

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:

Болдырев А.В.

Группа: 33501/3

Преподаватель:

Богач Н.В.

Санкт-Петербург
2017

Содержание

1. Цель работы	2
2. Постановка задачи	2
3. Теоретическая информация	2
3.1. Модуляция	2
3.2. Генерация однотонового низкочастотного сигнала $s(t)$	2
3.3. Типы модуляции	3
3.3.1. Фазовая модуляция	3
3.3.2. Угловая модуляция	3
4. Ход работы	4
4.1. Генерация однотонового сигнала	6
4.2. Частотная модуляция	7
4.3. Фазовая модуляция	8
4.4. Демодуляция ЧМ и ФМ	9
5. Выводы	11

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

Сигналы от любых источников информации передаются по линиям связи к приемникам, например, в измерительно-вычислительные системы регистрации и обработки данных. Как правило, информационные сигналы являются низкочастотными и ограниченными по ширине спектра, тогда как методы передачи сигналов рассчитаны на работу с высокочастотным сигналом. При этом важным вопросом является частотное разделение каналов передачи информации с целью эффективного использования каналообразующего оборудования и выделенного для передачи частотного диапазона. 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 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. 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, содержащейся в сигнале $s(t)$. Сигнал $u(t)$ называется *несущим сигналом*, *несущим колебанием* или просто *несущей (carrier)*, а физический процесс переноса информации на параметры несущего сигнала – его *модуляцией*.

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, φ - 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 ω_0 пропорционально амплитуде модулирующего сигнала $s(t)$. Соответственно, уравнение ФМ–сигнала определяется выражением:

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

Сигнал после фазовой модуляции имеет максимальную частоту в точке, где максимально значение производной несущего сигнала (аналогично для минимума частоты).

3.3.2. 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 ω , либо на фазовый угол φ . 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:

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

Изображение сигнала после угловой модуляции приведено ниже на рисунке 3.3.1 :

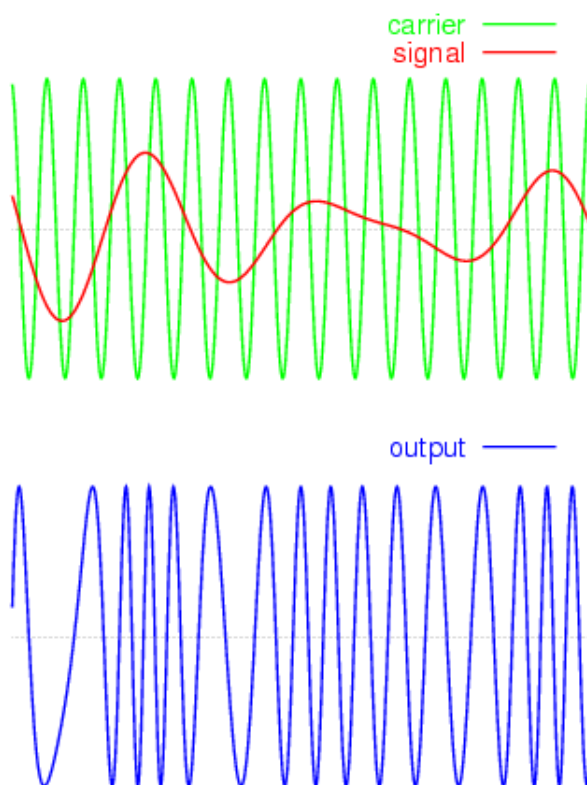


Рис. 3.3.1. Угловая модуляция сигнала

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

4. Ход работы

Код программы представлен ниже - два листинга, относящихся к фазовой модуляции и один относящийся к частотной модуляции 1, 2, 3 :

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
17 figure
18 specplot(s_M, Fs);
19
20 % AM-signal
21
22 A0=1;
23 omega0 = 200;
24 phi0 = 2.5;
25 s_AM = pmmod(s_M, OMEGA, omega0, phi0);
26
27 figure
28 hold on
29 plot(t, s_AM);
30 plot(t, s_M, '—', 'Color', 'red');
31 hold off
32
33 figure
34 specplot(s_AM, Fs);
35 xlim([0 250]);
36
37 f = pmdemod(s_AM, OMEGA, omega0, phi0);
38
39 figure
40 plot(t, f);
41
42 figure
43 specplot(f, omega0);
```

Листинг 2: Код в МатЛаб

