

Санкт-Петербургский государственный политехнический  
университет Петра Великого  
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

**Отчет по Лабораторной работе 5**

**Дисциплина:** Телекоммуникационные технологии

**Тема:** Частотная и фазовая модуляция

Выполнил студент гр. 33501/1

\_\_\_\_\_ Поляков К.О.  
(подпись)

Преподаватель

\_\_\_\_\_ Богач Н.В.  
(подпись)

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2017 г.

Санкт-Петербург  
2017 г.

# Оглавление

## Лабораторная работа №5

	Частотная и фазовая модуляция . . . . .	3
1	Цель работы . . . . .	3
2	Постановка задачи . . . . .	3
3	Теоретические положения . . . . .	3
	3.1 Фазовая модуляция . . . . .	3
	3.2 Частотная модуляция . . . . .	3
4	Ход работы . . . . .	4
	4.1 Фазовая модуляция/демодуляция . . . . .	4
	4.2 Частотная модуляция/демодуляция . . . . .	6
5	Выводы . . . . .	7

# Лабораторная работа №5

## Частотная и фазовая модуляция

### 1 Цель работы

Изучение частотной и фазовой модуляции/демодуляции сигнала.

### 2 Постановка задачи

- Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты.
- Выполнить фазовую модуляцию/демодуляцию сигнала, используя встроенную функцию Matlab `pmmod`, `pmdemod`.
- Получить спектр модулированного сигнала.
- Выполнить частотную модуляцию/демодуляцию, используя встроенные функции Matlab `fmmod`, `fmdemod`.

### 3 Теоретические положения

#### 3.1 Фазовая модуляция

Фазовая модуляция – процесс изменения мгновенной фазы несущего колебания пропорционально изменению непрерывного информационного сигнала. Широко используется для передачи информации путём установления соответствия передаваемой информации с фазой колебательного процесса. Кроме того, при приеме сигнала сложно измерить абсолютное значение начальной фазы; значительно проще определить относительный фазовый сдвиг между двумя соседними символами. Поэтому обычно используется фазоразностная манипуляция (синонимы – дифференциальная фазовая манипуляция, относительная фазовая манипуляция; английский термин – differential phase shift keying, DPSK).

Пусть модулирующий сигнал определяет начальную фазу несущего колебания:

$$\phi(t) = kS_M(t).$$

Тогда мы получаем сигнал с *фазовой модуляцией* (ФМ; английский термин – phase modulation, PM):

$$S_{PM}(t) = A \cos(\omega_0 t + kS_M(t)).$$

Весь аргумент функции  $\cos$ , взятый целиком, называется полной фазой колебания:

$$\psi(t) = \omega_0 t + kS_M(t).$$

Мгновенная частота  $\omega(t) = \omega_0 + \Delta\omega(t)$

Пусть мы воздействуем модулирующим сигналом  $\nu(t)$  на мгновенную частоту так, что  $\Delta\omega(t) = K_{\text{ЧМ}}\nu(t)$ , ( $K_{\text{ЧМ}}$  - *крутизна* частотной модуляции, или коэффициент преобразования напряжение-частота).

По характеристикам фазовая модуляция близка к частотной модуляции. В случае синусоидального модулирующего (информационного) сигнала, результаты частотной и фазовой модуляции совпадают. Для данных видов модуляции вводится понятие девиации частоты:

$$\omega_D = K_{\text{ЧМ}}A$$

Девиация - это максимальное отклонение мгновенной частоты от средней частоты  $\omega(0)$ . Для частотной модуляции девиация является параметром модуляции, в то время как для фазовой модуляции она пропорциональна частоте модулирующего сигнала.

#### 3.2 Частотная модуляция

Частотная модуляция – процесс изменения мгновенной частоты несущего колебания в соответствии с изменением информационного сигнала:

$$\omega(t) = \omega_0 + kS_M(t).$$

Параметр ЧМ модуляции - индекс модуляции. Это отношение амплитуды отклонения мгновенной частоты от среднего значения (девиации частоты) к частоте, с которой эти отклонения частоты происходят при частотной модуляции, т.е.:

$$m = \frac{\omega_D}{W}$$

Чем больше значение  $m$ , тем больше амплитуды составляющих спектра частотно-модулированного сигнала и тем сильнее этот спектр отличается от спектра амплитудно-модулированного сигнала. Различие между фазовой и частотной модуляцией обнаруживается при модуляции спектром частот. При частотной модуляции девиация частоты не зависит от частоты модуляции ( $\omega_D = \text{const}$ ), а индекс модуляции обратно пропорционален частоте модуляции.

