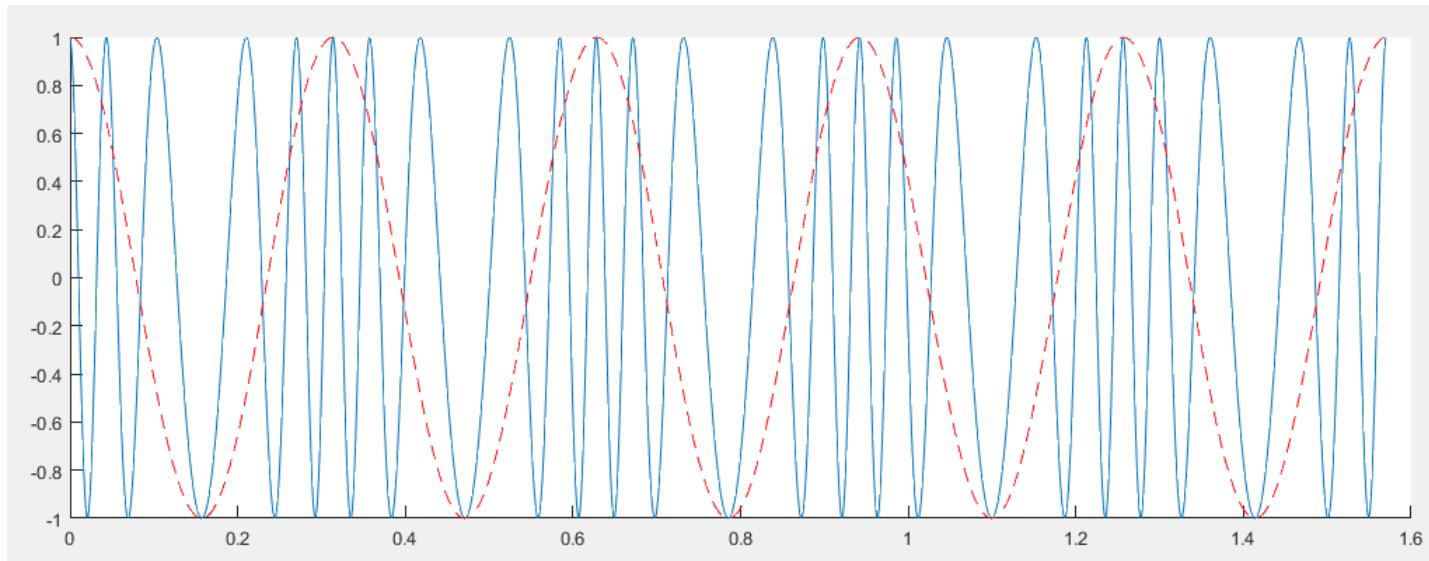


Рис. 4.2.1. Частотно-модулированный сигнал

Максимум частоты выходного сигнала совпадает с максимумом амплитуды исходного сигнала.

