

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:**

Соболь В.О.

Группа: 33501/4

**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. Однотональный сигнал . . . . .	2
3.3. Угловая модуляция . . . . .	2
3.3.1. Фазовая модуляция . . . . .	2
3.3.2. Частотная модуляция . . . . .	3
<b>4. Ход работы</b>	<b>3</b>
4.1. Генерация однотонального сигнала . . . . .	4
4.2. Фазовая модуляция . . . . .	4
4.3. Демодуляция фазовой модуляции . . . . .	5
4.4. Частотная модуляция . . . . .	6
4.5. Демодуляция частотной модуляции . . . . .	7
<b>5. Выводы</b>	<b>8</b>
<b>6. Листинг</b>	<b>9</b>

# 1. Цель работы

Изучение частотной и фазовой модуляции и демодуляции сигналов.

## 2. Постановка задачи

1. сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты
2. выполнить фазовую модуляцию и демодуляцию
3. выполнить частотную модуляцию и демодуляцию
4. получить спектр модулированного сигнала

## 3. Теоретическая информация

### 3.1. Модуляция

Модуляция — это перенос спектра сигналов из низкочастотной области на заданную частоту. Это применяется для передачи сигнала в заданном частотном диапазоне. Для модулирующего (исходного) сигнала  $S(t)$  в канале связи для передачи формируется вспомогательный периодический высокочастотный сигнал  $u(t) = f(t, [a_1, a_2, \dots, a_m])$ . Параметры  $a_i$  определяют форму сигнала. При модуляции исходный сигнал  $S(t)$  переносят на один из параметров  $a_i$ , форма сигнала  $u(t)$  (несущей) изменяется и служит для переноса информации, содержащейся в сигнале  $S(t)$ . Обратная операция выделения сигнала  $S(t)$  из модулированного сигнала  $u(t)$  называется демодуляцией.

### 3.2. Однотоновый сигнал

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

### 3.3. Угловая 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.

#### 3.3.1. Фазовая модуляция

При фазовой модуляции модулирующий сигнал определяет фазу несущего колебания  $\phi(t) = ks(t)$ . Сигнал с фазовой модуляцией имеет вид

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

Изображение сигнала после фазовой модуляции приведено ниже на рис. 3.3.1 :

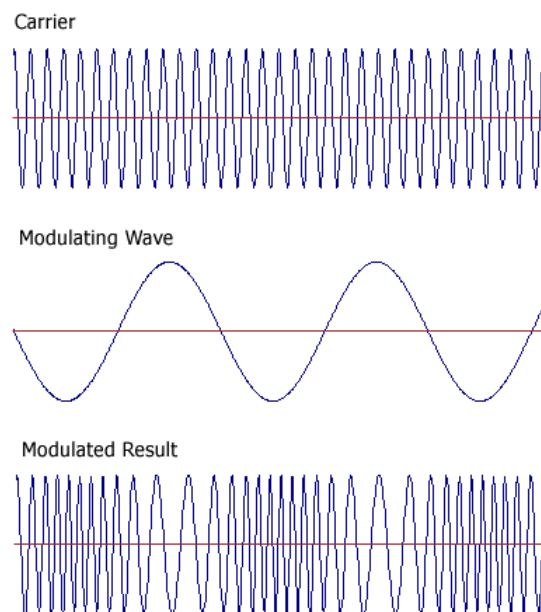


Рис. 3.3.1. Фазовая модуляция сигнала

### 3.3.2. Частотная модуляция

При частотной модуляции модулирующий сигнал определяет частоту несущего колебания. Сигнал с частотной модуляцией имеет вид

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

Изображение сигнала после частотной модуляции приведено на рис. 3.3.2 :

