



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Калужский филиал
федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ ИУК «Информатика и управление»

КАФЕДРА ИУК4 «Программное обеспечение ЭВМ, информационные технологии»

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

ДИСЦИПЛИНА: «Цифровая обработка сигналов»

Выполнил: студент гр. ИУК4-72Б _____ (____Моряков В.Ю.____)
(Подпись) (Ф.И.О.)

Проверил: _____ (____Чурилин О.И____)
(Подпись) (Ф.И.О.)

Дата сдачи (защиты):

Результаты сдачи (защиты):

- Балльная оценка:

- Оценка:

Калуга, 2025

Целью выполнения лабораторной работы является формирование практических навыков выполнения фильтрации синусоидальных сигналов с различными значениями параметров.

Основными **задачами** выполнения лабораторной работы являются:

1. задать параметры синусоидальных сигнала;
2. выполнить фильтрацию трех синусоидальных сигналов с разными частотами, используя четыре вида фильтров (Баттерворта, Чебышева 1 рода, Чебышева 2 рода, эллиптического).

Вариант 17

| № | Значения частот | | | Вид фильтра и составляющие сигнала, подлежащие фильтрации для двух видов сигналов (верхняя строка для сигнала $S_1 + S_2$, нижняя строка для $S_1 + S_2 + S_3$) | | | |
|----|-----------------|-------|-------|---|-----------------|-----------------|---------------|
| | S_1 | S_2 | S_3 | Баттерворта | Чебышева 1 рода | Чебышева 2 рода | Эллиптический |
| 17 | 50 | 70 | 90 | ФНЧ, S_1 | ПФ, S_1 | ФВЧ, S_2 | РФ, S_1 |

Листинг программы:

```
# %%
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.signal import butter, cheby1, cheby2, ellip, filtfilt, freqz

Fs = 1000 # Hz
t = np.arange(0, 1, 1/Fs) # 1s

S1 = np.sin(2*np.pi*50*t)
S2 = np.sin(2*np.pi*70*t)
S3 = np.sin(2*np.pi*90*t)

n = 4
PR = 0.1
SR = 40

Fc_bw = 60 # частота среза, Гц
Wn_bw = Fc_bw/(Fs/2)
b_bw, a_bw = butter(n, Wn_bw, btype='low')
S1_bw = filtfilt(b_bw, a_bw, S1)

S1S3 = S1 + S3
Fc_c1 = 70 # частота среза, Гц
Wn_c1 = Fc_c1/(Fs/2)
b_c1, a_c1 = cheby1(n, PR, Wn_c1, btype='low')
S1S3_c1 = filtfilt(b_c1, a_c1, S1S3)
```

```

Fc_c2 = 80 # частота среза, Гц
Wn_c2 = Fc_c2/(Fs/2)
b_c2, a_c2 = cheby2(n, SR, Wn_c2, btype='low')
S2_c2 = filtfilt(b_c2, a_c2, S2)

Fc_ellip = 60
Wn_ellip = Fc_ellip/(Fs/2)
b_ellip, a_ellip = ellip(n, PR, SR, Wn_ellip, btype='low')
S1_ellip = filtfilt(b_ellip, a_ellip, S1)

plt.figure(figsize=(14, 12))

plt.subplot(4,2,1)
plt.plot(t, S1, label='S1')
plt.plot(t, S1_bw, label='S1 Баттерворт')
plt.title('Баттерворта: S1')
plt.xlabel('Time [s]')
plt.ylabel('Amplitude')
plt.legend()

plt.subplot(4,2,2)
plt.plot(t, S1S3, label='S1+S3')
plt.plot(t, S1S3_c1, label='S1+S3 Чебышев 1 рода')
plt.title('Чебышев 1 рода: S1+S3')
plt.xlabel('Time [s]')
plt.ylabel('Amplitude')
plt.legend()

plt.subplot(4,2,3)
plt.plot(t, S2, label='S2')
plt.plot(t, S2_c2, label='S2 Чебышев 2 рода')
plt.title('Чебышев 2 рода: S2')
plt.xlabel('Time [s]')
plt.ylabel('Amplitude')
plt.legend()

plt.subplot(4,2,4)
plt.plot(t, S1, label='S1')
plt.plot(t, S1_ellip, label='S1 Эллиптический')
plt.title('Эллиптический: S1')
plt.xlabel('Time [s]')
plt.ylabel('Amplitude')
plt.legend()

w_bw, h_bw = freqz(b_bw, a_bw, worN=8000)
w_c1, h_c1 = freqz(b_c1, a_c1, worN=8000)
w_c2, h_c2 = freqz(b_c2, a_c2, worN=8000)
w_ellip, h_ellip = freqz(b_ellip, a_ellip, worN=8000)

plt.subplot(4,2,5)
plt.plot(w_bw*Fs/(2*np.pi), 20*np.log10(abs(h_bw)))
plt.title('АЧХ Баттерворта')
plt.xlabel('Frequency [Hz]')
plt.ylabel('Magnitude [dB]')

plt.subplot(4,2,6)
plt.plot(w_c1*Fs/(2*np.pi), 20*np.log10(abs(h_c1)))
plt.title('АЧХ Чебышев 1 рода')
plt.xlabel('Frequency [Hz]')
plt.ylabel('Magnitude [dB]')

plt.subplot(4,2,7)

