

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

# Телекоммуникационные технологии

Отчет по лабораторной работе №3  
Линейная фильтрация

**Работу**  
**выполнил:**  
Соболь В.О.  
Группа: 33501/4  
**Преподаватель:**  
Богач Н.В.

Санкт-Петербург  
2017

# Содержание

<b>1. Цель работы</b>	<b>2</b>
<b>2. Постановка задачи</b>	<b>2</b>
<b>3. Теоретическая информация</b>	<b>2</b>
3.1. Генерация гармонического сигнала с шумом . . . . .	2
3.2. Фильтр нижних частот . . . . .	2
<b>4. Ход работы</b>	<b>3</b>
4.1. Генерация гармонического сигнала с шумом . . . . .	3
4.2. Фильтрация сигнала . . . . .	4
<b>5. Выводы</b>	<b>5</b>
<b>6. Листинг</b>	<b>7</b>

# 1. Цель работы

Изучить воздействие фильтра нижних частот на тестовый сигнал с шумом.

# 2. Постановка задачи

Сгенерировать тестовый гармонический сигнал с шумом, синтезировать ФНЧ, отфильтровать сигнал с шумом. Посмотреть, как ФНЧ влияет на спектр сигнала.

# 3. Теоретическая информация

## 3.1. Генерация гармонического сигнала с шумом

Для генерации гармонического сигнала можно воспользоваться формулой  $signal = A * \cos(2 * \pi * f * t + \varphi)$ , где  $A$  — амплитуда сигнала,  $f$  — частота,  $t$  — вектор отсчетов времени,  $\varphi$  — смещение по фазе.

Для добавления шума в исходный сигнал необходимо сложить его с другим сигналом, полученным по аналогичной формуле, но для другой частоты.

## 3.2. Фильтр нижних частот

Любой фильтр работает по принципу умножения сигнала в частотной области на коэффициент, зависящий от частоты. Фильтр усиливает (или не изменяет) частоты в диапазоне и ослабляет вне его. Так, фильтр нижних частот ослабляет частоты выше заданной границы, умножая их на маленький коэффициент. АЧХ такого фильтра показана на рис.3.2.1:

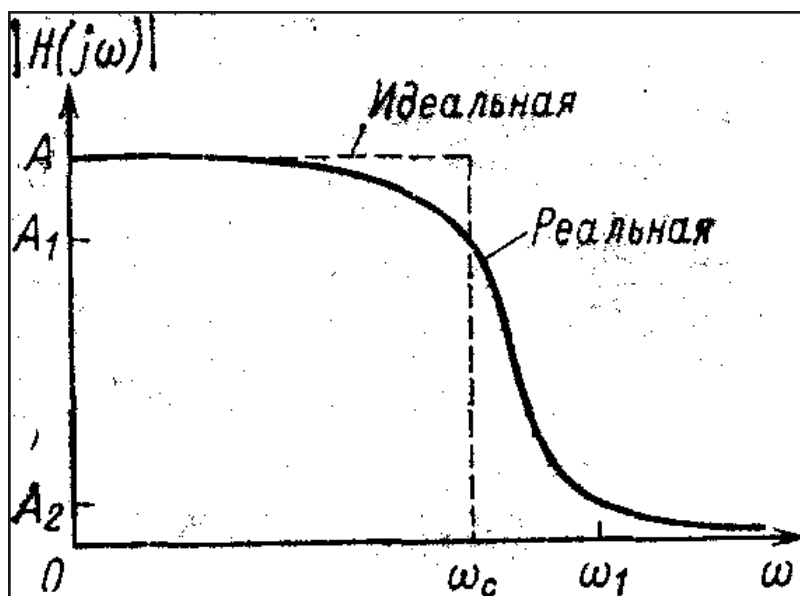


Рис. 3.2.1. АЧХ фильтра нижних частот

Фильтры делятся на БИХ (с бесконечной импульсной характеристикой) и КИХ (с конечной импульсной характеристикой). Основным свойством БИХ фильтров является то, что их импульсная переходная характеристика имеет бесконечную длину во временной

области. У КИХ фильтров гарантируется, что с какого-то момента импульсная характеристика станет равна 0. Это делает их более устойчивыми, по сравнению с БИХ фильтрами. Самая важная особенность КИХ фильтров заключается в возможности получения точной линейной фазовой характеристики.

Основным методом расчета коэффициентов является модифицированный алгоритм Ремеза — (Parks-McClellan algorithm). Это косвенный итерационный метод для нахождения оптимальных значений с Чебышевской характеристикой фильтра. Особенность метода заключается в минимизации ошибки в полосе затухания и пропускания путем Чебышевской аппроксимации импульсной характеристики.

В работе используется КИХ фильтр с равномерно пульсирующей АЧХ (equiripple filter).

## 4. Ход работы

Ход работы можно разделить на 2 части - генерация зашумлённого сигнала и фильтрация этого сигнала. Код использованный при исследовании приведён в листинге 1.