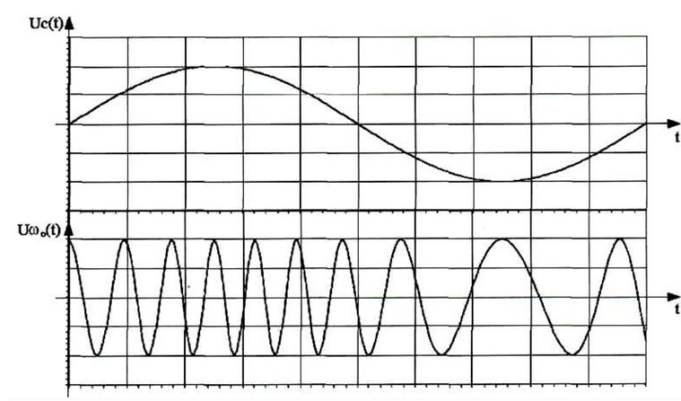


Рис. 3.3.2. Частотная модуляция сигнала

## 4. Ход работы

Код, написанный во время работы приведён в листинге 1.

## 4.1. Генерация однотонового сигнала

Получим обычный гармонический сигнал  $s(t) = A * \cos(2 * \pi * f * t + \varphi)$  (рис. 4.1.1) и его спектр (рис. 4.1.2).

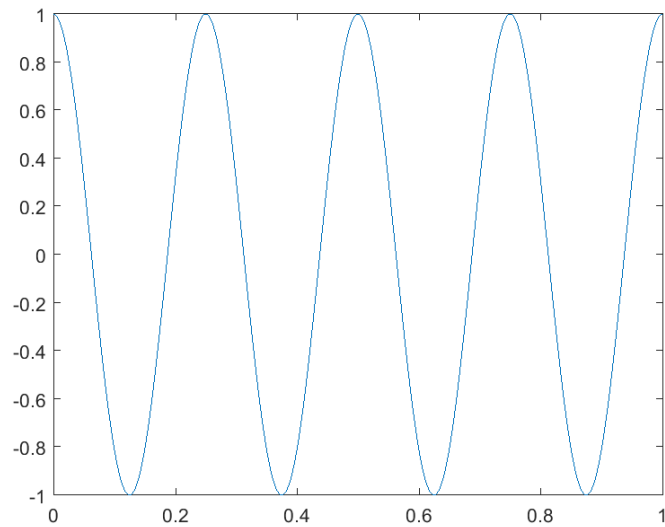


Рис. 4.1.1. Однотоновый сигнал

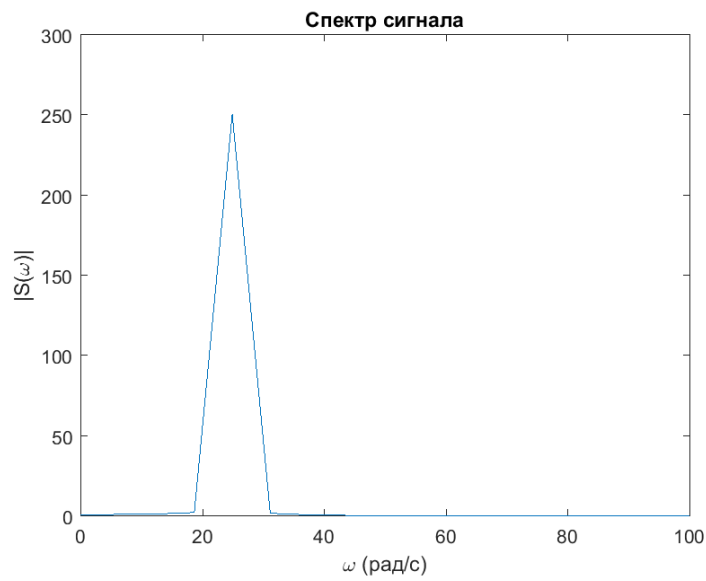


Рис. 4.1.2. Спектр однотонового сигнала

## 4.2. Фазовая модуляция

Сигнал после фазовой модуляции приведён на рис. 4.2.1. Его спектр показан на рис. 4.2.2.

