



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Калужский филиал
федерального государственного бюджетного
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 №3

«Построение аналоговых фильтров»

ДИСЦИПЛИНА: «Цифровая обработка сигналов»

Выполнил: студент гр. ИУК4-72Б _____ (Сафронов Н.С.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Проверил: _____ (Тронов К.А.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Дата сдачи (защиты):

Результаты сдачи (защиты):

- Балльная оценка:

- Оценка:

Калуга, 2023

Цель работы: формирование практических навыков построения аналоговых фильтров.

Постановка задачи

Построить АЧХ аналоговых фильтров с заданными параметрами: фильтр Баттерворта; фильтр Чебышева 1 рода; фильтр Чебышева 2 рода; эллиптический фильтр; фильтр Бесселя. Выполнить преобразование фильтров – прототипов.

Вариант 14

$$n = 2, R_p = 3, R_s = 45$$

Осуществить преобразование в фильтры: ФВЧ, режекторный.

Листинг программы

```
% n = 2, R_p = 3, R_s = 45, Фильтр высоких частот, режекторный
n = 2;
Rp = 3;
Rs = 45;
w = 0:0.1:5;

%% Фильтр Баттерворта - АЧХ
[z, p, k] = buttap(n);
[b, a] = zp2tf(z, p, k);
h = freqs(b, a, w);
plot(w, abs(h));

%% Фильтр Чебышёва первого рода - АЧХ
[z, p, k] = cheblap(n, Rp);
[b, a] = zp2tf(z, p, k);
h = freqs(b, a, w);
plot(w, abs(h));

%% Фильтр Чебышёва второго рода - АЧХ
[z, p, k] = cheb2ap(n, Rs);
[b, a] = zp2tf(z, p, k);
h = freqs(b, a, w);
plot(w, abs(h));

%% Эллиптический фильтр - АЧХ
[z, p, k] = ellipap(n, Rp, Rs);
[b, a] = zp2tf(z, p, k);
h = freqs(b, a, w);
plot(w, abs(h));

%% Фильтр Бесселя - АЧХ
[z, p, k] = besslap(n);
[b, a] = zp2tf(z, p, k);
h = freqs(b, a, w);
plot(w, abs(h));

%% Фильтр Баттерворта
[z, p, k] = buttap(n);
[b, a] = zp2tf(z, p, k);
h = freqs(b, a, w);
```

```

subplot(1, 3, 1);
plot(w, abs(h));
legend("АЧХ");

w0 = 3;
[b1, a1] = lp2hp(b, a, w0);
h = freqs(b1, a1, w);
subplot(1, 3, 2);
plot(w, abs(h));
legend("ФВЧ");
w1 = 2;
w2 = 4;
w0 = sqrt(w1 * w2);
Q = w0/(w2 - w1);
[b1, a1] = lp2bs(b, a, w0, Q);
h = freqs(b1, a1, w);
subplot(1, 3, 3);
plot(w, abs(h));
legend("Режекторный");

sgtitle("Фильтр Баттерворта");

%% Фильтр Чебышёва первого рода
[z, p, k] = cheblap(n, Rp);
[b, a] = zp2tf(z, p, k);
h = freqs(b, a, w);
subplot(1, 3, 1);
plot(w, abs(h));

w0 = 3;
[b1, a1] = lp2hp(b, a, w0);
h = freqs(b1, a1, w);
subplot(1, 3, 2);
plot(w, abs(h));
legend("ФВЧ");

w1 = 2;
w2 = 4;
w0 = sqrt(w1 * w2);
Q = w0/(w2 - w1);
[b1, a1] = lp2bs(b, a, w0, Q);
h = freqs(b1, a1, w);
subplot(1, 3, 3);
plot(w, abs(h));
legend("Режекторный");

sgtitle("Фильтр Чебышёва первого рода");

%% Фильтр Чебышёва второго рода
[z, p, k] = cheb2ap(n, Rs);
[b, a] = zp2tf(z, p, k);
h = freqs(b, a, w);
subplot(1, 3, 1);
plot(w, abs(h));

w0 = 3;
[b1, a1] = lp2hp(b, a, w0);
h = freqs(b1, a1, w);
subplot(1, 3, 2);
plot(w, abs(h));
legend("ФВЧ");