```
1 Fs = 8e4;
2 T = 4;
3 t = 0:1/Fs:T;
4 F = 1000; % Modulating sig. freq.
5 s_M = cos(2*pi*F*t);
6 figure
7 plot(t, s_M)
8 Fc = 1.5e3; % Carrier frequency
```

```

9 s_PM_1 = pmmmod(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
17 figure
18 specplot(s_M, Fs);
19 xlim([0 400]);
20 ylim([0 100]);
21
22 % AM-signal
23
24 A0=1;
25 omega0 = 100;
26 freqdev = 10;
27 s_AM = fmmmod(s_M, OMEGA, omega0, freqdev);

```

```

28
29 figure
30 hold on
31 plot(t, s_AM);
32 plot(t, s_M, '—', 'Color', 'red');
33 hold off
34
35 figure
36 specplot(s_AM, Fs);
37 xlim([0 250]);
38
39 f = fmdemod(s_AM, OMEGA, omega0, freqdev);
40
41 figure
42 plot(t, f);
43
44 figure
45 specplot(f, omega0);
46 xlim([0 400]);

```

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

4.1. Генерация однотонового сигнала

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

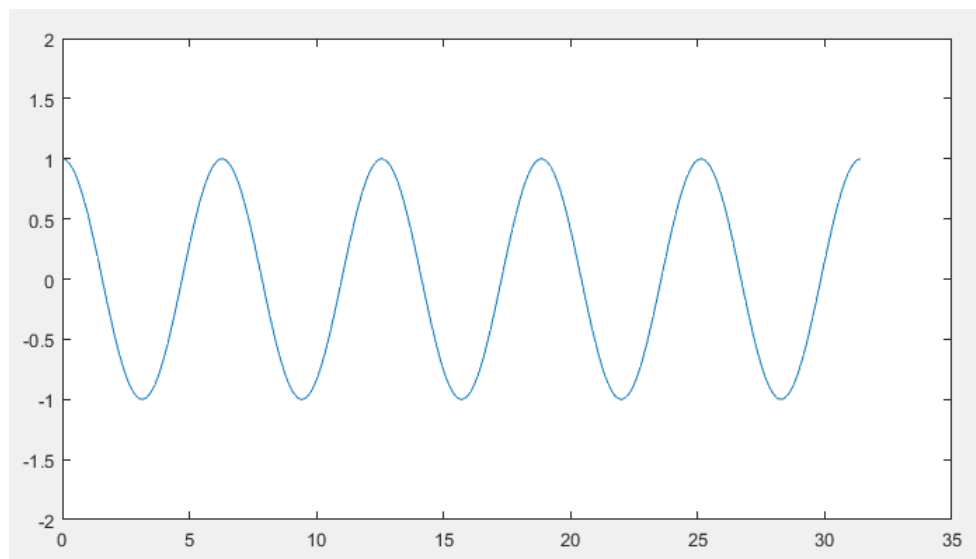


Рис. 4.1.1. Гармонический сигнал $s(t) = A * \cos(2 * \pi * f * t + \varphi)$

