

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

# Телекоммуникационные системы

Отчет по лабораторной работе №4

Аналоговая 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	3
4.1. Листинг . . . . .	3
4.2. Графики . . . . .	5
5. Выводы	8

# 1. Цель работы

Изучение амплитудной модуляции/демодуляции сигнала.

# 2. Программа работы

Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты.

Выполнить амплитудную модуляцию (АМ) сигнала по закону  $u(t) = (1 + MU_m \cos t) \cos(0t + 0)$ .

Получить спектр модулированного сигнала.

Выполнить модуляцию с подавлением несущей  $u(t) = MU_m \cos(t) \cos(0t + 0)$ . Получить спектр.

Выполнить одностороннюю модуляцию:  $U_m [U + 10FC00]N u(t) = U_m \cos(t) \cos(0t + 0) + 2$  положив  $n=1$

Выполнить синхронное детектирование и получить исходный односторонний сигнал.

Рассчитать КПД модуляции.

# 3. Теоретическая информация

Амплитудная модуляция — вид модуляции, при которой изменяемым параметром несущего сигнала является его амплитуда.

Пусть  $S(t)$  — информационный сигнал,  $|S(t)| < 1$ ,  $U_c(t)$  — несущее колебание. Тогда амплитудно-модулированный сигнал  $U_{am}(t)$  может быть записан следующим образом:  $U_{am}(t) = U_c(t) * [1 + m * S(t)]$ .

Здесь  $m$  — некоторая константа, называемая коэффициентом модуляции. Формула описывает несущий сигнал  $U_c(t)$ , модулированный по амплитуде сигналом  $S(t)$  с коэффициентом модуляции  $m$ . Предполагается также, что выполнены условия:  $|S(t)| < 1$ ,  $0 < m \leq 1$ .

Выполнение условий необходимо для того, чтобы выражение в квадратных скобках всегда было положительным. Если оно может принимать отрицательные значения в какой-то момент времени, то происходит так называемая перемодуляция (избыточная модуляция). Простые демодуляторы (типа квадратичного детектора) демодулируют такой сигнал с сильными искажениями.

Демодуляция — процесс, обратный модуляции колебаний, выделение информационного (модулирующего) сигнала из модулированного колебания высокой (несущей) частоты.

Одним из самых распространенных методов демодуляции амплитудно-модулированных сигналов является синхронное детектирование. При синхронном детектировании амплитудно-модулированный сигнал умножается на опорное немодулированное колебание с частотой несущего колебания, затем получившийся сигнал пропускается через фильтр нижних частот. В результате умножения получается сигнал, состоящий из двух слагаемых, первое из которых прямо пропорционально исходному модулирующему сигналу, а второе — амплитудно-модулированному сигналу с удвоенной несущей частотой. Второе слагаемое подавляет фильтр нижних частот, таким образом остается сигнал, прямо пропорциональный исходному информационному сигналу.