## 4 Ход работы

В работе фазовая и частотная модуляция производится средствами Matlab: `pmmod` (фазовая модуляция) и `fmmod` (частотная модуляция). Создадим однотональный гармонический сигнал с частотой 1 Гц, частотой дискретизации выбрана равной 100 Гц. В качестве несущей берется синусоидальный сигнал с частотой 5 Гц.

```
1  Ds = 3400;
2  Fc = 200;
3  t = 0 : 1/Fs : 0.1;
4  A = 2;
5  F = 30;
6  s = A * sin(2*F*pi*t);
7  x = pmmod(s, Fc, Fs, 1);
8  xd = pmdemod(x, Fc, Fs, 1);
```

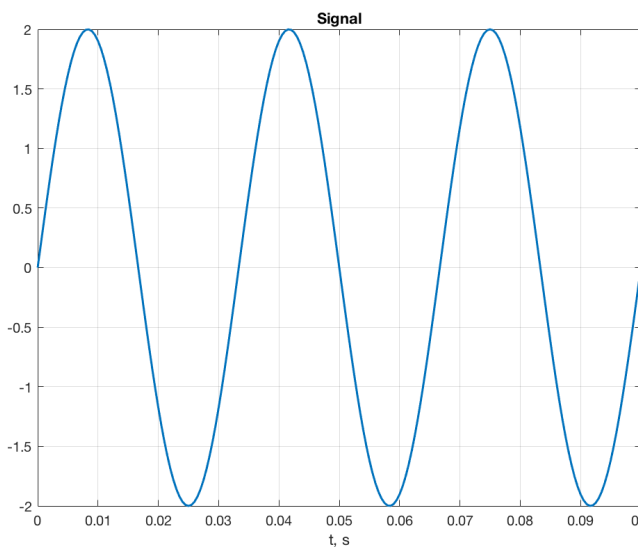


Рис. 1: Сигнал

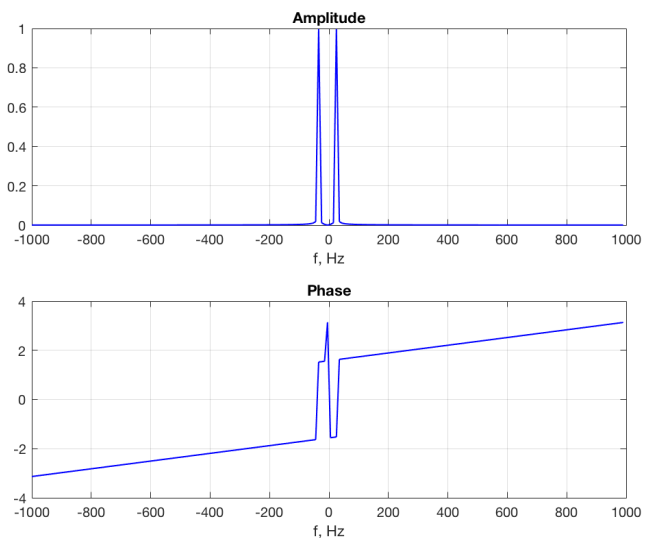
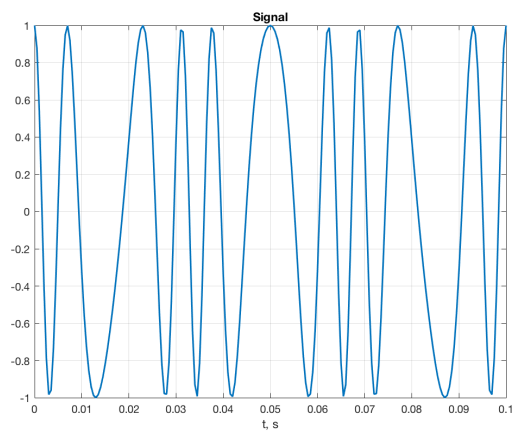


Рис. 2: Спектры сигнала

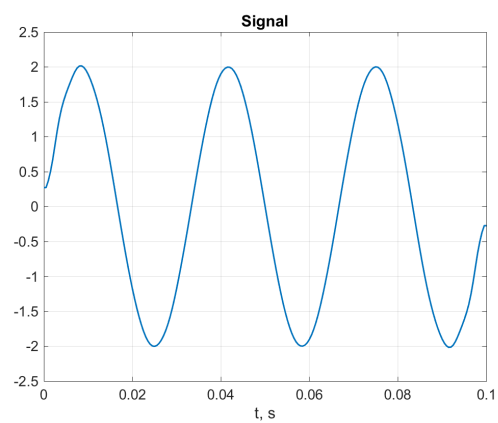
### 4.1 Фазовая модуляция/демодуляция

Листинг 1: Фазовая модуляция+демодуляция

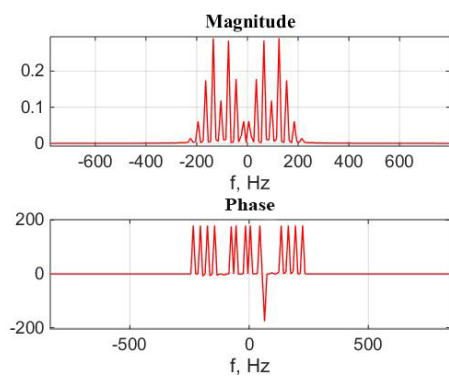
```
1  x = pmmod(s, Fc, Fs, 1);
2  xd = pmdemod(x, Fc, Fs, 1);
```



