

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

Телекоммуникационные технологии

Отчет по лабораторной работе №4
Аналоговая модуляция

Работу
выполнил:
Косенков М.А.
Группа: 33531/2
Преподаватель:
Богач Н.В.

Санкт-Петербург
2019

Содержание

1. Цель работы	3
2. Программа работы	3
3. Теоретическая информация	3
4. Ход работы	4
5. Выводы	10

1. Цель работы

изучение амплитудной модуляции/демодуляции сигнала.

2. Программа работы

- Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты.
- Выполнить амплитудную модуляцию (АМ) сигнала для различных значений глубины модуляции M .
- Получить спектр модулированного сигнала.
- Выполнить модуляцию с подавлением несущей
- Выполнить однополосную модуляцию.
- Получить спектр

3. Теоретическая информация

Амплитудная модуляция — вид модуляции, при котором изменяемым параметром несущего сигнала является его амплитуда. Амплитудно-модулированный сигнал $u(t)$ имеет вид:

$$u(t) = (1 + MU_m \cos \Omega t) \cos(\omega_0 t + \phi_0), \text{ где } M - \text{глубина модуляции}$$

Также в радиотехнике часто используют амплитудную модуляцию с подавлением несущей:

$$u(t) = MU_m \cos(\Omega t) \cos(\omega_0 t + \phi_0)$$

Это позволяет повысить КПД амплитудной модуляции, т.к. подавляется основная несущая частота, но остаются боковые информативные частоты.

АМ с подавленной несущей частотой имеет преимущества по сравнению обычной АМ только в энергетическом смысле. Спектры боковых полос АМ сигнала являются зеркальным отражением друг друга, т. е. они несут одинаковую информацию. Поэтому одну из боковых полос можно удалить. Получившаяся модуляция называется однополосной (английский термин – single side band, SSB).

$$u(t) = MU_m \cos(\Omega t) \cos(\omega_0 t + \phi_0) + U_m/2 \sum_{n=1}^N M_n (\cos(\omega_0 + \Omega_n)t + \phi_0 + \Phi_n)$$

В зависимости от того, какая полоса передается, различают однополосный сигнал с верхней или нижней боковой полосой.

4. Ход работы

Данная работа выполнялась на языке Python.

Был сгенерирован гармонический синусоидальный сигнал с частотой 20 Гц и амплитудой, равной 1. Для осуществления обычной амплитудной модуляции и для модуляции с подавлением несущей не было использовано никаких сторонних библиотек, однако для однополосной модуляции была использована функция библиотеки SciPy `signal.hilbert()` - преобразование Гильберта.