## 4. Ход выполнения работы

### 4.1. Листинг

```
1 from __future__ import print_function
2 import numpy as np
3 from scipy.signal import butter, filtfilt, hilbert
4 import warnings
5 import matplotlib.pyplot as plt
6
7 warnings.filterwarnings('ignore')
8
9
10 def plot_graphic(x, y, title=None, x_label="x", y_label="y", gr_form='-', xlim=
    ↪ None, ylim=None, show=False, save=False):
11     plt.xlabel(x_label)
12     plt.ylabel(y_label)
13     if title != None:
14         plt.title(title)
15
16     plt.plot(x, y, gr_form)
17
18     if xlim != None:
19         plt.xlim(xlim[0], xlim[1])
20     if ylim != None:
21         plt.ylim(ylim[0], ylim[1])
22
23     if show:
24         plt.show()
25     if save:
26         plt.savefig(title + '.png')
27         plt.close()
28
29
30 if __name__ == '__main__':
31     sig_freq = 5
32     T = 1.0 / sig_freq
33     sig_ampl = 1
34     fs = 1000
35     ts = 1.0 / fs
36     n = 1 << 13
37
38     t = np.arange(0, n * ts, step=ts)
39     sig = sig_ampl * np.sin(2 * np.pi * sig_freq * t)
40
41     carr_freq = sig_freq * 10
42     carr_ampl = sig_ampl
43     carr_sig = carr_ampl * np.sin(2 * np.pi * carr_freq * t)
44
45     m = sig_ampl / carr_ampl
46     singleton_mod = (1 + m * sig_ampl * sig) * carr_ampl * carr_sig
47     supp_carr_mod = sig_ampl * carr_ampl * sig * carr_sig
48     single_sideband_mod = hilbert(sig) * np.cos(2 * np.pi * carr_freq * t) -
    ↪ hilbert(sig) * carr_sig
49
50     order = 5
51     normal_cutoff = sig_freq / carr_freq
52
53     fnum, fdenom = butter(order, normal_cutoff)
```

```

54 singleton_demodulated = filtfilt(fnum, fdenom, abs(singleton_mod))
55 suppressed_carried_demod = supp_carr_mod * carr_ampl * carr_sig
56 sig_xlim = (0, 0.5)
57
58 fft_freq = np.fft.fftfreq(n, ts)
59
60 singleton_modulated_fft = \
61     abs(np.fft.fft(singleton_mod)) / n * 2
62 singleton_demodulated_fft = abs(np.fft.fft(singleton_demodulated)) / n * 2
63
64 suppressed_carried_mod_fft = abs(np.fft.fft(supp_carr_mod)) / n * 2
65 suppressed_carried_demod_fft = abs(np.fft.fft(suppressed_carried_demod)) / n
66     * 2
67
68 single_sideband_mod_fft = abs(np.fft.fft(single_sideband_mod)) / n * 2
69
70 plot_graphic(t, singleton_mod,
71             xlim=sig_xlim,
72             x_label='time_(s)', y_label='amplitude_(V)', show=False)
73
74 plot_graphic(t, singleton_demodulated,
75             xlim=sig_xlim,
76             x_label='time_(s)', y_label='amplitude_(V)', show=False)
77
78 plt.legend(("Singleton_Modulated_sine_wave", "Singleton_Demodulated_sine_
79     ↪ wave"), loc='upper_right')
80 plt.savefig('graphics/1.png')
81 plt.show()
82 plot_graphic(fft_freq, singleton_modulated_fft,
83             xlim=[0, 100],
84             x_label='frequency_(hz)', y_label='amplitude_(V)', show=False)
85
86 plot_graphic(fft_freq, singleton_demodulated_fft,
87             xlim=[0, 100],
88             x_label='frequency_(hz)', y_label='amplitude_(V)', show=False)
89
90 plt.legend(("Singleton_Modulated_sine_wave", "Singleton_Demodulated_sine_
91     ↪ wave"), loc='upper_right')
92 plt.savefig('graphics/2.png')
93 plt.show()
94 plot_graphic(t, supp_carr_mod,
95             xlim=sig_xlim,
96             x_label='time_(s)', y_label='amplitude_(V)', show=False)
97
98 plot_graphic(t, suppressed_carried_demod,
99             xlim=sig_xlim,
100            x_label='time_(s)', y_label='amplitude_(V)', show=False)
101
102 plt.legend(("Suppressed_carrier_Modulated_sine_wave", "Suppressed_carrier_
103     ↪ Demodulated_sine_wave"),
104            loc='upper_right')
105 plt.savefig('graphics/3.png')
106 plt.show()
107 plot_graphic(fft_freq, suppressed_carried_mod_fft,
108             xlim=[0, 200],
109             x_label='frequency_(hz)', y_label='amplitude_(V)', show=False)
110
111 plot_graphic(fft_freq, suppressed_carried_demod_fft,
112             xlim=[0, 200],
113             x_label='frequency_(hz)', y_label='amplitude_(V)', show=False)

```

```

110
111 plt.legend(("Suppressed_carrier_Modulated_sine_wave", "Suppressed_carrier_
↪ Demodulated_sine_wave"),
112           loc='upper_right')
113 plt.savefig('graphics/4.png')
114 plt.show()
115 plot_graphic(t, single_sideband_mod,
116             xlim=sig_xlim,
117             x_label='time_(s)', y_label='amplitude_(V)', show=False)
118
119 plt.legend(("Single_sideband_Modulated_sine_wave",), loc='upper_right')
120 plt.savefig('graphics/5.png')
121 plt.show()
122 plot_graphic(fft_freq, single_sideband_mod_fft,
123             xlim=[0, 100],
124             title='Single_sideband_carrier_Modulated_sine_wave',
125             x_label='frequency_(hz)', y_label='amplitude_(V)', show=False)
126
127 plt.legend(("Single_sideband_carrier_Modulated_sine_wave",), loc='upper_
↪ right')
128 plt.savefig('graphics/6.png')
129 plt.show()

