

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5  
ЧАСТОТНАЯ И ФАЗОВАЯ МОДУЛЯЦИЯ

Руководитель  
\_\_\_\_\_ Н. В. Богач

Выполнил  
\_\_\_\_\_ Л. Д. Кони́на  
группа 33501/3

Санкт-Петербург  
2018

**Цель:**

Изучение частотной и фазовой модуляции/демодуляции сигнала. **Постановка задачи**

- 1) Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты
- 2) Выполнить фазовую модуляцию/демодуляцию сигнала по закону  $u(t) = U_m \cos(\omega_0 t + k s(t))$
- 3) Получить спектр модулированного сигнала
- 4) Выполнить частотную модуляцию/демодуляцию по закону  $u(t) = U_m \cos(\omega_0 t + k \int_0^t s(t) dt)$

## Теоретический раздел

### 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.

#### Однотональный сигнал

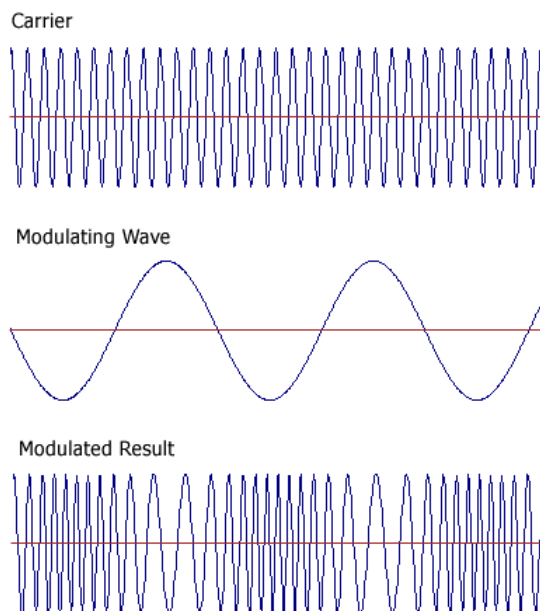
Для генерации гармонического сигнала можно воспользоваться формулой  $signal = A * \cos(2 * \pi * f * t + \varphi)$ , где  $A$  — амплитуда сигнала,  $f$  — частота,  $t$  — вектор отсчетов времени,  $\varphi$  — смещение по фазе.

#### 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.

**Фазовая модуляция** При фазовой модуляции модулирующий сигнал определяет фазу несущего колебания  $\phi(t) = ks(t)$ . Сигнал с фазовой модуляцией имеет вид  $u(t) = U_m \cos(\omega_0 t + ks(t))$

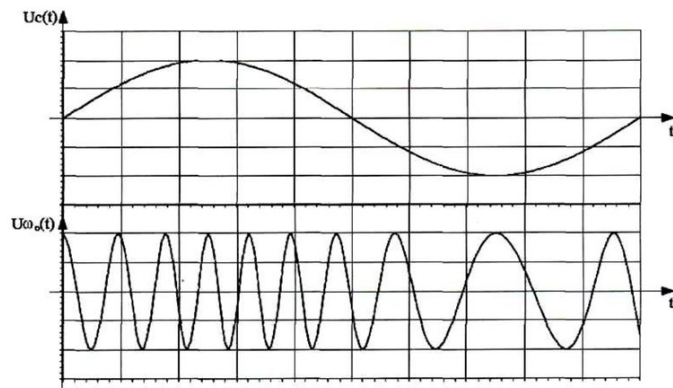
Изображение сигнала после фазовой модуляции приведено ниже на рисунке.



#### Частотная модуляция

При частотной модуляции модулирующий сигнал определяет частоту несущего

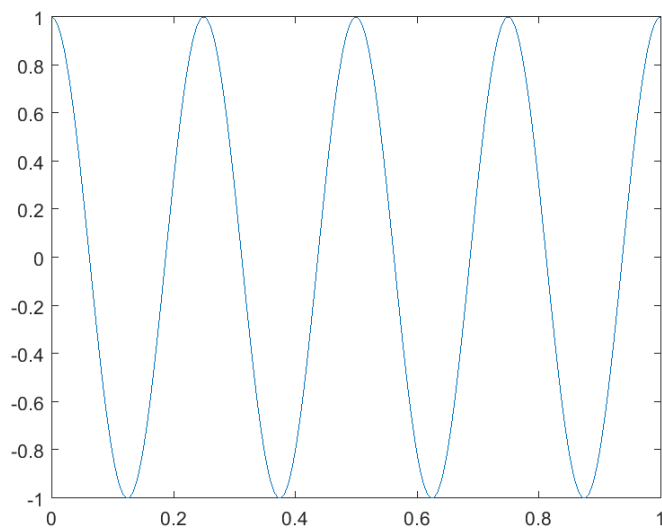
колебания. Сигнал с частотной модуляцией имеет вид  $u(t) = U_m \cos(\omega_0 t + k \int_0^t s(t) dt)$   
 Изображение сигнала после частотной модуляции приведено на рисунке.