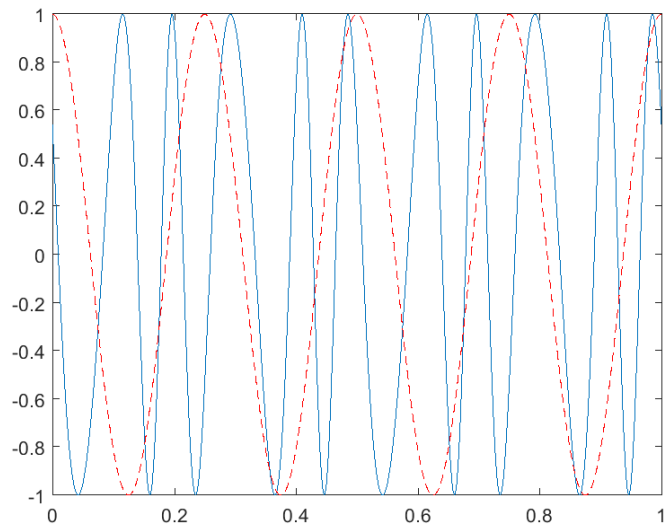


Рис. 4.2.1. Фазово-модулированный сигнал

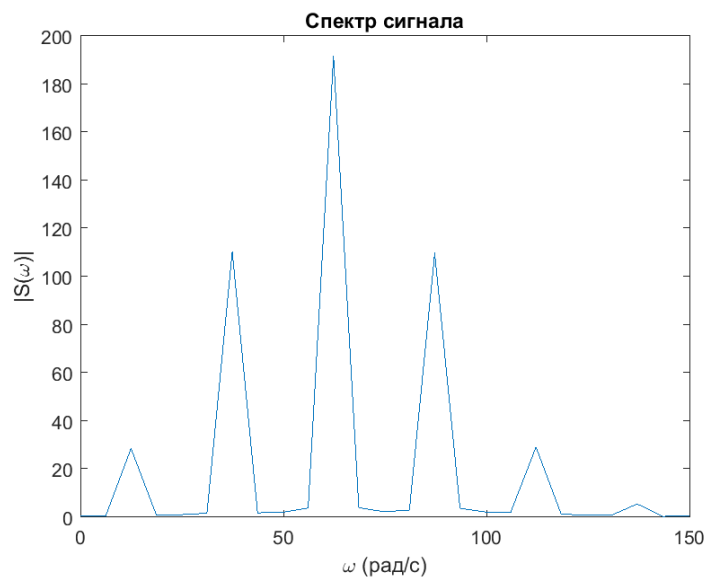


Рис. 4.2.2. Спектр фазово-модулированного сигнала

### 4.3. Демодуляция фазовой модуляции

Демодуляция фазовой модуляции представлена на рис. 4.3.1, а спектр демодулированного сигнала на рис. 4.3.2.