Листинг 1. `lab4.py`

```
1  import matplotlib.pyplot as plt
2  import numpy as np
3  from scipy import signal
4
5
6  def get_plot(x, y, x_label, y_label, title, show, save, close, pic_name):
7      plt.xlabel(x_label)
8      plt.ylabel(y_label)
9      plt.title(title)
10     plt.plot(x, y)
11     plt.grid(True)
12     if save:
13         plt.savefig(pic_name + '.png')
14     if close:
15         plt.close()
16
17
18  def get_fft_signal(num, sampling, sig):
19     # преобразование Фурье
20     fft_sig = np.fft.fft(sig) / num * 2
21     # частота
22     freq_fft = np.fft.fftfreq(num, 1 / sampling)
23     lim = 1500
24     return fft_sig, freq_fft, lim
25
26
27  def signal_synthesis():
28     fs = 1500
29     number = 4096
30     t = np.arange(0, number / fs, 1 / fs)
31     message_freq = 20
32     amplitude = 1
33     # исходный сигнал
34     message_signal = amplitude * np.sin(2 * np.pi * message_freq * t)
35     carrier_freq = 500
36     carrier_signal = np.sin(2 * np.pi * carrier_freq * t)
37
38     # =====АМПЛИТУДНАЯ=====
39     modulated = (1 + 0.5 * amplitude * message_signal) * carrier_signal
40     lim = 200
```

```

41 get_plot(t[:lim], modulated[:lim],
42          x_label='Time', y_label='Amplitude', title='AM, M < 1',
43          show=True, save=True, close=True, pic_name='am1_sig')
44
45 modulated = (1 + 1.5 * amplitude * message_signal) * carrier_signal
46 get_plot(t[:lim], modulated[:lim],
47          x_label='Time', y_label='Amplitude', title='AM, M > 1',
48          show=True, save=True, close=True, pic_name='am2_sig')
49
50 modulated = (1 + amplitude * message_signal) * carrier_signal
51 get_plot(t[:lim], modulated[:lim],
52          x_label='Time', y_label='Amplitude', title='AM, M = 1',
53          show=True, save=True, close=True, pic_name='am3_sig')
54 sig_fft, fft_freq, lim = get_fft_signal(number, fs, modulated)
55 # график спектра сигнала с модуляцией
56 get_plot(x=fft_freq[:lim], y=sig_fft[:lim], x_label='Frequency',
57          y_label='Amplitude', title='AM spectrum',
58          show=True, save=True, close=True, pic_name='am_spectrum')
59
60 # =====С ПОДАВЛЕНИЕМ НЕСУЩЕЙ=====
61 suppressed_modulated = message_signal * carrier_signal
62 lim = 190
63 get_plot(t[:lim], suppressed_modulated[:lim],
64          x_label='Time', y_label='Amplitude', title='Supressed modulation',
65          show=True, save=True, close=True, pic_name='sup_sig')
66 sig_fft, fft_freq, lim = get_fft_signal(number, fs, suppressed_modulated)
67 # график спектра сигнала с модуляцией
68 get_plot(x=fft_freq[:lim], y=sig_fft[:lim], x_label='Frequency',
69          y_label='Amplitude', title='Supressed spectrum',
70          show=True, save=True, close=True, pic_name='sup_spectrum')
71
72 # =====ОДНОПОЛОСНАЯ=====
73 single_mod = signal.hilbert(message_signal) * np.cos(2 * np.pi * carrier_freq * t) - \
74             signal.hilbert(message_signal) * carrier_signal
75 lim = 190
76 get_plot(t[:lim], single_mod[:lim],
77          x_label='Time', y_label='Amplitude', title='Singleband modulation',
78          show=False, save=False, close=False, pic_name='single_sig')
79 get_plot(t[:lim], message_signal[:lim],
80          x_label='Time', y_label='Amplitude', title='Singleband modulation',
81          show=True, save=True, close=True, pic_name='single_sig')
82 sig_fft, fft_freq, lim = get_fft_signal(number, fs, single_mod)
83 # график спектра сигнала с модуляцией
84 get_plot(x=fft_freq[:lim], y=sig_fft[:lim], x_label='Frequency',
85          y_label='Amplitude', title='Single band spectrum',
86          show=True, save=True, close=True, pic_name='single_spectrum')
87
88
89 if __name__ == '__main__':
90     signal_synthesis()