Для однотонового сигнала спектр выглядит следующим образом:

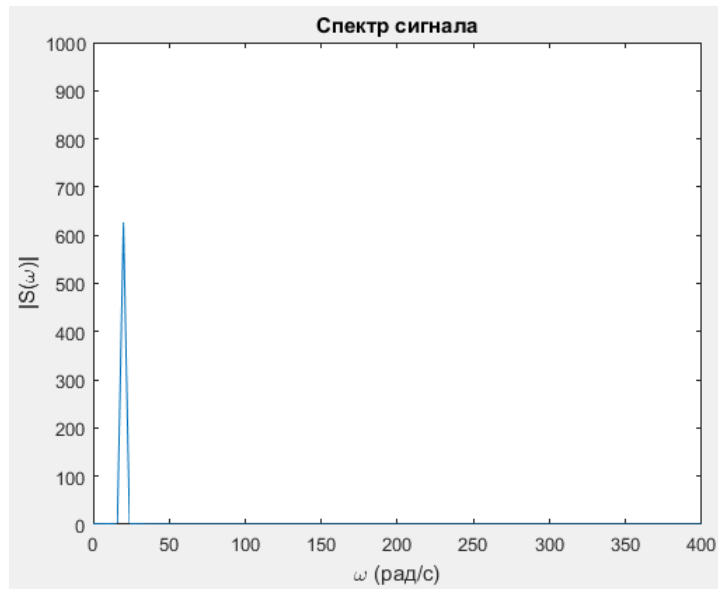


Рис. 4.1.2. Спектр гармонического сигнала $s(t) = A * \cos(2 * \pi * f * t + \varphi)$

4.2. Частотная модуляция

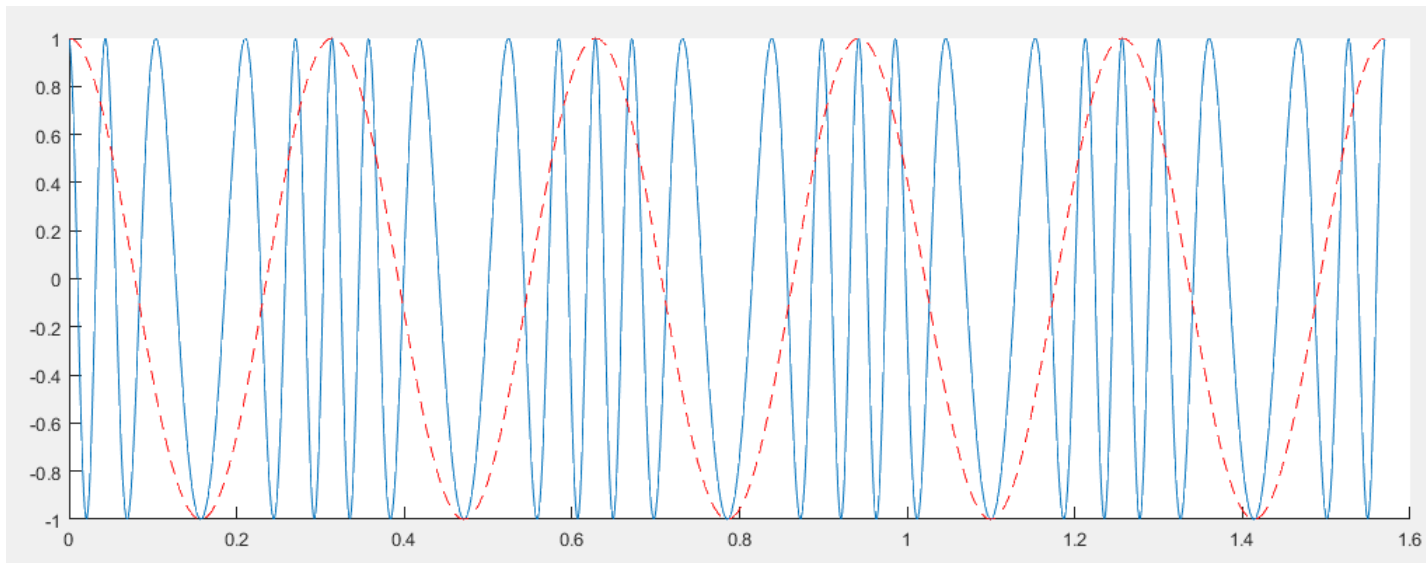


Рис. 4.2.1. Частотно-модулированный сигнал

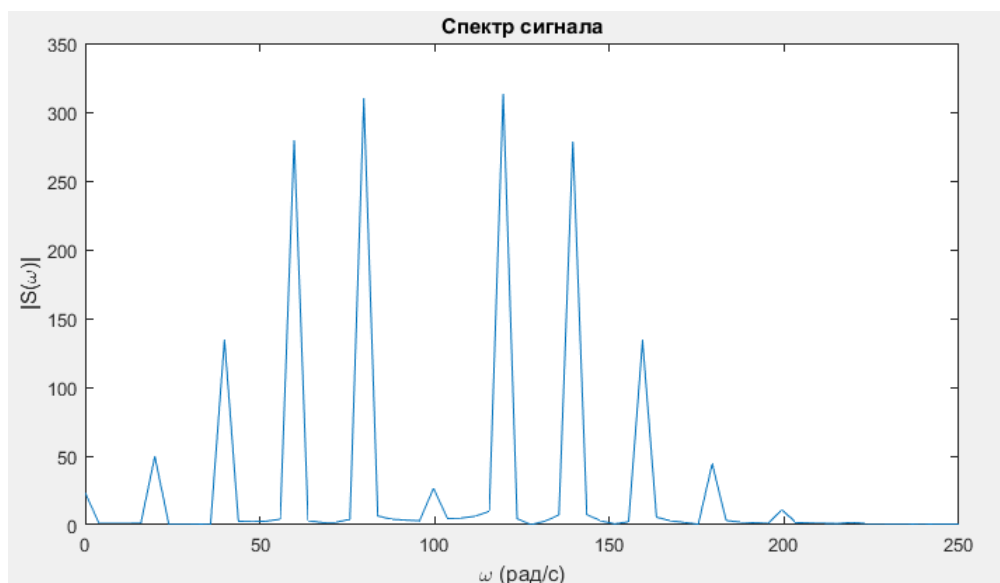


Рис. 4.2.2. Спектр частотно-модулированного сигнала

4.3. Фазовая модуляция

