

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

# Телекоммуникационные системы

Отчет по лабораторной работе №5

Частотная и фазовая модуляция

**Работу**

**выполнила:**

Васильева В.В.

Группа: 33531/2

**Преподаватель:**

Богач Н.В.

Санкт-Петербург  
2019

# Содержание

1. Цель работы	2
2. Программа работы	2
3. Теоретическая информация	2
4. Ход выполнения работы	2
4.1. Листинг . . . . .	2
4.2. Графики . . . . .	5
5. Выводы	6

# 1. Цель работы

Изучение частотной и фазовой модуляции/демодуляции сигнала.

# 2. Программа работы

Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты.

Выполнить фазовую модуляцию/демодуляцию сигнала по закону  $u(t) = (U_m \cos(t + k_s(t)))$

Получить спектр модулированного сигнала.

Выполнить частотную модуляцию/демодуляцию.

# 3. Теоретическая информация

Частотная модуляция — вид аналоговой модуляции, при котором информационный сигнал управляет частотой несущего колебания. По сравнению с амплитудной модуляцией здесь амплитуда остаётся постоянной. ЧМ 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. Высокое качество кодирования аудиосигнала обусловлено тем, что в радиовещании при ЧМ применяется большая (по сравнению с шириной спектра сигнала АМ) девиация несущего сигнала, а в приёмной аппаратуре используют ограничитель амплитуды радиосигнала для устранения импульсных помех. Такая модуляция называется широкополосной ЧМ. В радиосвязи применяется узкополосная ЧМ с небольшой девиацией частоты несущего сигнала.

Фазовая модуляция — вид модуляции, при которой фаза несущего колебания изменяется прямо пропорционально информационному сигналу. В случае, когда информационный сигнал является дискретным, то говорят о фазовой манипуляции. Возможна относительная фазовая манипуляция (ОФМ), если информация передается не в самой фазе, а в разности фаз соседних сигналов в последовательности. Хотя для сокращения занимаемой полосы частот манипуляция может производиться не прямоугольным, а сглаженным импульсом, например, колоколообразным, приподнятым косинусом и др., но и в этом случае обычно говорят о манипуляции. По характеристикам фазовая модуляция близка к частотной модуляции. В случае синусоидального модулирующего (информационного) сигнала, результаты частотной и фазовой модуляции совпадают.

# 4. Ход выполнения работы

## 4.1. Листинг

```
1 from scipy.signal import hilbert
2 import scipy.integrate as integrate
3 import matplotlib.pyplot as plt
4 import numpy as np
5
6
```

```

7 def plot_graphic(x, y, title=None, x_label="x", y_label="y", gr_form='-', xlim=
  ↳ None, ylim=None, show=False, save=False):
8     plt.xlabel(x_label)
9     plt.ylabel(y_label)
10    if title != None:
11        plt.title(title)
12
13    plt.plot(x, y, gr_form)
14
15    if xlim != None:
16        plt.xlim(xlim[0], xlim[1])
17    if ylim != None:
18        plt.ylim(ylim[0], ylim[1])
19
20    if show:
21        plt.show()
22    if save:
23        plt.savefig(title + '.png')
24        plt.close()
25
26
27 if __name__ == '__main__':
28     pic = 0
29     sig_freq = 10
30     T = 1.0 / sig_freq
31     sig_ampl = 1
32     fs = 2000
33     ts = 1.0 / fs
34     n = 1 << 13
35
36     t = np.arange(0, n * ts, step=ts)
37     sig = sig_ampl * np.sin(2 * np.pi * sig_freq * t)
38     carrier_freq = 50
39     carrier_amplitude = sig_ampl
40     sig_xlim = (0, 0.4)
41
42     phase_modulated = carrier_amplitude * np.sin(2 * np.pi * carrier_freq * t +
  ↳ sig)
43
44     sig_integrated = np.zeros_like(sig)
45     for i, dt in enumerate(t):
46         sig_integrated[i] = integrate.simps(sig, dx=t[i])
47
48     freq_modulated = carrier_amplitude * np.sin(2 * np.pi * carrier_freq * t +
  ↳ sig_ampl * sig_integrated)
49
50     analytic_signal = hilbert(phase_modulated)
51     phase_function = np.unwrap(np.angle(analytic_signal) + np.pi / 2)
52
53     phase_demodulated = phase_function - 2 * np.pi * carrier_freq * t
54     freq_demodulated = phase_function - 2 * np.pi * carrier_freq * t
55
56     fft_freq = np.fft.fftfreq(n, ts)
57
58     phase_modulated_fft = abs(np.fft.fft(phase_modulated)) / n * 2
59     phase_demodulated_fft = abs(np.fft.fft(phase_demodulated)) / n * 2
60
61     freq_modulated_fft = abs(np.fft.fft(freq_modulated)) / n * 2
62     freq_demodulated_fft = abs(np.fft.fft(freq_demodulated)) / n * 2
63