```

Результат работы

Амплитудная модуляция

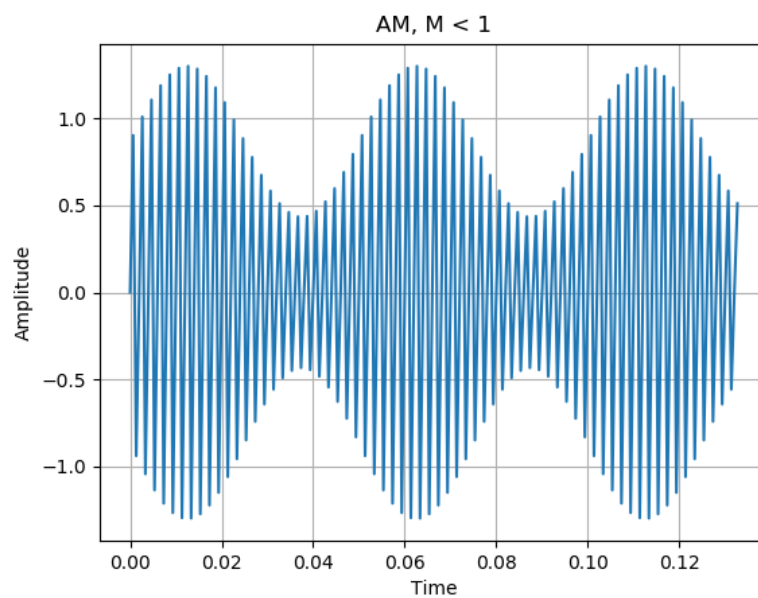


Рисунок 4.1. Модулируемый сигнал, $M < 1$

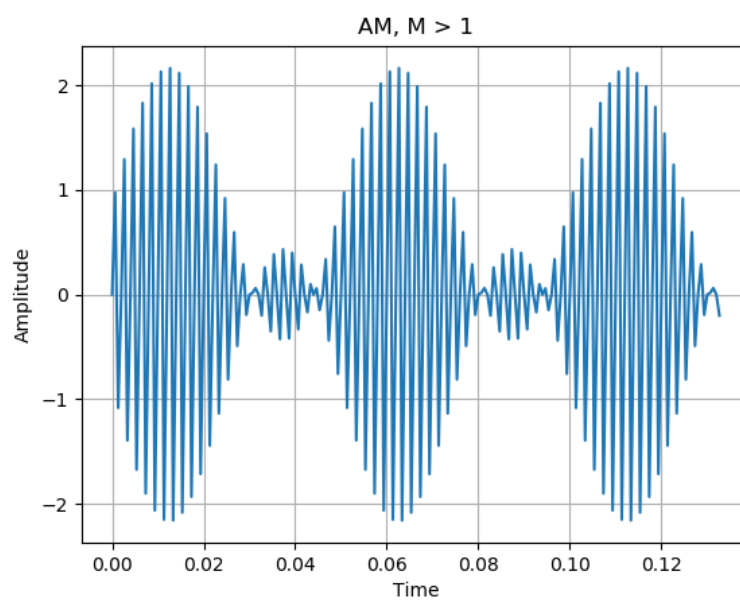


Рисунок 4.2. Модулируемый сигнал, $M > 1$

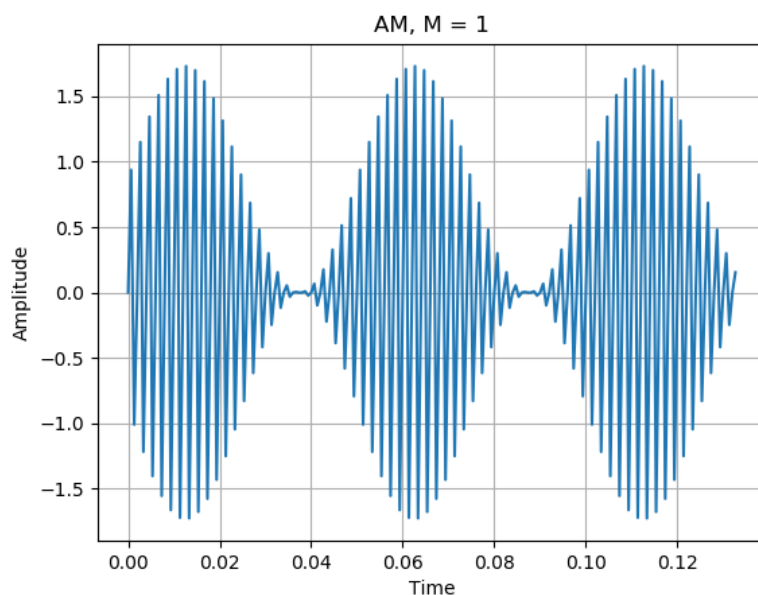


Рисунок 4.3. Модулируемый сигнал, $M = 1$

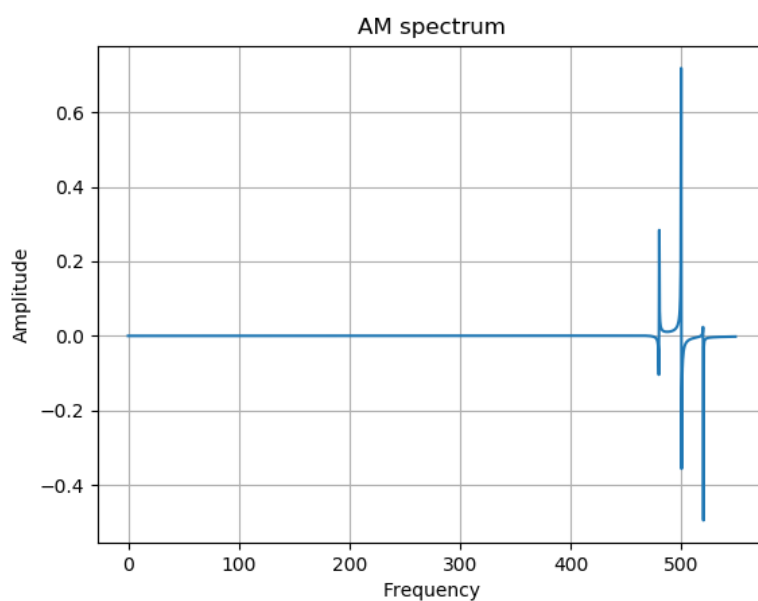


Рисунок 4.4. Спектр модулируемого сигнала

Для предотвращения загромождения отчета, на рисунке представлен спектр только модуляции с глубиной 1. Спектр модулируемого сигнала показывает, что присутствуют две боковые