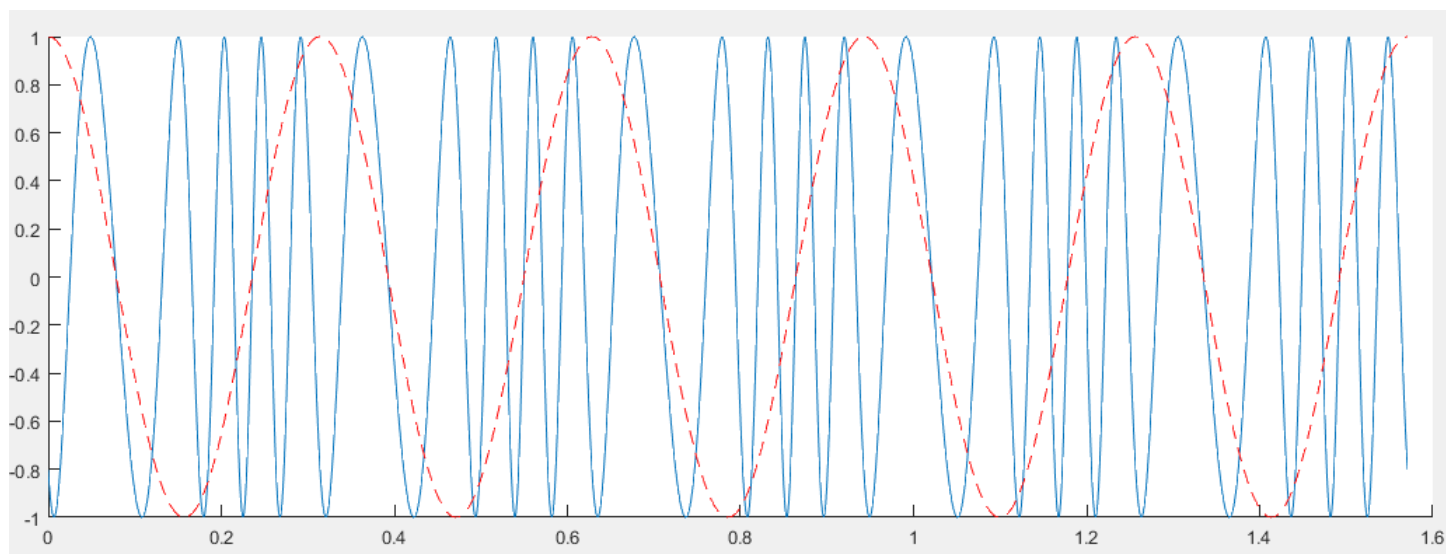


Рис. 4.3.1. Фазово-модулированный сигнал (с отображением несущей гармоники)

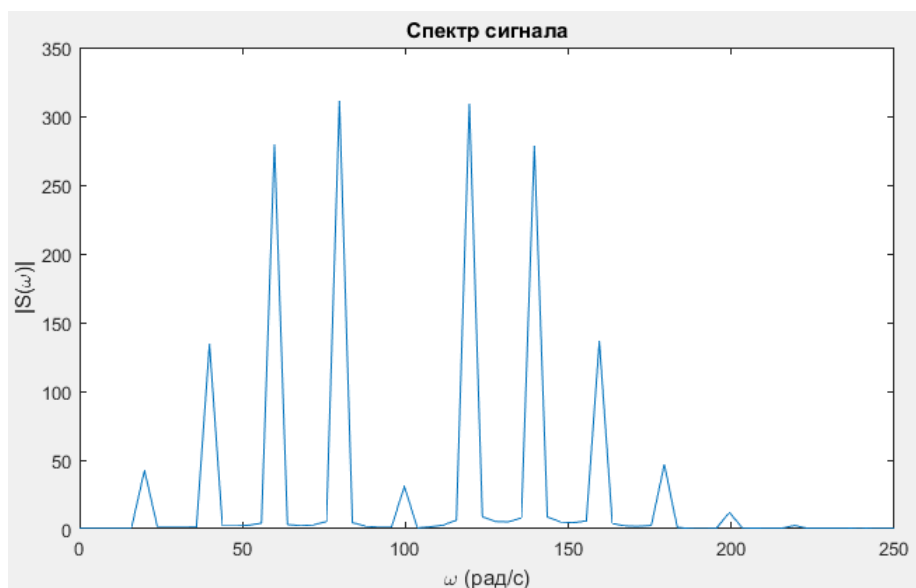


Рис. 4.3.2. Спектр фазово-модулированного сигнала

4.4. Демодуляция ЧМ и ФМ

Произведем демодуляцию модулированных сигналов.

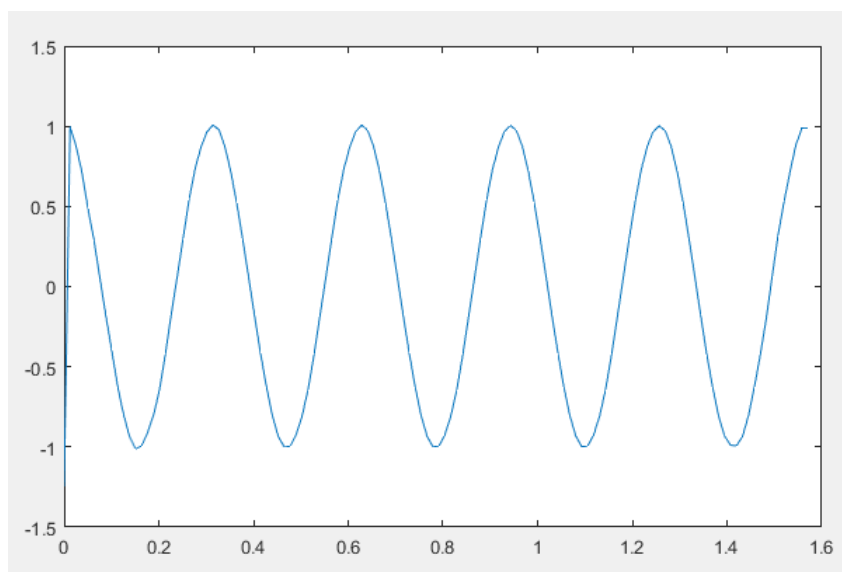


Рис. 4.4.1. Фазово-демодулированный сигнал

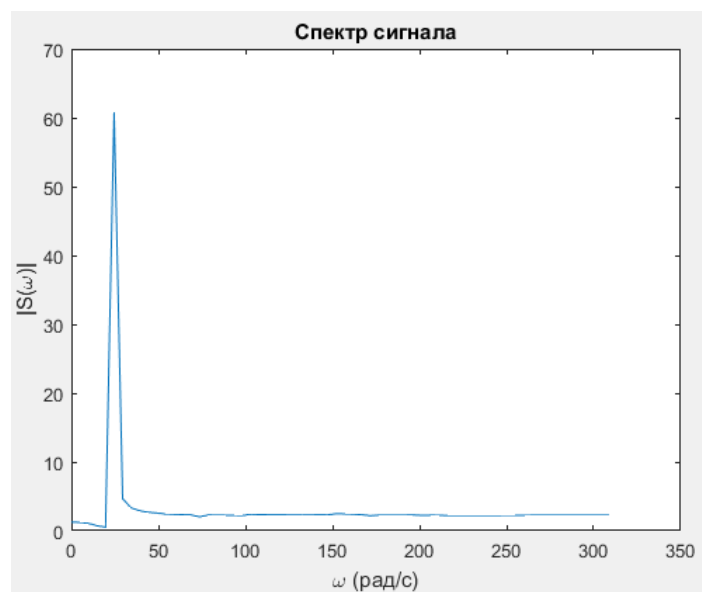


Рис. 4.4.2. Спектр фазово-демодулированного сигнала

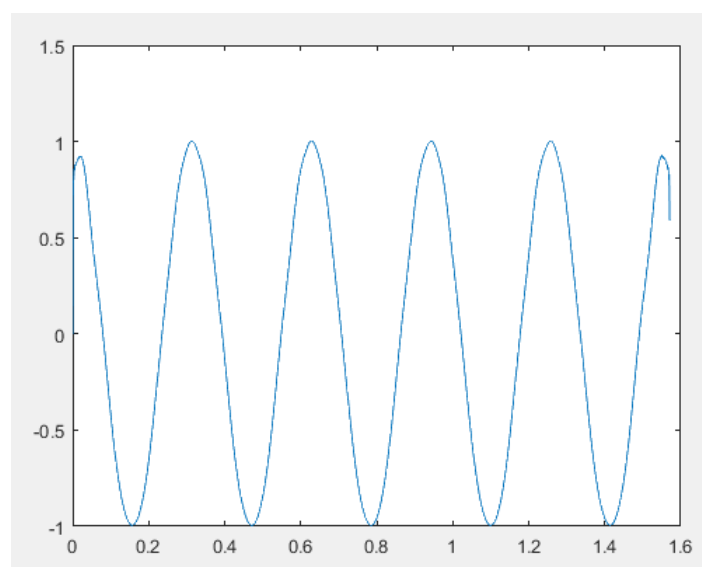