### 4.1. Генерация гармонического сигнала с шумом

Для начала получим обычный гармонический сигнал с частотой 30 Гц. Сгенерированный сигнал представлен на рисунке 4.1.1:

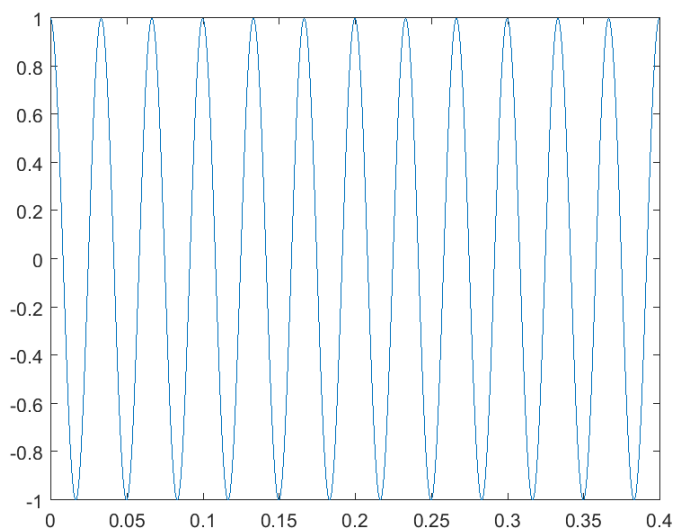


Рис. 4.1.1. Гармонический сигнал

Затем сгенерируем еще один сигнал с более высокой частотой, и прибавим его к имеющемуся. Результат добавления шума в сигнал показан на рисунке 4.1.2:

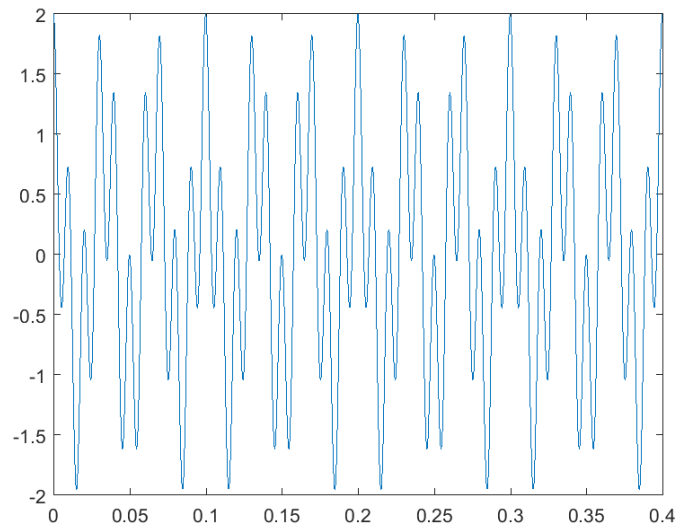


Рис. 4.1.2. Гармонический сигнал с шумом

Далее получим спектр сигнала с помощью преобразования Фурье. Спектр гармонического сигнала с шумом приведен на рисунке 4.1.3:

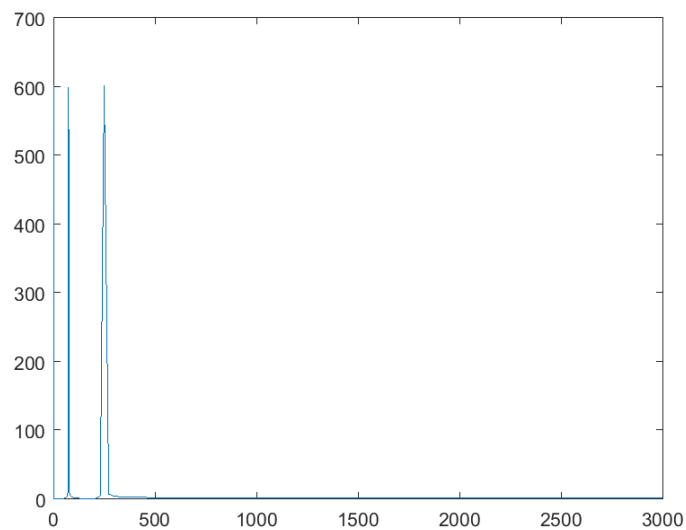


Рис. 4.1.3. Спектр зашумленной гармоники

Видно, что в сигнале присутствуют 2 гармоники разной частоты.