частоты и несущая. Боковые частоты находятся на равном расстоянии от несущей. Из всего этого можно сделать вывод, что амплитудная модуляция прошла корректно.

Модуляция с подавлением несущей

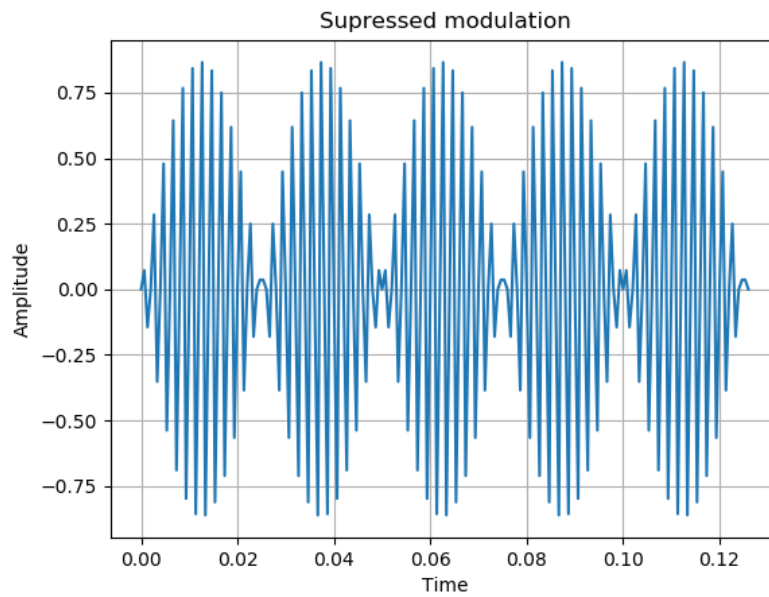


Рисунок 4.5. Модулируемый сигнал

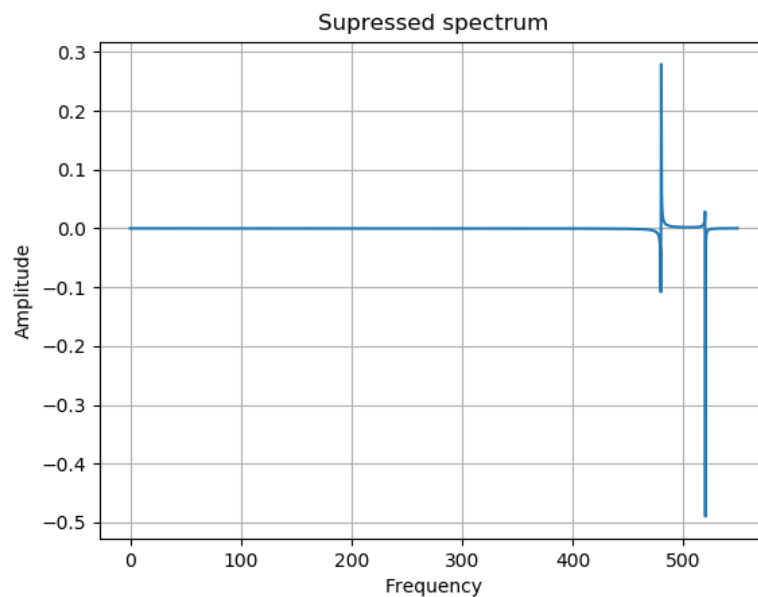


Рисунок 4.6. Спектр модулируемого сигнала

На графике спектра четко видно отсутствие несущей частоты и присутствие двух боковых. Это дает понять, что модуляция прошла успешно. Мы добились того, что не приходится передавать лишнюю информацию в канале.