```

```

w1 = 2;
w2 = 4;
w0 = sqrt(w1 * w2);
Q = w0/(w2 - w1);
[b1, a1] = lp2bs(b, a, w0, Q);
h = freqs(b1, a1, w);
subplot(1, 3, 3);
plot(w, abs(h));
legend("Режекторный");

sgtitle("Фильтр Чебышёва второго рода");

%% Эллиптический фильтр
[z, p, k] = ellipap(n, Rp, Rs);
[b, a] = zp2tf(z, p, k);
h = freqs(b, a, w);
subplot(1, 3, 1);
plot(w, abs(h));

w0 = 3;
[b1, a1] = lp2hp(b, a, w0);
h = freqs(b1, a1, w);
subplot(1, 3, 2);
plot(w, abs(h));
legend("ФВЧ");

w1 = 2;
w2 = 4;
w0 = sqrt(w1 * w2);
Q = w0/(w2 - w1);
[b1, a1] = lp2bs(b, a, w0, Q);
h = freqs(b1, a1, w);
subplot(1, 3, 3);
plot(w, abs(h));
legend("Режекторный");
sgtitle("Эллиптический фильтр");

%% Фильтр Бесселя
[z, p, k] = besslap(n);
[b, a] = zp2tf(z, p, k);
h = freqs(b, a, w);
subplot(1, 3, 1);
plot(w, abs(h));

w0 = 3;
[b1, a1] = lp2hp(b, a, w0);
h = freqs(b1, a1, w);
subplot(1, 3, 2);
plot(w, abs(h));
legend("ФВЧ");

w1 = 2;
w2 = 4;
w0 = sqrt(w1 * w2);
Q = w0/(w2 - w1);
[b1, a1] = lp2bs(b, a, w0, Q);
h = freqs(b1, a1, w);
subplot(1, 3, 3);
plot(w, abs(h));
legend("Режекторный");

sgtitle("Фильтр Бесселя");