## 4.2. Фильтрация сигнала

Для фильтрации будем использовать КИХ фильтр низких частот с равномерно пульсирующей АЧХ. Коэффициенты фильтра получены с помощью функции Matlab (листинг 1, строка 21)

Отфильтрованный полученным фильтром сигнал можно увидеть на рисунке 4.2.1:

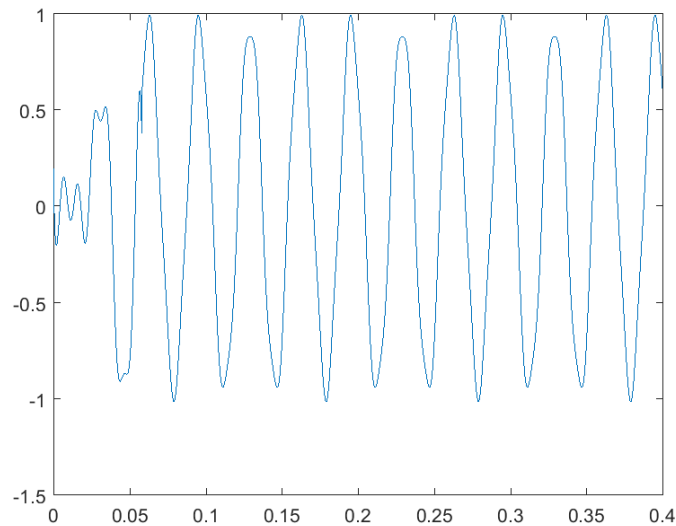


Рис. 4.2.1. Сигнал после прохождения фильтра

Максимальная амплитуда немного уменьшена из-за коэффициента ослабления фильтра, и сигнал устанавливается с небольшой задержкой.

Спектр данного сигнала, полученный с помощью преобразования Фурье, приведен на рисунке 4.2.2:

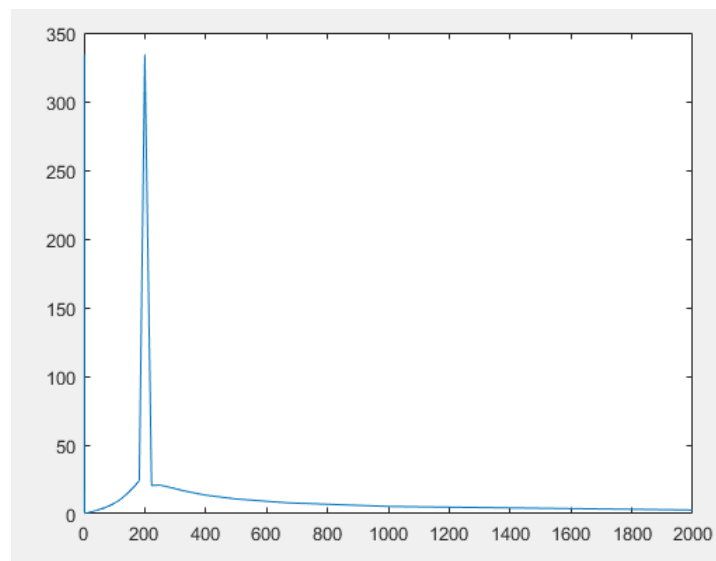


Рис. 4.2.2. Спектр отфильтрованного сигнала

На рисунке видна одна гармоника, т.е. фильтр верно отсекает гармонику шума, внесенного нами в сигнал.

## 5. Выводы

Нами исследовано прохождение сигнала через линейную цепь фильтра нижних частот. Фильтрация зашумлённого сигнала — это свёртка с окном чистой АЧХ. Идеальное окно имеет вид прямоугольника, но получить его невозможно. На практике используется не

идеальная аппроксимация, с неполным подавлением шума на частотах, близких к частоте среза. Это объясняется тем, что аппроксимация имеет неидеальный наклон кривой после частоты среза.

## 6. Листинг

Листинг 1: Код для исследования фильтра

```
1 close all
2 clc
3 Fn = 30;
4 Fd = Fn * 100;
5 Td = 1/Fd;
6 t = 0:Td:0.4;
7 signal = cos(2*pi*Fn.*t);
8
9 signal_1_g = figure();
10 plot(t,signal);
11
12 Fn2 = 100;
13 signal = signal + cos(2*pi*Fn2.*t);
14 signal_f = fft(signal);
15
16 signal_2_g = figure();
17 plot(t,signal);
18 signal_2_fft_g = figure();
19 plot(1./t,abs(signal_f));
20
21 Hd = fdesign.lowpass('Fp,Fst,Ap,Ast',50,60,1,10,Fd);
22 d = design(Hd,'equiripple');
23
24 %fvtool(d)
25
26 y_signal = filter(d, signal);
27 y_signal_f = fft(y_signal);
28
29 filtered_g = figure();
30 plot(t, y_signal);
31 filtered_fft_g = figure();
32 plot(1./t, abs(y_signal_f));
33
34 saveas(signal_1_g, '..\fig\signal1', 'png')
35 saveas(signal_2_g, '..\fig\signal2', 'png')
36 saveas(signal_2_fft_g, '..\fig\signal2_fft', 'png')
37 saveas(filtered_g, '..\fig\filter_signal', 'png')
38 saveas(filtered_fft_g, '..\fig\filter_signal_fft', 'png')
```