```

## 4.2. Графики

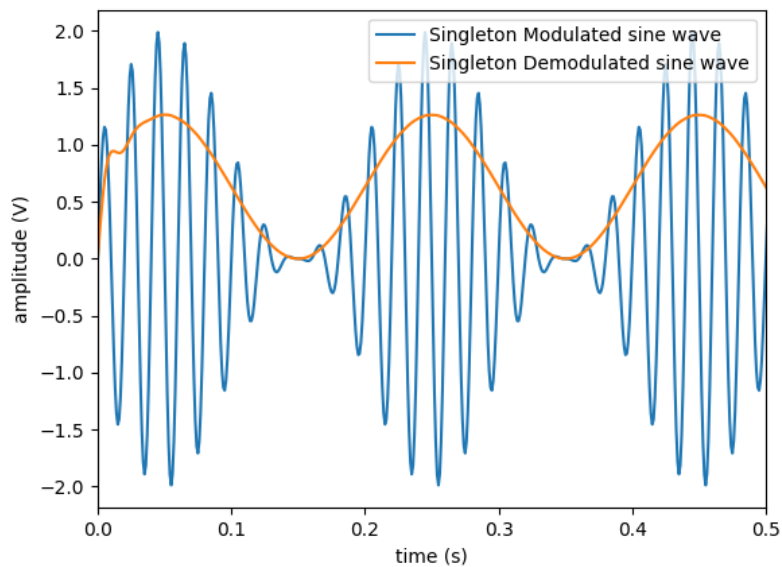


Рисунок 41. амплитудная модуляция и демодуляция

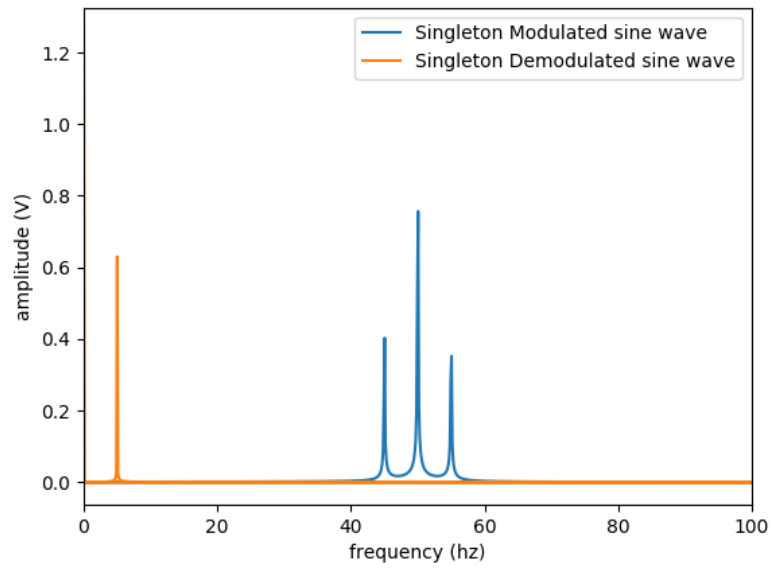


Рисунок 42. спектр промодулированного сигнала

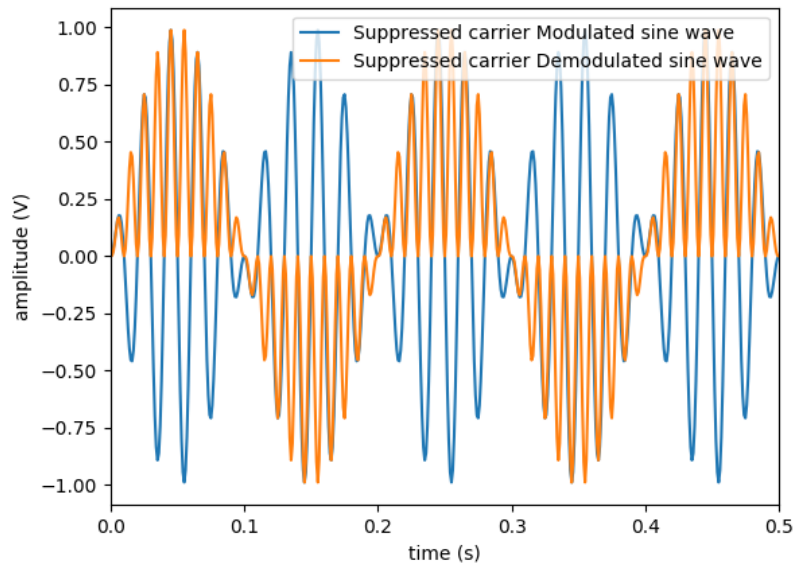


Рисунок 43. модуляция и демодуляция с подавлением несущей

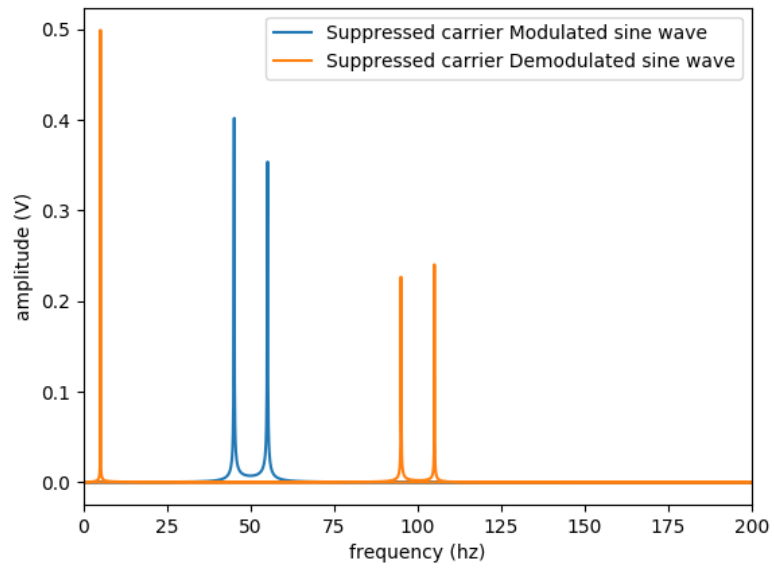