```

Результаты выполнения программы

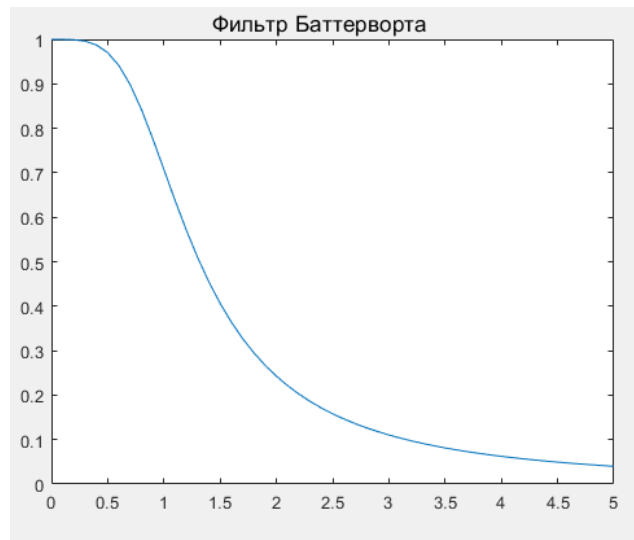


Рисунок 1 – АЧХ аналогового фильтра Баттерворта

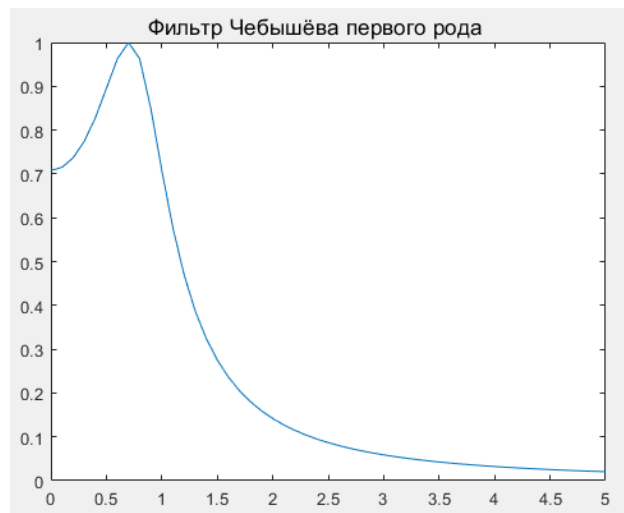


Рисунок 2 – АЧХ аналогового фильтра Чебышёва первого рода

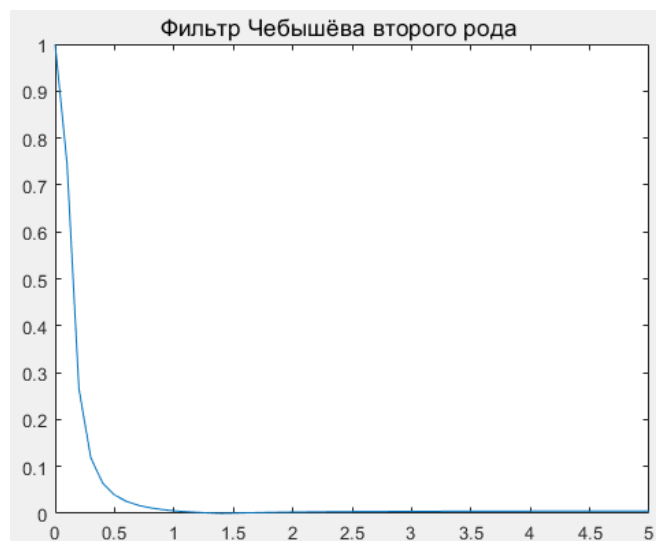