```

```

64 plot_graphic(t, phase_modulated,
65             xlim=sig_xlim,
66             x_label='time_(s)', y_label='amplitude_(V)', show=False)
67
68 plot_graphic(t, phase_demodulated,
69             xlim=sig_xlim,
70             x_label='time_(s)', y_label='amplitude_(V)', show=False)
71
72 plt.legend(('phase_modulated_sine_wave', 'phase_demodulated_sine_wave'), loc
73 ↪ = 'upper_right')
74 plt.savefig('graphics/1.png')
75 plt.show()
76
77 plot_graphic(freq, phase_modulated_fft,
78             xlim=(0, 150),
79             x_label='frequency_(Hz)', y_label='amplitude_(V)', show=False)
80
81 plot_graphic(freq, phase_demodulated_fft,
82             xlim=(0, 150),
83             x_label='frequency_(Hz)', y_label='amplitude_(V)', show=False)
84
85 plt.legend(('spectrum_of_phase_modulated_sine_wave', 'spectrum_of_phase_
86 ↪ demodulated_sine_wave'),
87             loc='upper_right')
88 plt.savefig('graphics/2.png')
89 plt.show()
90
91 plot_graphic(t[1:], freq_modulated[1:],
92             xlim=sig_xlim,
93             x_label='time_(s)', y_label='amplitude_(V)', show=False)
94
95 plot_graphic(t[1:], freq_demodulated[1:],
96             xlim=sig_xlim,
97             x_label='time_(s)', y_label='amplitude_(V)', show=False)
98
99 plt.legend(('frequency_modulated_sine_wave', 'frequency_demodulated_sine_
100 ↪ wave'),
101             loc='upper_right')
102 plt.savefig('graphics/3.png')
103 plt.show()
104
105 plot_graphic(t[1:], freq_modulated_fft[1:],
106             xlim=(0, 0.5),
107             x_label='frequency_(Hz)', y_label='amplitude_(V)', show=False)
108
109 plot_graphic(t[1:], freq_demodulated_fft[1:],
110             xlim=(0, 0.5),
111             x_label='frequency_(Hz)', y_label='amplitude_(V)', show=False)
112
113 plt.legend(('spectrum_of_frequency_modulated_sine_wave', 'spectrum_of_
114 ↪ frequency_demodulated_sine_wave'),
115             loc='upper_right')
116 plt.savefig('graphics/4.png')
117 plt.show()