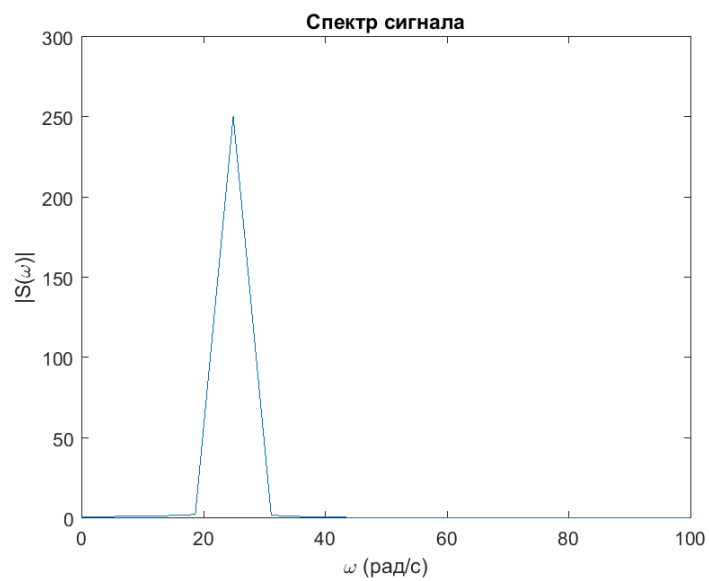
## Ход работы

### Генерация однотонового сигнала

Получим гармонический сигнал  $s(t) = A * \cos(2 * \pi * f * t + \varphi)$

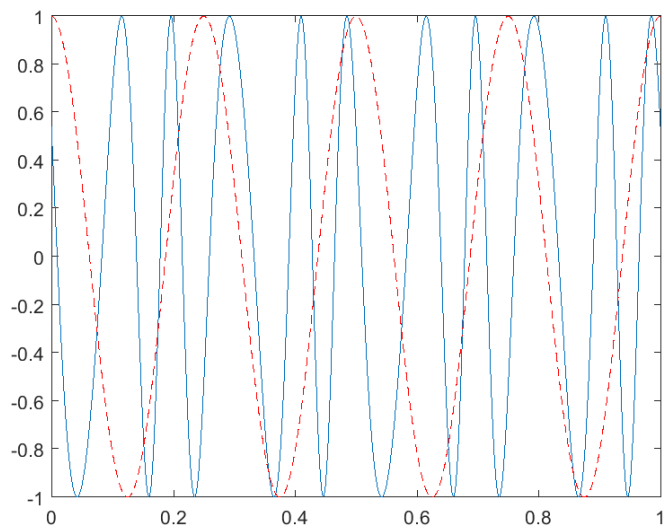


Его спектр:

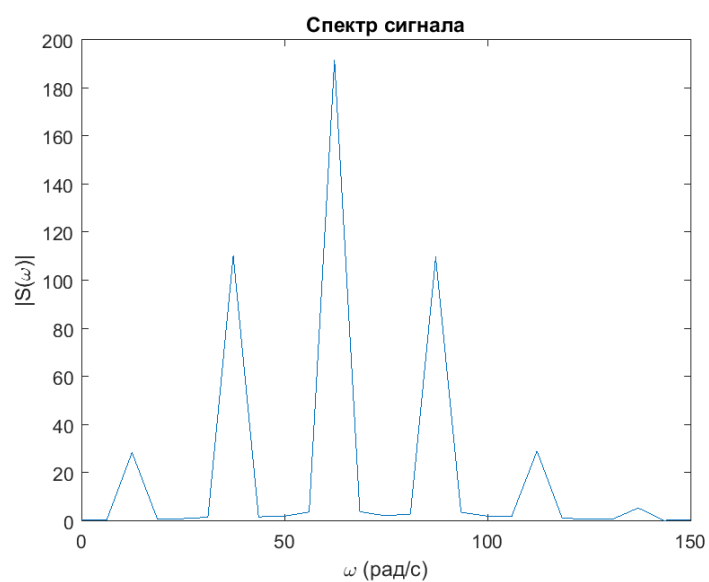


### Фазовая модуляция

Сигнал после фазовой модуляции приведён на рисунке.