Рисунок 3 – АЧХ аналогового фильтра Чебышёва первого рода

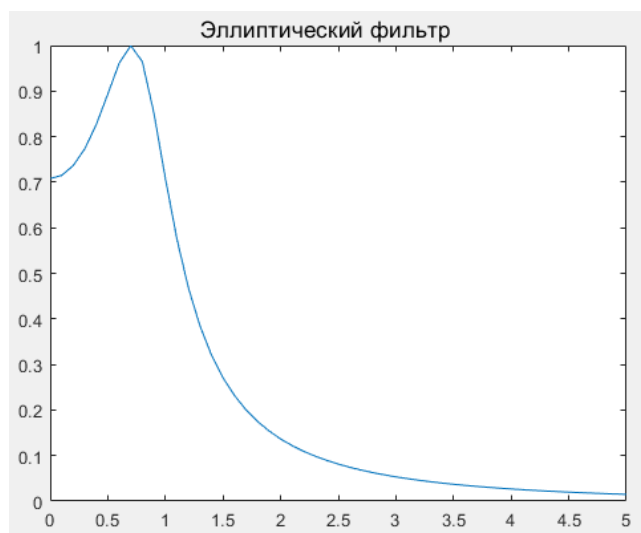


Рисунок 4 – АЧХ аналогового эллиптического фильтра

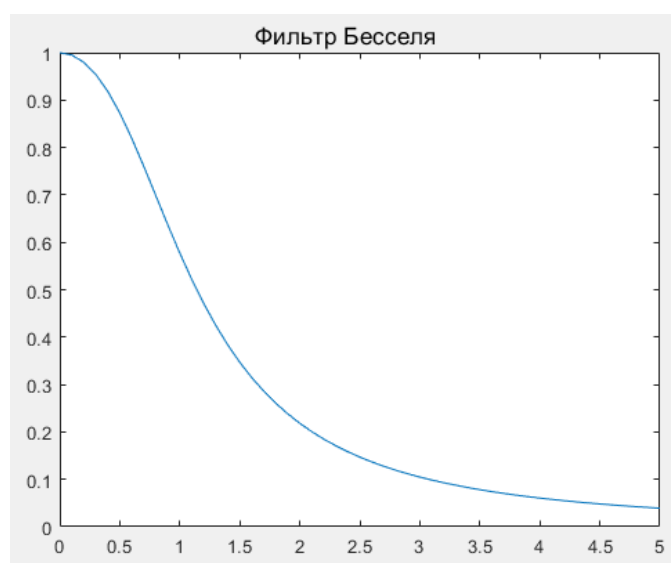


Рисунок 5 – АЧХ аналогового фильтра Бесселя

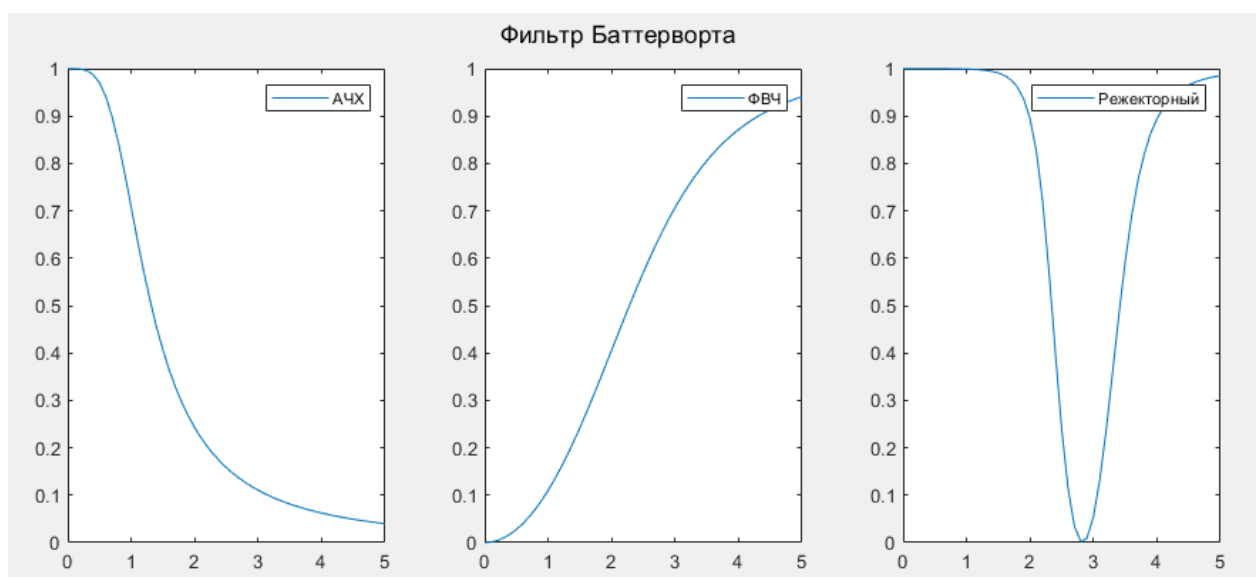