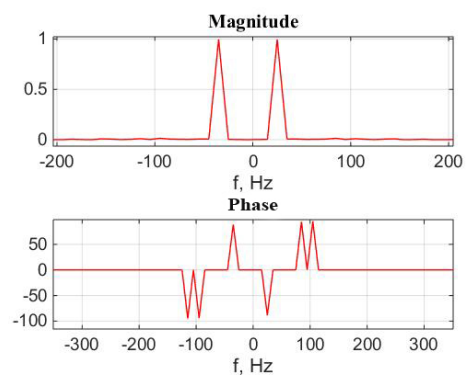
(a) Модулированный сигнал



(b) Демодулированный сигнал



(c) Спектры модулированного сигнала



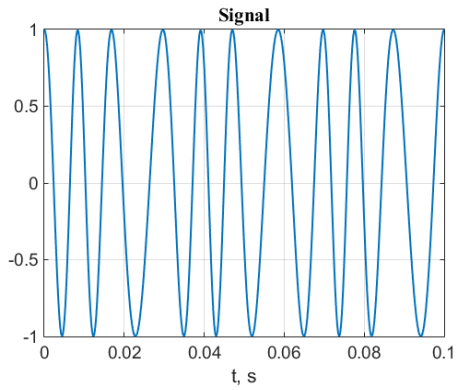
(d) Спектры демодулированного сигнала

Рис. 3: Фазовая модуляция-демодуляция сигнала

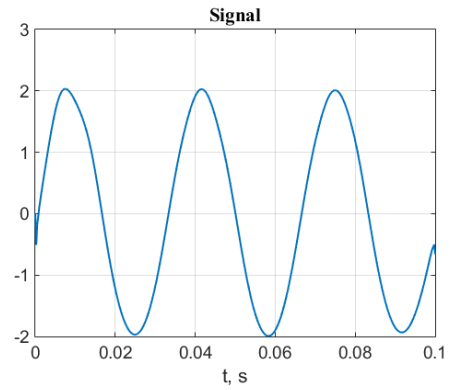
## 4.2 Частотная модуляция/демодуляция

Листинг 2: Частотная модуляция+демодуляция

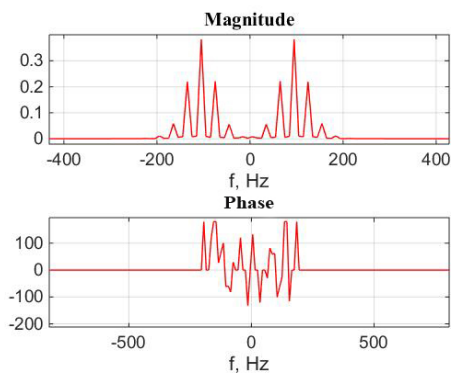
```
1 y = fmod(s, Fc, Fs, 15)
2 dy = fmdemod(y, Fc, Fs, 15);
```



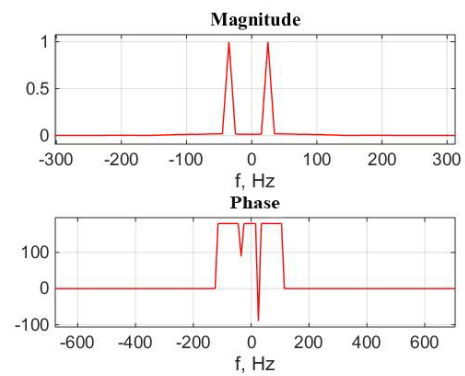
(a) Модулированный сигнал



(b) Демодулированный сигнал



(c) Спектры модулированного сигнала



(d) Спектры демодулированного сигнала

Рис. 4: Частотная модуляция-демодуляция сигнала

## 5 Выводы

В ходе работы была произведена частотная и фазовая модуляция гармонического сигнала. Частотная и фазовая модуляция очень тесно взаимосвязаны, поскольку обе они влияют на аргумент функции  $\cos$ . Это видно и по результатам, их эффективная ширина отличается мало. Отличия модуляций заметны из-за смещения друг относительно друга по фазе на четверть периода модулирующего гармонического сигнала. Также максимум мгновенной частоты сигнала для фазовой модуляции достигается при максимуме производной исходного сигнала, в то время как у частотной модуляции максимум привязан к наибольшему значению амплитуды модулирующей функции. Эти два вида модуляции имеют общее название - угловая модуляция. Благодаря расширению спектра сигнала угловая модуляция обладает большей помехоустойчивостью по сравнению с амплитудной.