Рисунок 44. спектр промодулированного сигнала

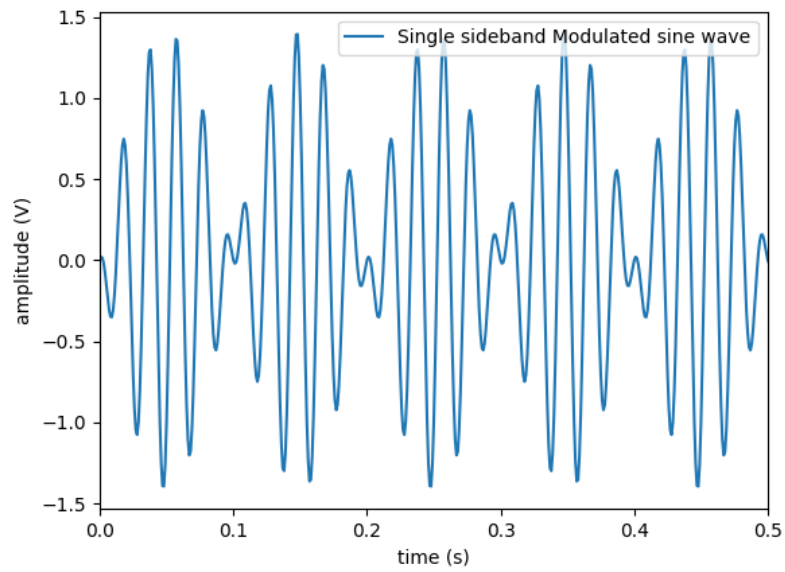


Рисунок 45. однополосная модуляция



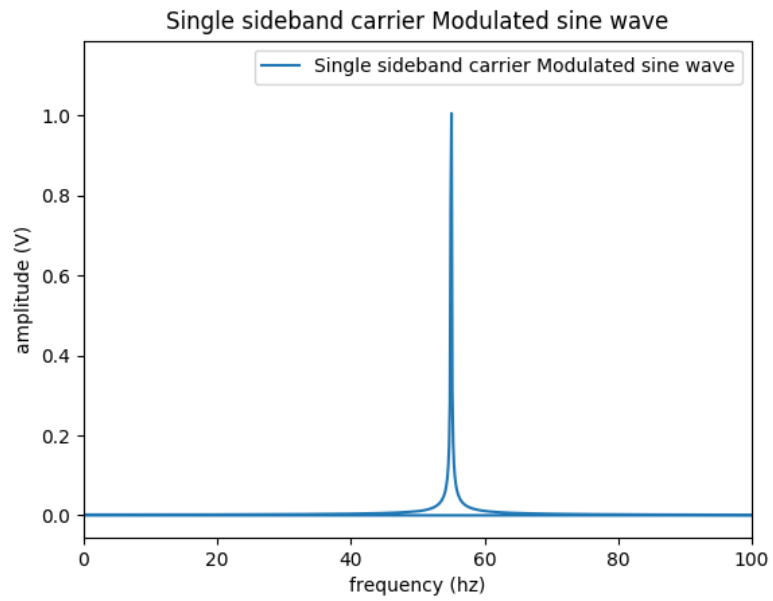


Рисунок 46. спектр промодулированного сигнала

## 5. Выводы

В данной работе были рассмотрены амплитудная модуляция и демодуляция, модуляция с подавлением нусецей и однополосная модуляция, а так же их спектры.