Рисунок 6 – Преобразованный фильтр Баттерворта

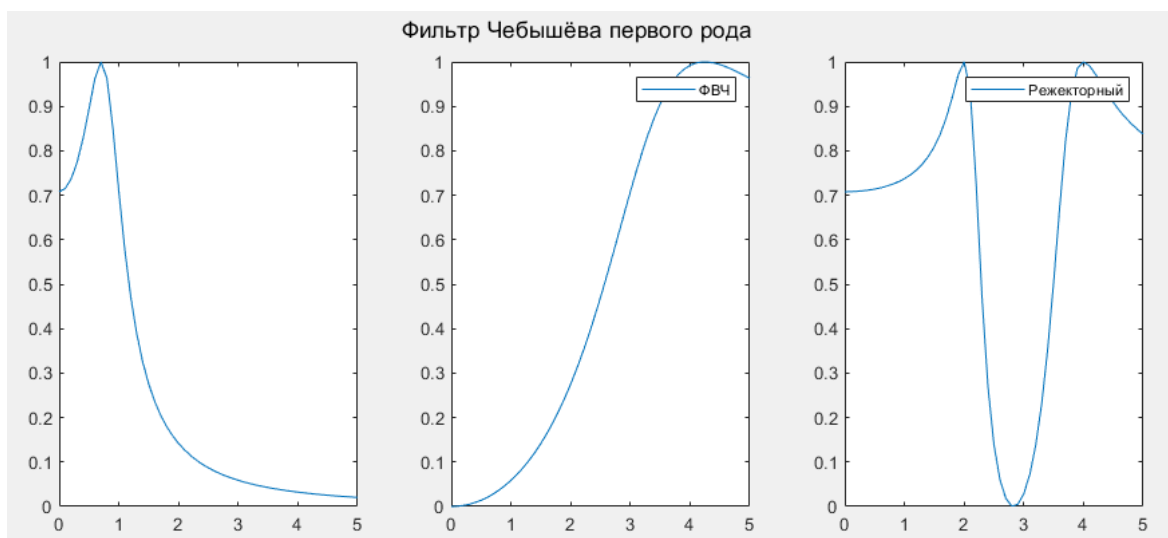


Рисунок 7 – Преобразованный фильтр Чебышёва первого рода

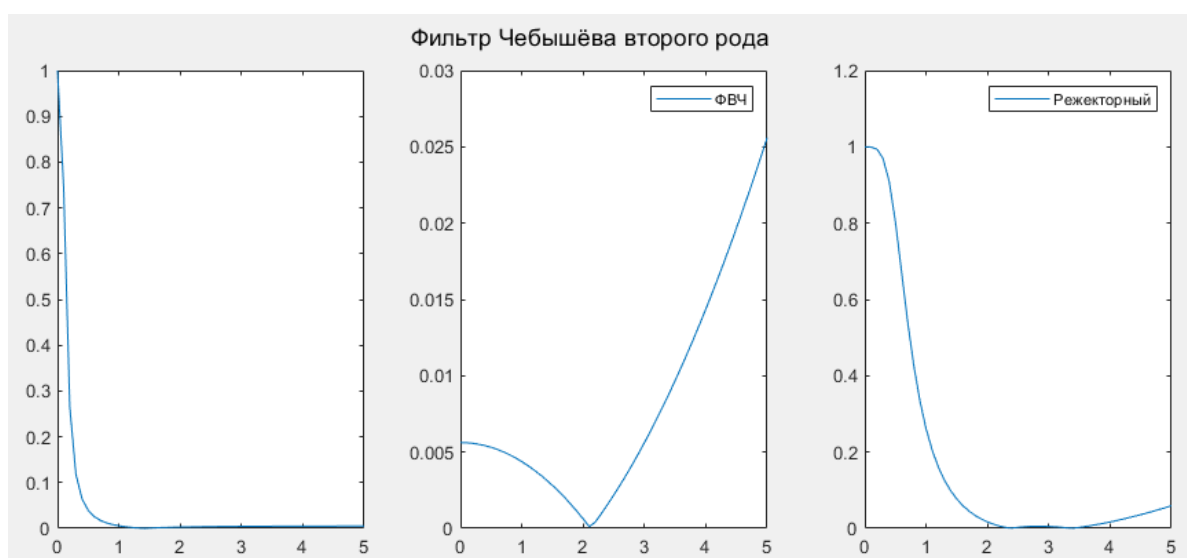


Рисунок 8 – Преобразованный фильтр Чебышёва второго рода