Рис. 4.4.3. Частотно-демодулированный сигнал

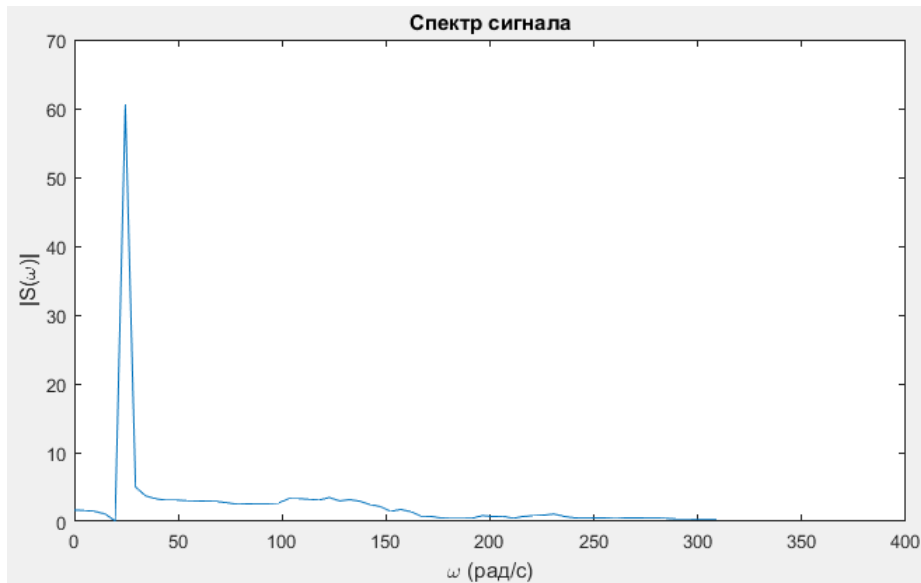


Рис. 4.4.4. Спектр частотно-демодулированного сигнала

В обоих случаях сигналы были восстановлены с высокой точностью.

5. Выводы

Исследованы типы аналоговой модуляции/демодуляции (фазовая, частотная). Построены спектры модулированных сигналов, их вид совпал с ожидаемым результатом для каждого типа модуляции.

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.