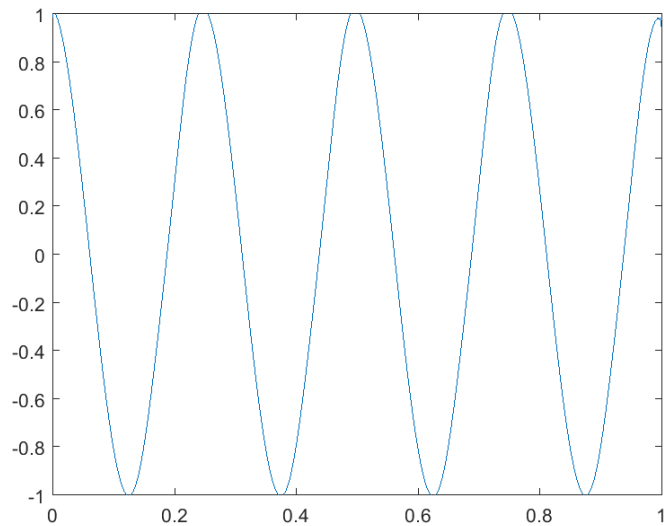


Рис. 4.3.1. Фазово-демодулированный сигнал

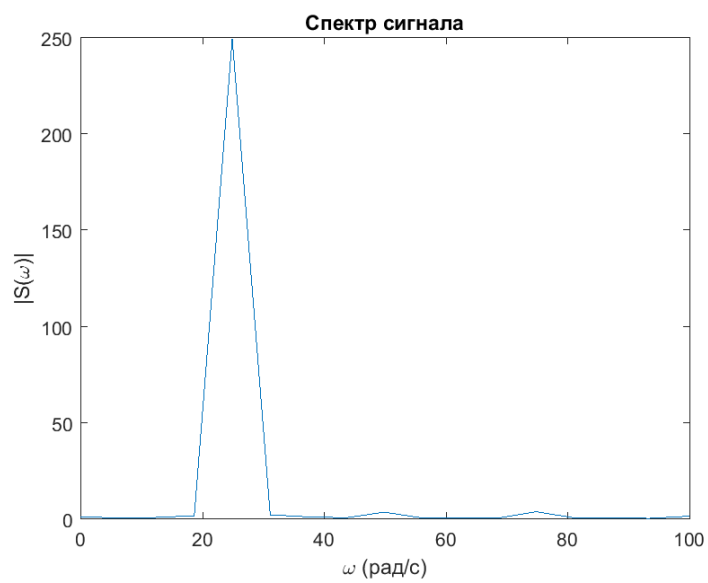


Рис. 4.3.2. Спектр фазово-демодулированного сигнала

Как видно по графикам сигнал после демодуляции совпадает с модулируемым исходным сигналом.

#### 4.4. Частотная модуляция

Сигнал после частотной модуляции приведён на рис. 4.4.1. Его спектр показан на рис. 4.4.2.