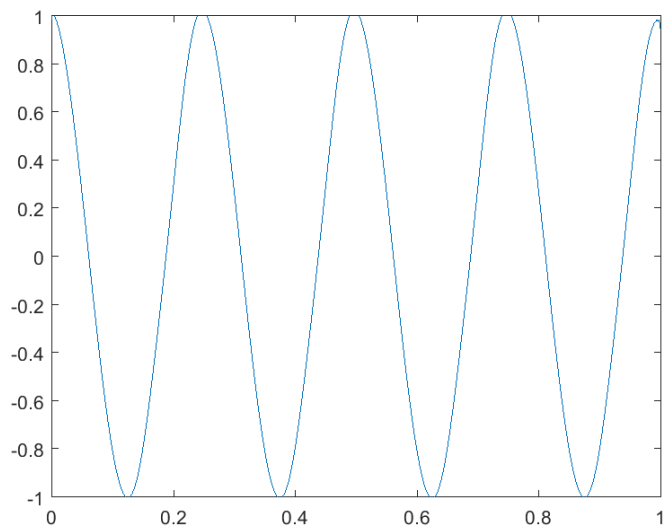


Его спектр:

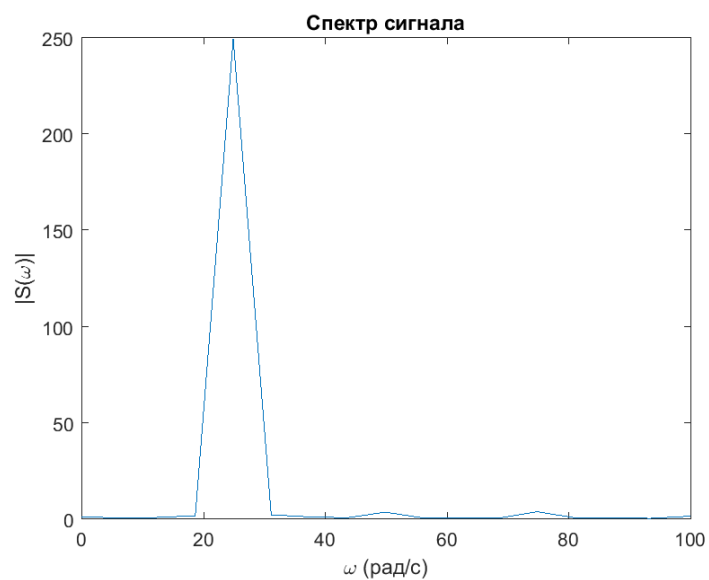


### Демодуляция фазовой модуляции

Демодуляция фазовой модуляции представлена на рисунке:



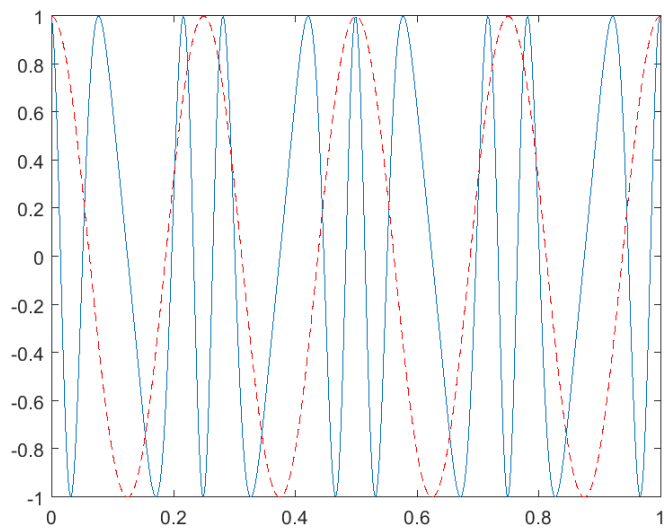
Спектр демодулированного сигнала:



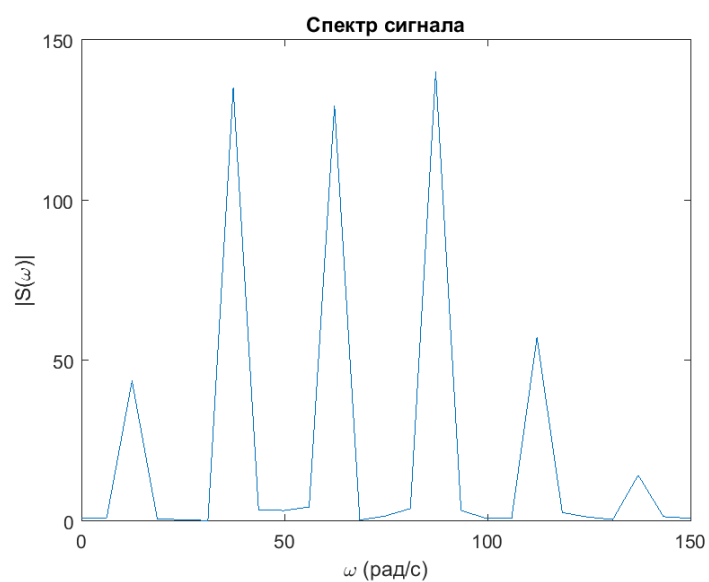
Как видно по графикам, сигнал после демодуляции совпадает с исходным.

### Частотная модуляция

Сигнал после частотной модуляции приведён на рисунке:



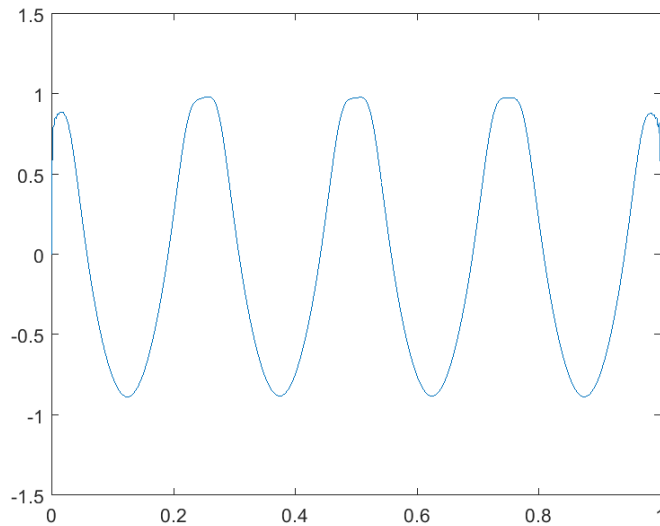
Его спектр:



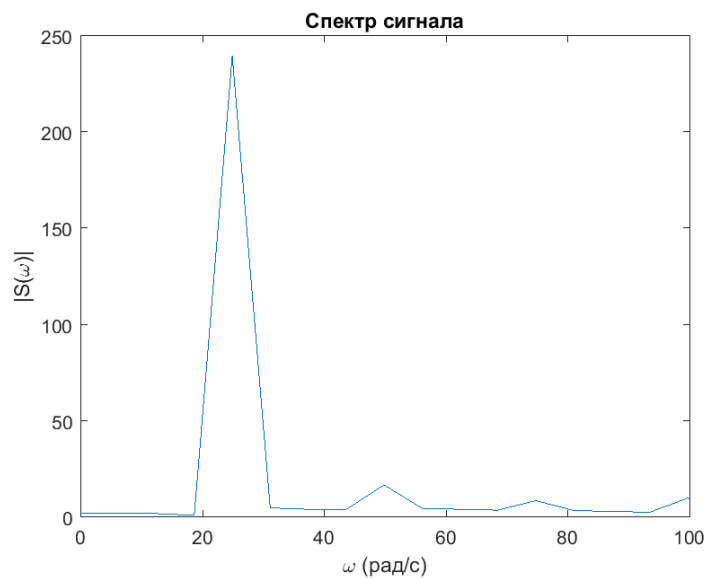
### Демодуляция частотной модуляции

Демодуляция частотно-модулированного сигнала представлена на рисунке:





Спектр:



В сигнале после демодуляции присутствуют незначительные отличия от исходного сигнала.

### Выводы

В данной работе были изучены фазовая и частотная модуляция/демодуляции. Были построены спектры модулированных сигналов. Сигналы были демодулированы с хорошей точностью как для частотной так и для фазовой модуляции, что говорит об эффективности использования этих методов. Рассмотренные способы модуляции можно применять для высококачественной передачи данных.