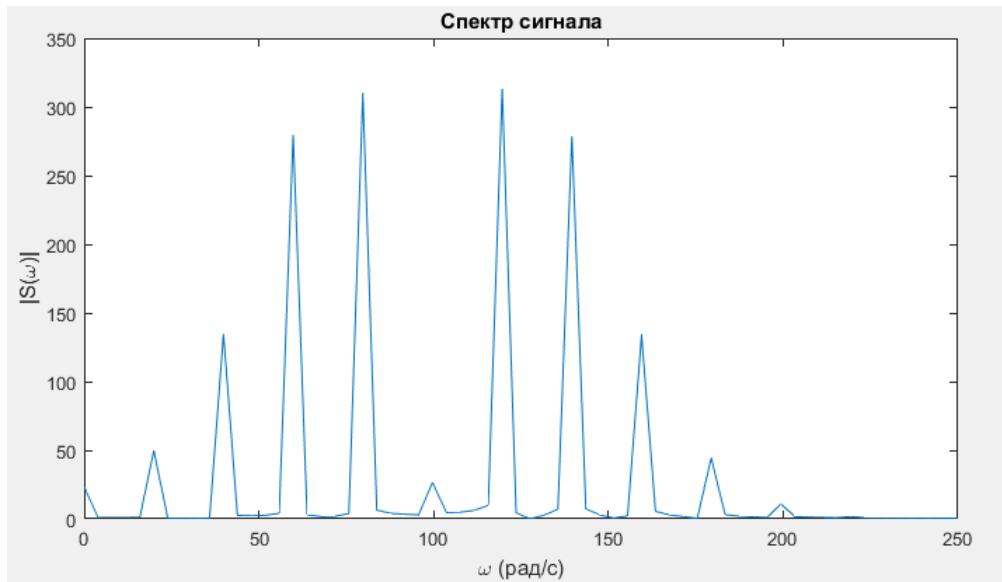


Рис. 4.2.2. Спектр частотно-модулированного сигнала

### 4.3. Фазовая модуляция

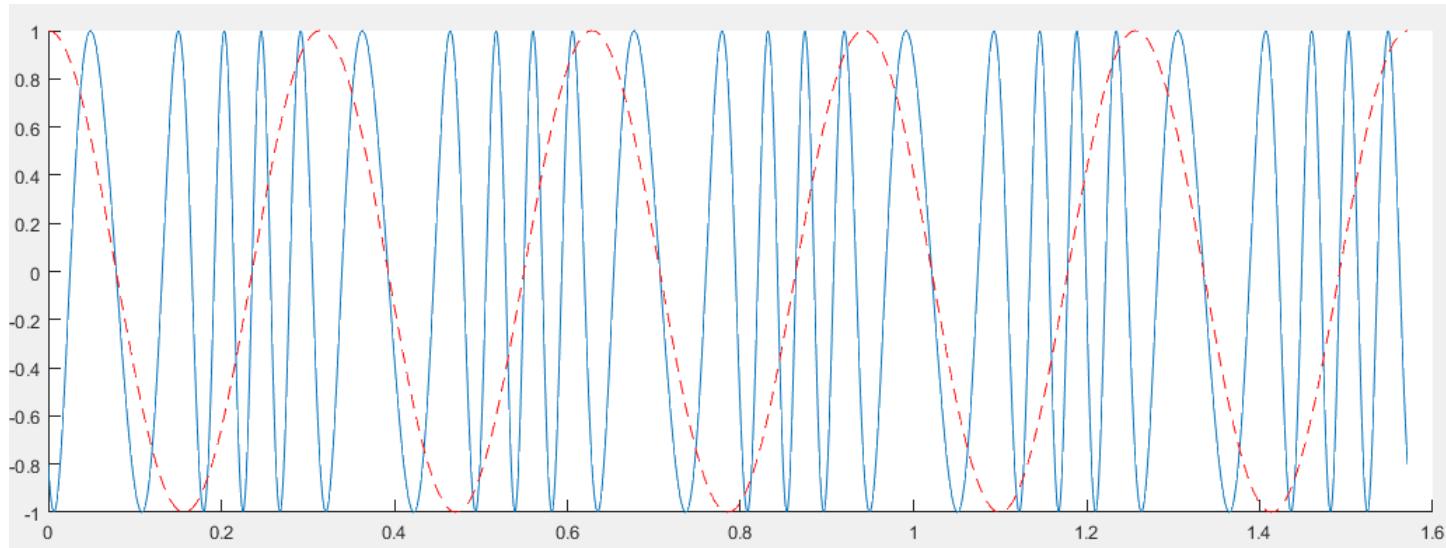


Рис. 4.3.1. Фазово-модулированный сигнал (с отображением несущей гармоники)

Максимум частоты выходного сигнала совпадает с максимумом производной исходного сигнала.