```

```

plt.plot(w_c2*Fs/(2*np.pi), 20*np.log10(abs(h_c2)))
plt.title('АЧХ Чебышев 2 рода')
plt.xlabel('Frequency [Hz]')
plt.ylabel('Magnitude [dB]')

plt.subplot(4,2,8)
plt.plot(w_ellip*Fs/(2*np.pi), 20*np.log10(abs(h_ellip)))
plt.title('АЧХ Эллиптического')
plt.xlabel('Frequency [Hz]')
plt.ylabel('Magnitude [dB]')

plt.tight_layout()
plt.show()

# %%
# -----
# 5. Фильтрация суммарных сигналов S1+S2 и S1+S2+S3
# -----
S12 = S1 + S2
S123 = S1 + S2 + S3

# Баттерворта (фильтруем S1)
S12_bw_sum = filtfilt(b_bw, a_bw, S12)
S123_bw_sum = filtfilt(b_bw, a_bw, S123)

# Чебышева 1 рода (фильтруем S1+S3) на S123
S123_c1_sum = filtfilt(b_c1, a_c1, S123)

# Чебышева 2 рода (фильтруем S2)
S12_c2_sum = filtfilt(b_c2, a_c2, S12)
S123_c2_sum = filtfilt(b_c2, a_c2, S123)

# Эллиптический (фильтруем S1)
S12_ellip_sum = filtfilt(b_ellip, a_ellip, S12)
S123_ellip_sum = filtfilt(b_ellip, a_ellip, S123)

# -----
# 6. Построение графиков суммарных сигналов
# -----
plt.figure(figsize=(14, 10))

plt.subplot(2,2,1)
plt.plot(t, S12, label='S1+S2')
plt.plot(t, S12_bw_sum, label='Баттерворта')
plt.title('Суммарный сигнал S1+S2 - Баттерворта')
plt.xlabel('Time [s]')
plt.ylabel('Amplitude')
plt.legend()

plt.subplot(2,2,2)
plt.plot(t, S12, label='S1+S2')
plt.plot(t, S12_c2_sum, label='Чебышев 2 рода')
plt.title('Суммарный сигнал S1+S2 - Чебышев 2 рода')
plt.xlabel('Time [s]')
plt.ylabel('Amplitude')
plt.legend()

plt.subplot(2,2,3)
plt.plot(t, S123, label='S1+S2+S3')
plt.plot(t, S123_c1_sum, label='Чебышев 1 рода')
plt.title('Суммарный сигнал S1+S2+S3 - Чебышев 1 рода')
plt.xlabel('Time [s]')
plt.ylabel('Amplitude')

