

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

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

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, φ — 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:

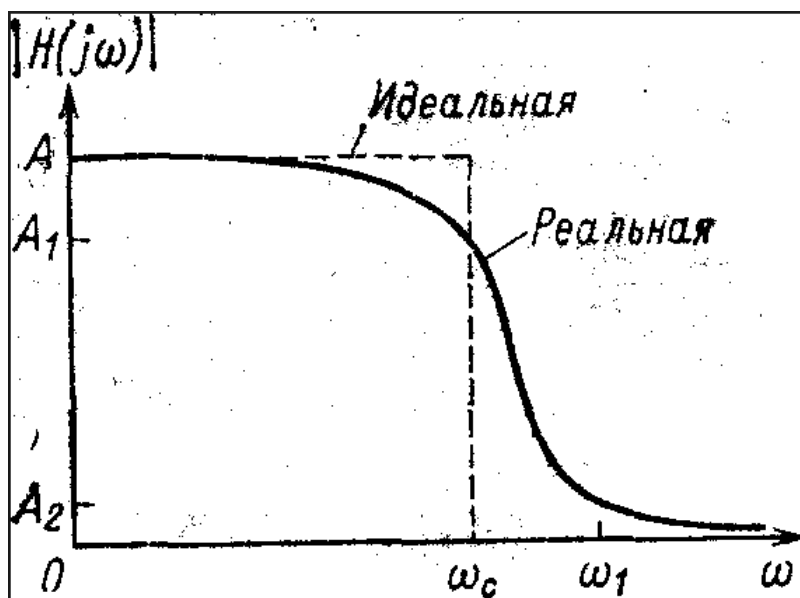


Рис. 3.2.1. АЧХ фильтра нижних частот

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:

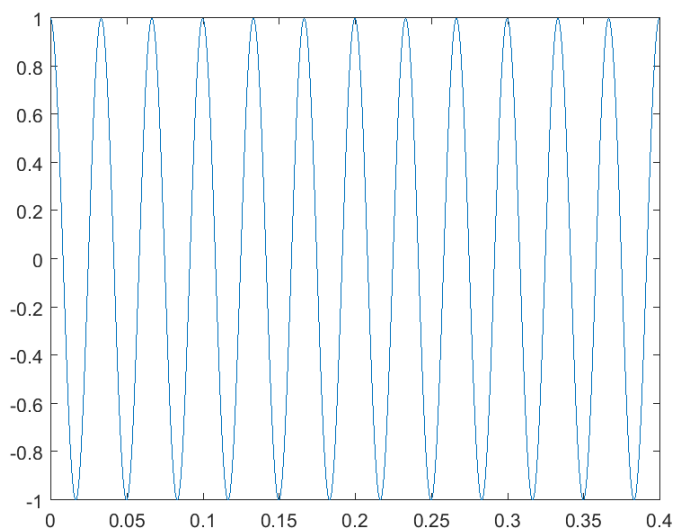


Рис. 4.1.1. Гармонический сигнал

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:

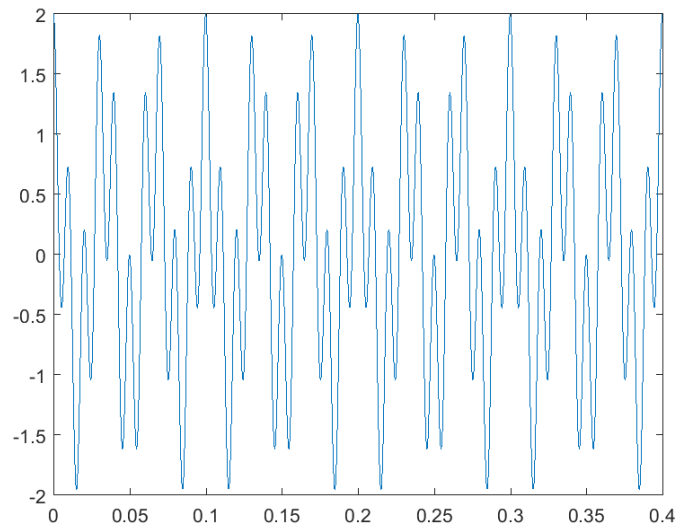


Рис. 4.1.2. Гармонический сигнал с шумом

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

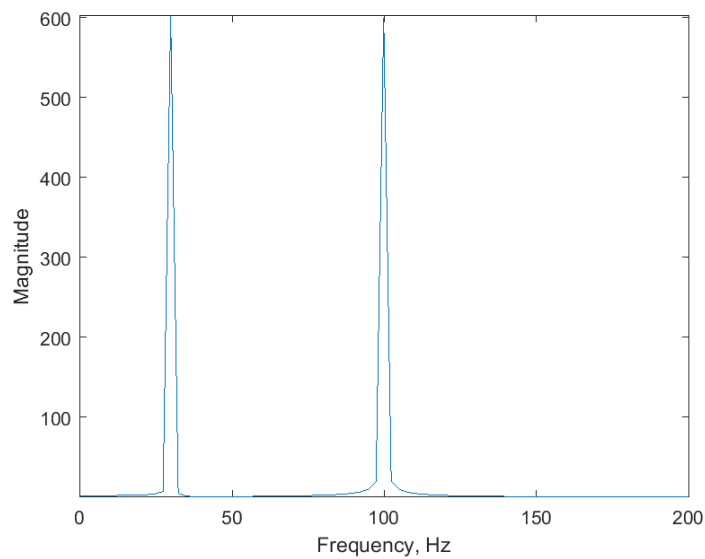


Рис. 4.1.3. Спектр зашумленной гармоники

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:

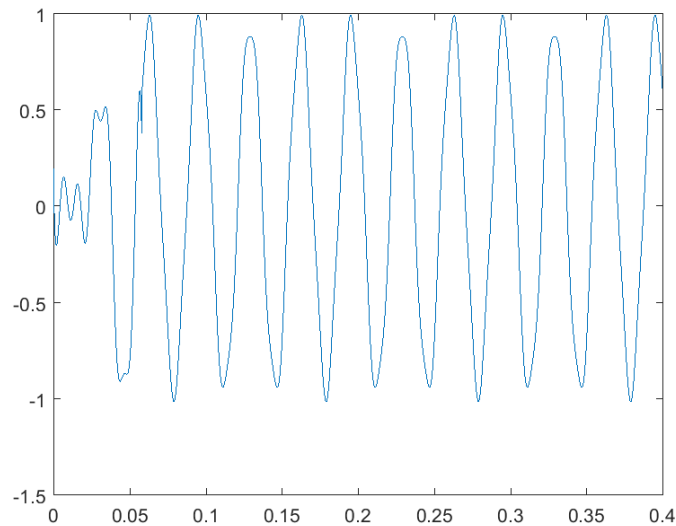


Рис. 4.2.1. Сигнал после прохождения фильтра

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:

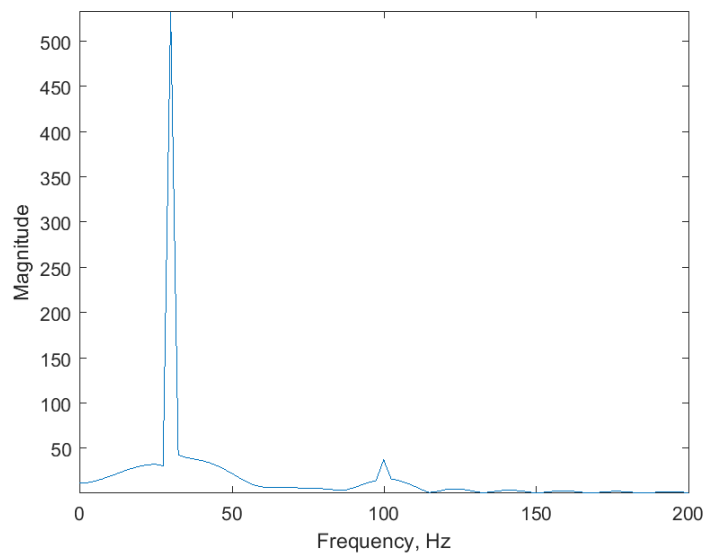


Рис. 4.2.2. Спектр отфильтрованного сигнала

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
15 signal_2_g = figure();
16 plot(t, signal);
17
18 signal_2_fft_g = figure();
19 spectrum(signal, Fd, 200);
20
21
22 Hd = fdesign.lowpass('Fp,Fst,Ap,Ast',50,60,1,10,Fd);
23 d = design(Hd,'equiripple');
24
25 %fvtool(d)
26
27 y_signal = filter(d, signal);
28
29 filtered_g = figure();
30 plot(t, y_signal);
31 filtered_fft_g = figure();
32 spectrum(y_signal, Fd, 200);
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')
```

Листинг 2: Код для получения спектра сигнала

```
1 function spectrum(signal, Fs, flim)
2     if nargin < 3
3         flim = Fs;
4     end
5     N = length(signal);
6     X_mags = abs(fft(signal));
7     bin_vals = 0:N-1;
8     fax_Hz = bin_vals*Fs/N;
```

```
9  N_2=ceil(N/2);
10 plot(fax_Hz(1:N_2),X_mags(1:N_2,:))
11 xlabel('Frequency, Hz')
12 ylabel('Magnitude');
13 axis_tight
14 xlim([0,flim]);
15 end
```