Однотональная модуляция

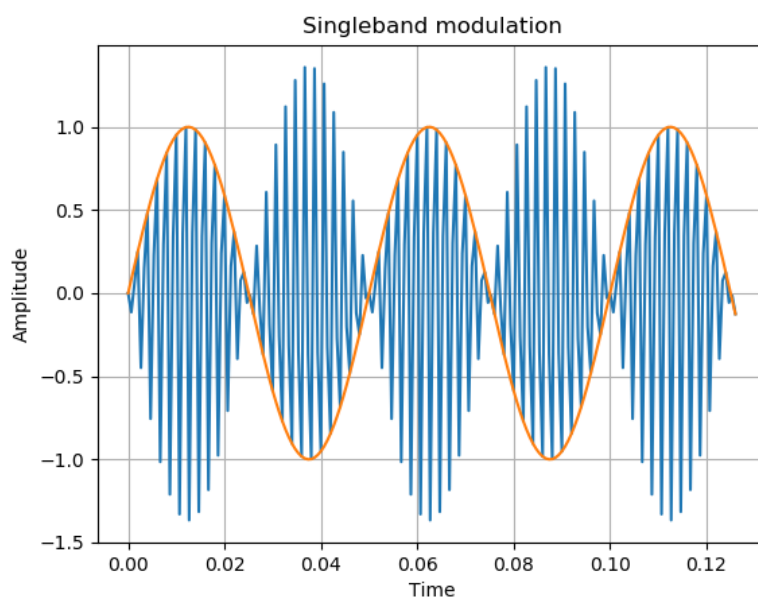


Рисунок 4.7. Модулируемый сигнал

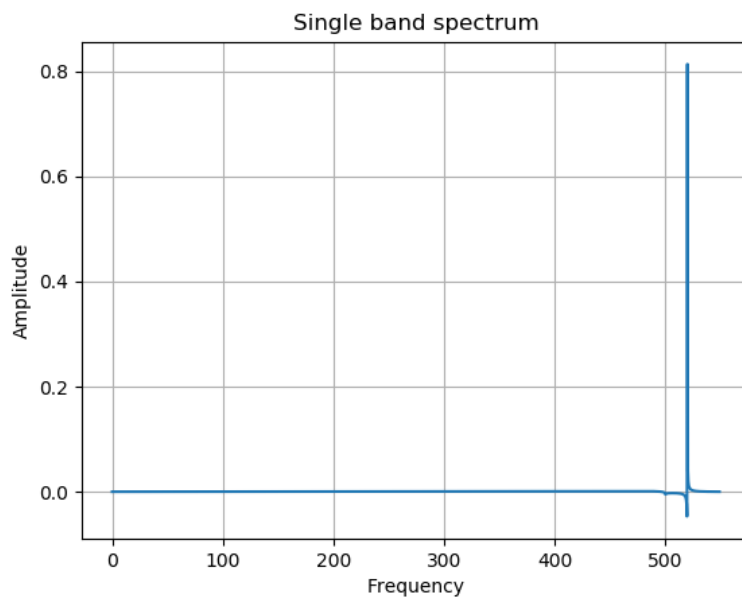


Рисунок 4.8. Спектр модулируемого сигнала

Теперь мы добились еще больших успехов - нам удалось отсечь одну из боковых частот. По сути, боковые частоты отражают друг друга зеркально, значит, несут одинаковую информацию. Поэтому, удалив одну из них, мы можем более эффективно использовать ресурсы канала.

5. Выводы

В ходе выполнения работы были исследованы различные виды модуляции, проанализировано различие между ними и преимущества одних над другими. Работа позволила понять, почему простая амплитудная модуляция используется в радиотехнике гораздо реже, чем модуляция с подавлением несущей или однотоновая модуляция.

Несмотря на то, что однотоновая модуляция в некотором смысле выигрывает у модуляции с подавлением несущей и у простой амплитудной модуляции, она требует более сложной логики при самом процессе модуляции и демодуляции. Это усложнение может привести к более высокой стоимости аппаратного оборудования, а также к проблемам при его разработке и проектировании.