```

```

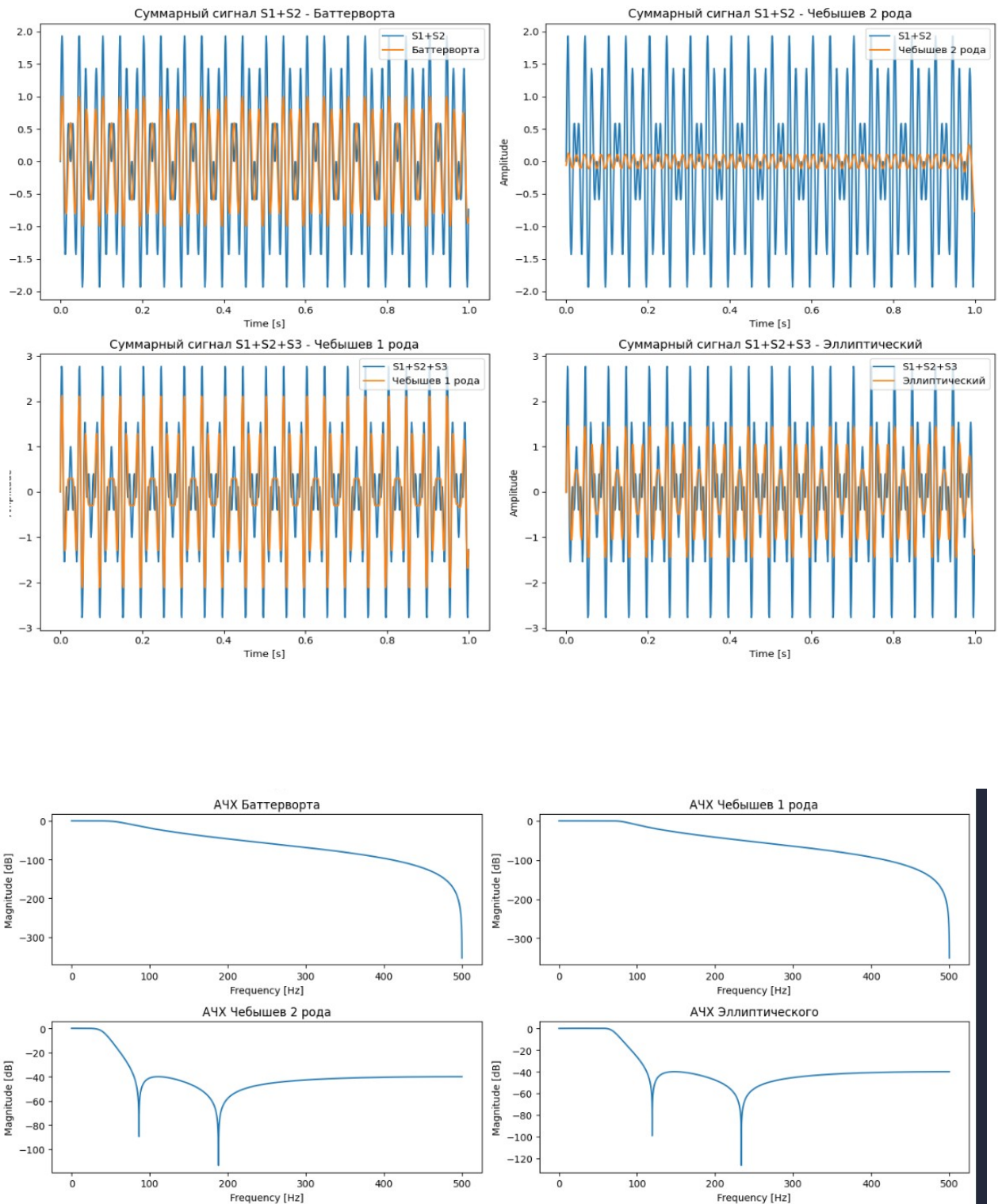
plt.legend()

plt.subplot(2,2,4)
plt.plot(t, S123, label='S1+S2+S3')
plt.plot(t, S123_ellip_sum, label='Эллиптический')
plt.title('Суммарный сигнал S1+S2+S3 - Эллиптический')
plt.xlabel('Time [s]')
plt.ylabel('Amplitude')
plt.legend()

plt.tight_layout()
plt.show()

```

Результаты выполнения программы:



Вывод: в ходе лабораторной работы я получил навыки построения аналоговых фильтров разными способами.