```

4.2. Графики

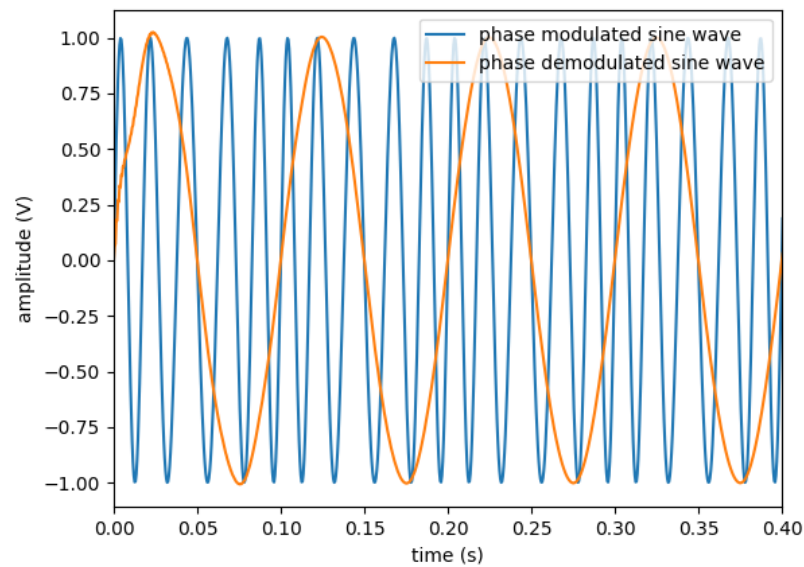


Рисунок 41. фазовая модуляция и демодуляция

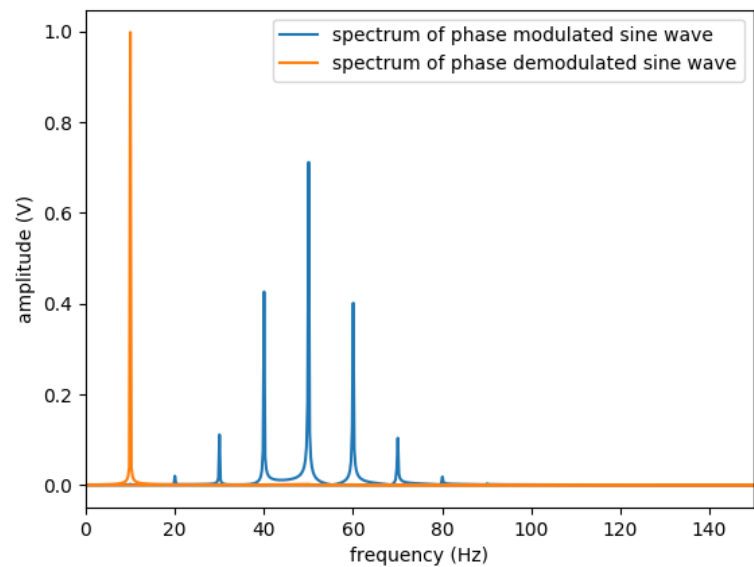


Рисунок 42. спектр промодулированного сигнала

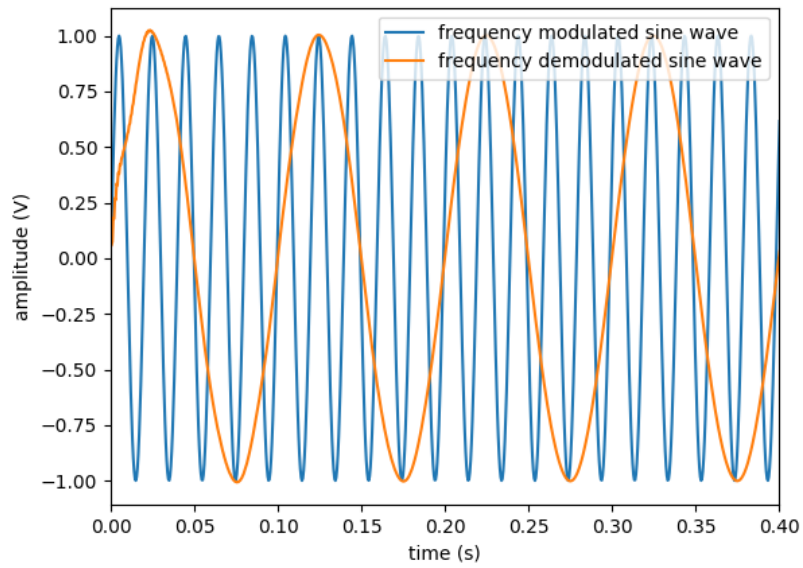


Рисунок 43. частотная модуляция и демодуляция

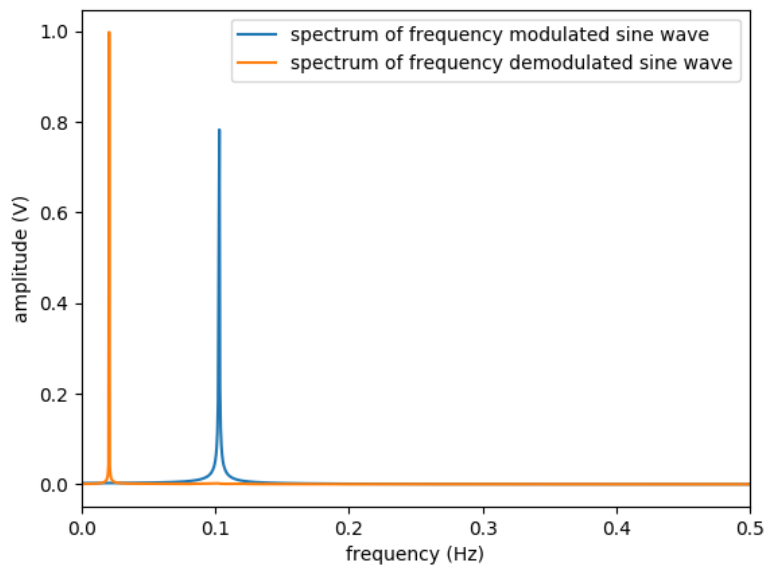


Рисунок 44. спектр промодулированного сигнала

## 5. Выводы

В данной работе были рассмотрены фазовая и частотная модуляция и демодуляция, а также их спектры.