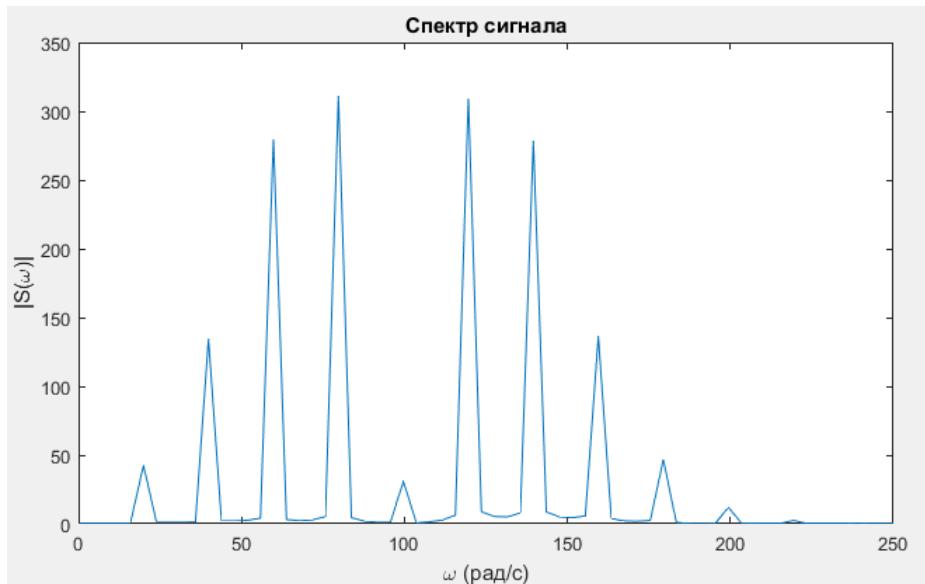


Рис. 4.3.2. Спектр фазово-модулированного сигнала

#### 4.4. Демодуляция

Демодуляция фазовой модуляции:

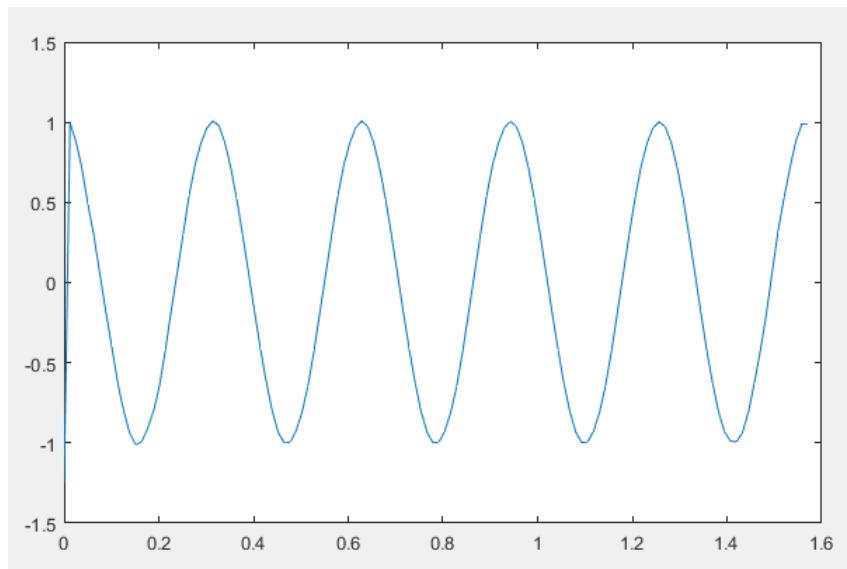


Рис. 4.4.1. Фазово-демодулированный сигнал

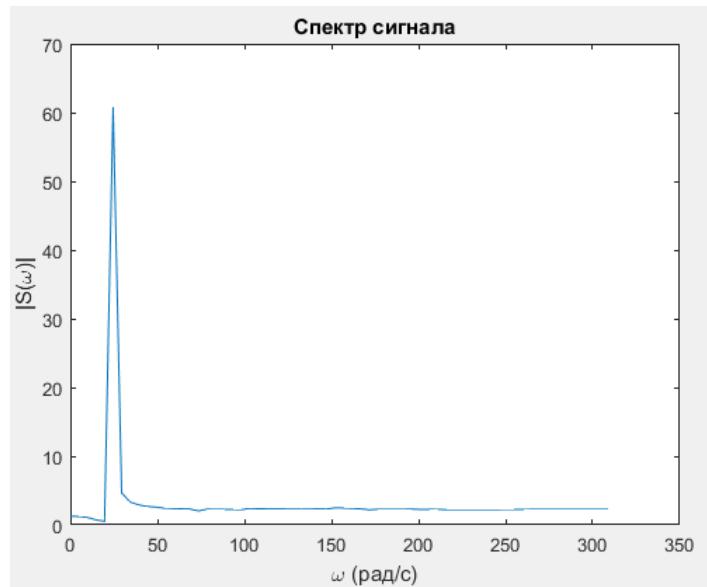


Рис. 4.4.2. Спектр фазово-демодулированного сигнала

Демодуляция частотной модуляции:

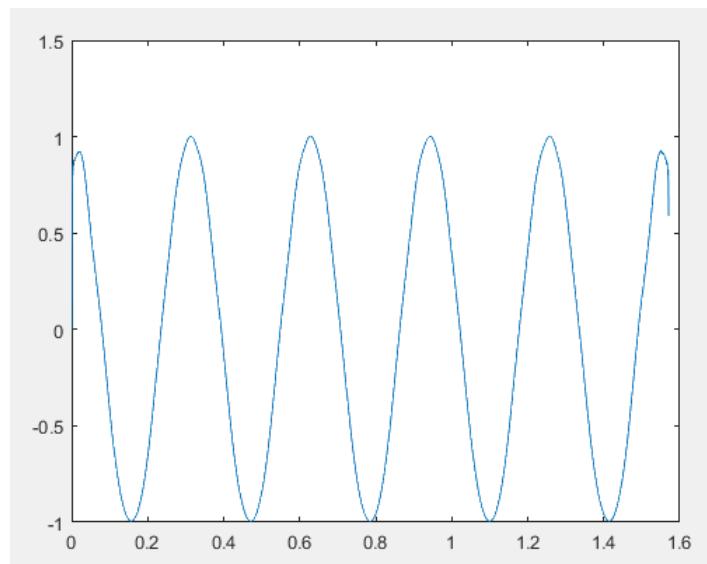


Рис. 4.4.3. Частотно-демодулированный сигнал

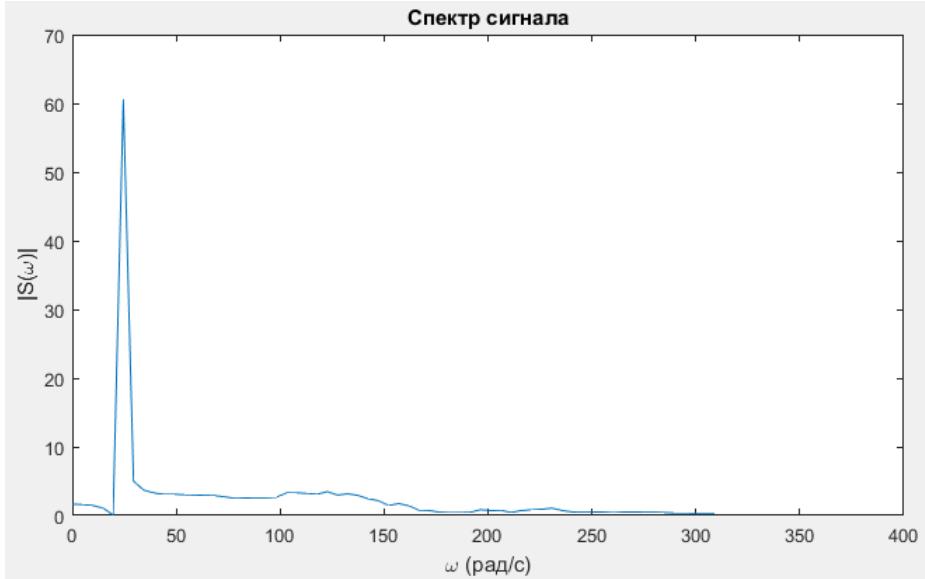


Рис. 4.4.4. Спектр частотно-демодулированного сигнала

Демодуляция прошла с довольно высокой точностью.

## 5. Выводы

В данной работе нами были исследованы фазовая и частотная модуляции и демодуляции. Также были построены спектры модулированных сигналов. Частотная модуляция применяется 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. Фазовая модуляция на практике используется как предварительная ступень для последующего превращения в частотную.