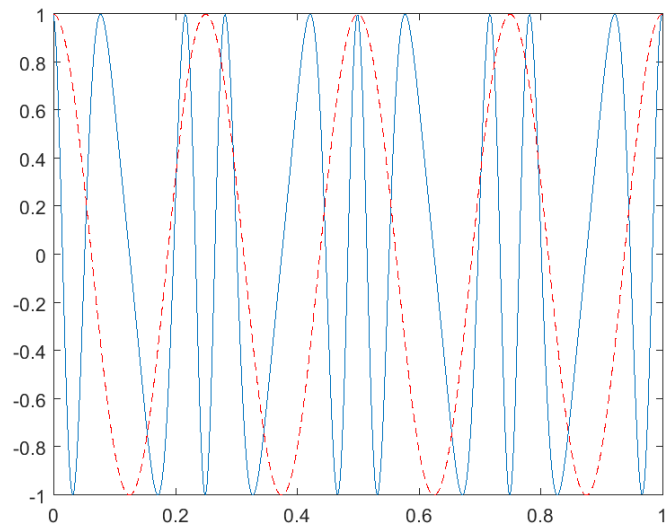


Рис. 4.4.1. Частотно-модулированный сигнал

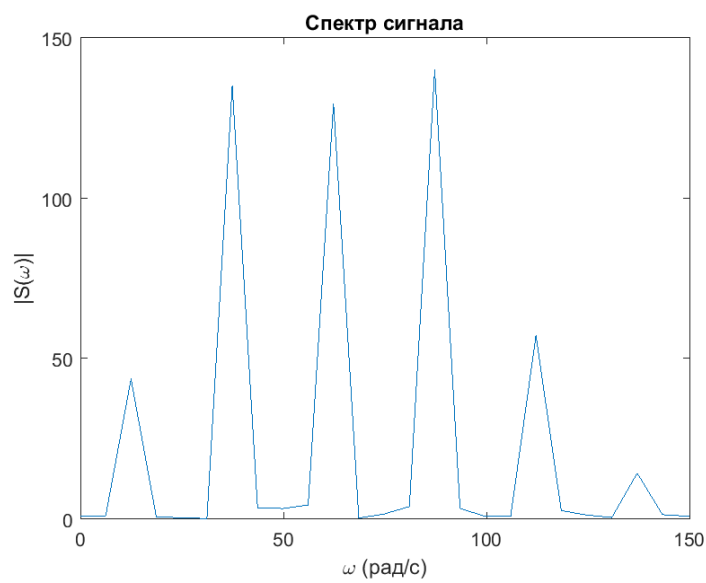


Рис. 4.4.2. Спектр частотно-модулированного сигнала

## 4.5. Демодуляция частотной модуляции

Демодуляция частотной модуляции представлена на рис. 4.5.1, а спектр демодулированного сигнала на рис. 4.5.2.



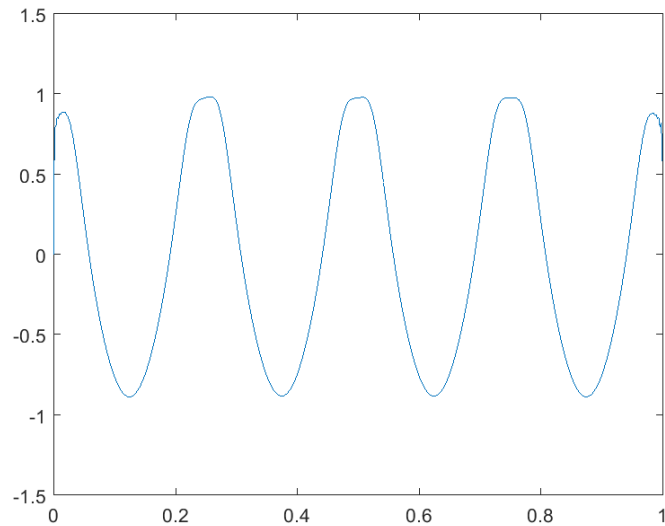


Рис. 4.5.1. Частотно-демодулированный сигнал

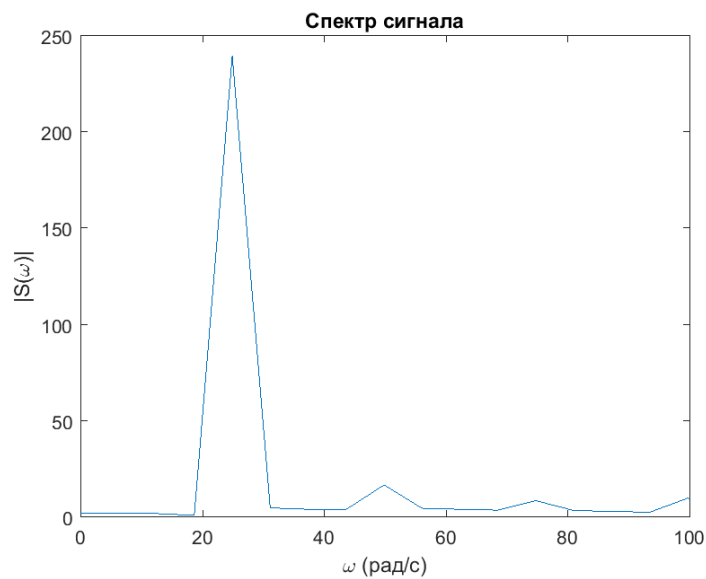


Рис. 4.5.2. Спектр частотно-демодулированного сигнала

Как видно по графикам в сигнале после демодуляции присутствуют незначительные отличия от исходного сигнала.

## 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. И в случае с фазовой модуляцией и в случае с частотной модуляцией, сигналы были демодулированы с хорошей точностью, что говорит об эффективности использования таких методов модуляции и демодуляции. Такие способы модуляции можно применять для высококачественной передачи.

## 6. Листинг

Листинг 1: Код использованный при работе

```
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 = pmmmod(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 = fmmod(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');
```