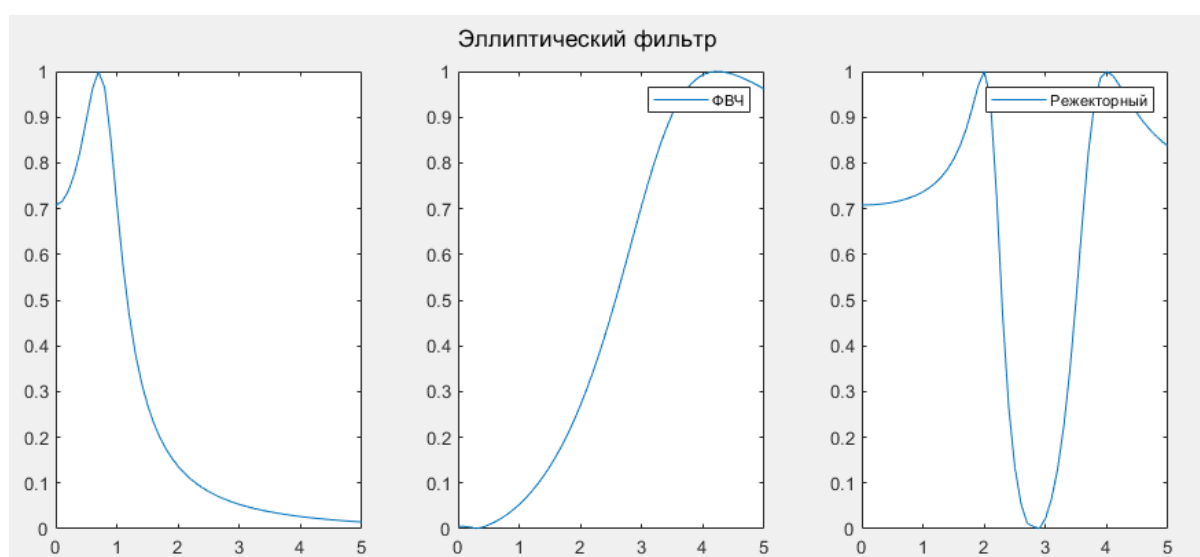


Рисунок 9 – Преобразованный эллиптический фильтр

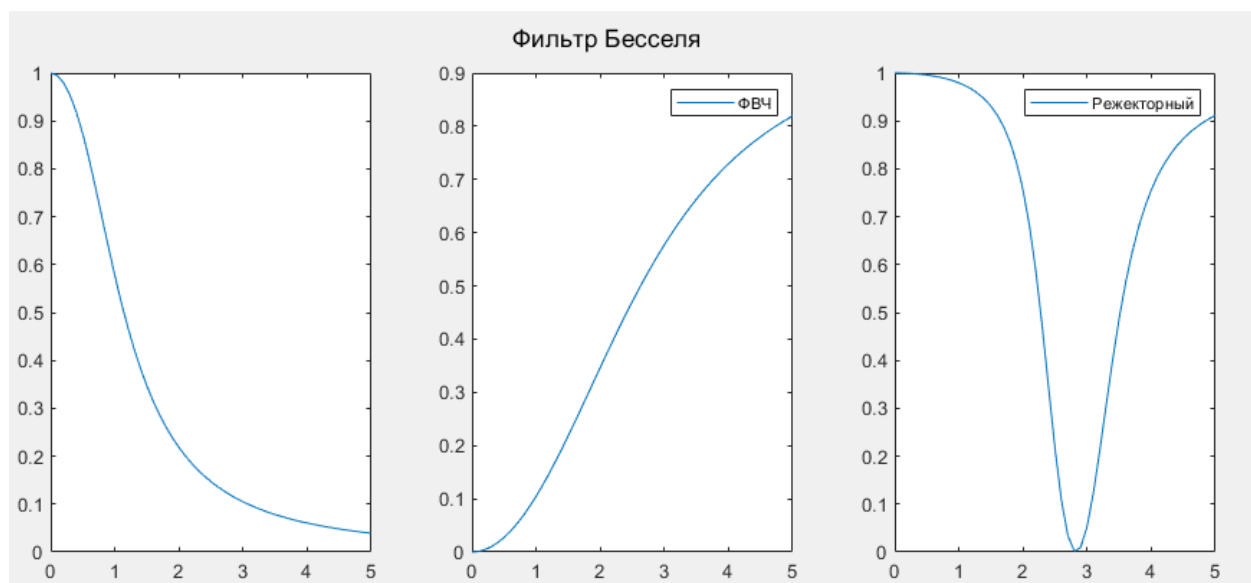


Рисунок 10 – Преобразованный фильтр Бесселя

Вывод: в ходе выполнения лабораторной работы были сформированы практические навыки построения аналоговых фильтров.