

## Лабораторная работа №7

Иващенко О.В. МСУ201

июнь 2021 г.

В данной работе демонстрируется фильтрация сигнала ФНЧ с «окном Пантелеева». В качестве сигнала возьмём двухтональный сигнал с шумом, для чего пропустим «белый шум» через ФВЧ Баттерворта 2-го порядка с частотой среза 4 кГц:

$$H(s) = \frac{s^2}{s^2 + \omega_0^2}, s = iw, w = 2 * \pi * F, F = 4 \text{ кГц}$$

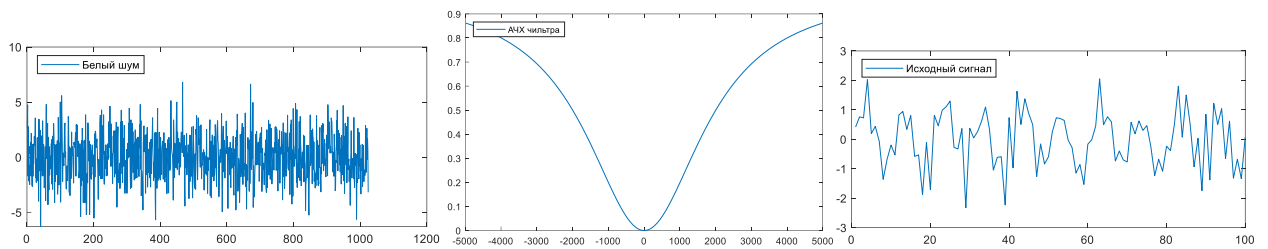


Рис 1. Получение исходного сигнала

В итоге получим сигнал со следующим спектром:

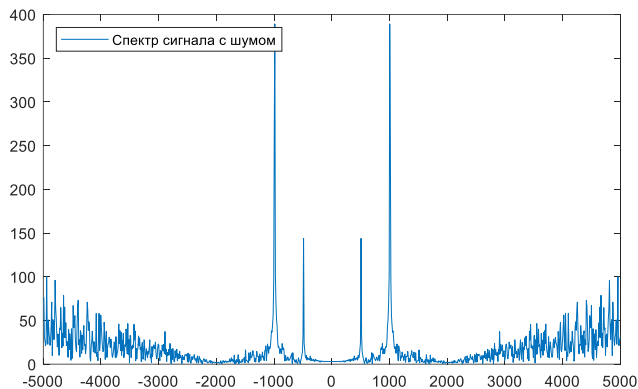


Рис 2. Спектр изучаемого сигнала

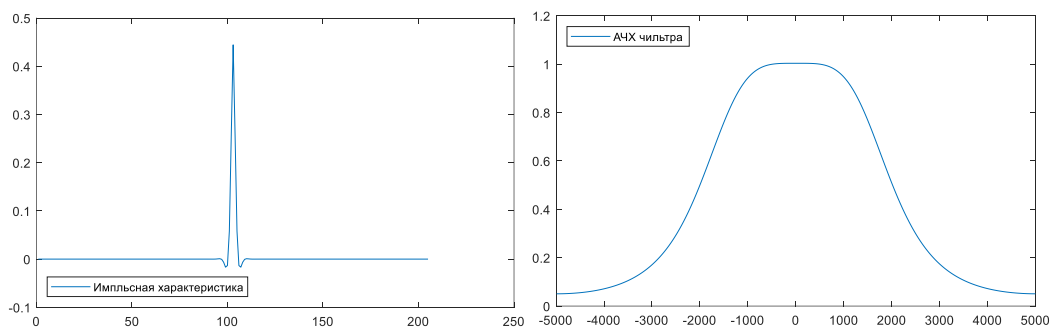


Рис 3. Импульсная и частотная характеристики фильтра Пантелеева

## Способ 1

Как известно, импульсная и частотная характеристики фильтров связаны преобразованием Фурье. Выполнив поэлементное произведение АЧХ фильтра на спектр исходного сигнала, получим «отфильтрованный сигнал»:

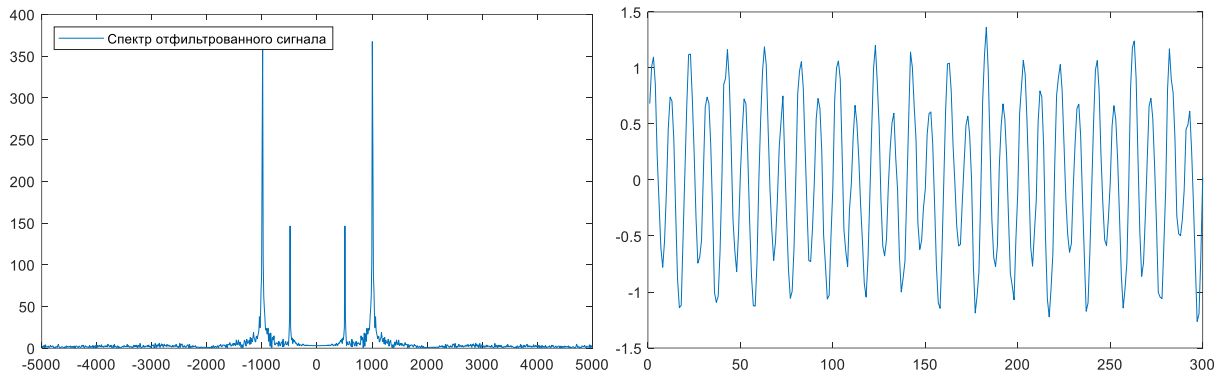


Рис 4. Спектр и осциллограмма сигнала после прохождения ФНЧ Пантелеева.

## Способ 2

Как известно, результат прохождения сигнала  $x(t)$  через *линейный* фильтр с импульсной характеристикой  $h(t)$  можно вычислить через их свёртку:

$$y(t) = \int h(x) * f(x - t) dx$$

В MATLAB эта операция выполняется функцией `conv`.

Результат получится тем же:

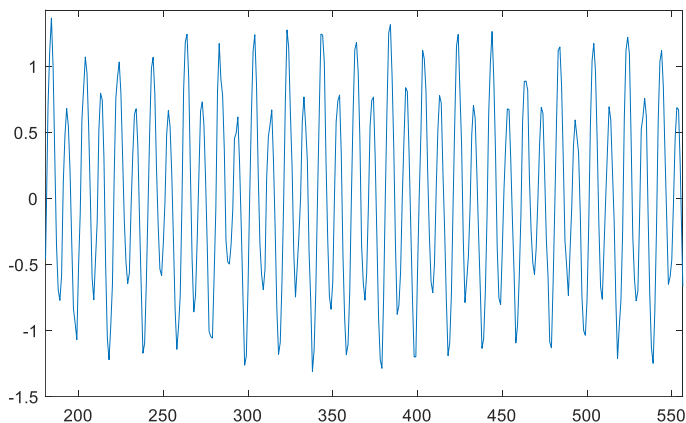


Рис 5. Результат фильтрации свёрткой

Далее приводится исходный код программы на MATLAB.

```

% Фильтрация сигнала «фильтром Пантелеева». Иващенко О.В., июнь 2021 г.
clc;
clear;
clf('reset');

N=1024;
Fd = 10000; % частота дискретизации 10 кГц
Td = 1/Fd; % период дискретизации, с
ff = Fd*[-N/2+1:N/2]/N;
% соберём фильтр верхних частот с частотой среза 4 кГц
N2 = N/2 - 1;
w0 = 2*pi*4000;
w = 2*pi*Fd*[0:N2]/N2;
H = j*w ./ (j*w+w0);
H = H .* H;
H = [H flip(H)]; % ФВЧ 2-го порядка

f = 2*randn([1,N]); % чистый шум
F = fft(f) .* H; % отфильтруем шум
plot(abs(F)); % спектр шума

plot(f)
legend({'Белый шум'}, 'Location', 'northwest')
plot(ff, abs(fftshift(H)))
legend({'АЧХ чилтра'}, 'Location', 'northwest')

t=[0:N-1];
f = real(ifft(F)) + 0.3*sin(2*pi*t/20) + sin(2*2*pi*(t+20)/20);
plot(f(1:100)) % исходный сигнал
legend({'Исходный сигнал'}, 'Location', 'northwest')
F = fft(f); % спектр сигнала с шумом
plot(ff, abs(fftshift(F)));
legend({'Спектр сигнала с шумом'}, 'Location', 'northwest')

% способ 1. через импульсную характеристику фильтра
W0 = 2*pi*2000; % частота среза фильтра 2 кГц
td = Td * [-N/2+1:N/2];
W0 = W0/ sqrt(2);
h = W0 * exp(-W0 * abs(td)) .* (cos(W0 * td) + sin(W0 * abs(td))) / 2;
h = h / Fd;
plot(h(4*N/10:6*N/10))
legend({'Импльсная характеристика'}, 'Location', 'southwest')
H = fft(h);
plot(ff, abs(fftshift(H)))
legend({'АЧХ чилтра'}, 'Location', 'northwest')

% фильтрация фильтром Пантелеева сигнала с шумом
F2 = F .* H;

plot(ff, abs(fftshift(F2)))
legend({'Спектр отфильтрованного сигнала'}, 'Location', 'northwest')

f2 = fftshift(ifft(F2));
plot(f2(1:300))

% способ 2. через свёртку
hc = nonzeros(h)';
f_ma = conv(f, hc); % свёртка сигнала с импульсной хар-кой
plot(f_ma(N/2:4*N/3));

```