МИНОБРНАУКИ РОССИИ



федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**

**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»)**

Факультет И «Информационные и управляющие системы»

Кафедра И4 «Радиоэлектронные системы управления»

Дисциплина (модуль) «Радиотехнические цепи и сигналы»

КУРСОВАЯ РАБОТА

Прохождение сигнала сложной формы через линейную цепь

Выполнила студент группы И443

Замятина Е.В.

Научный руководитель

Аникин С.Н.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2016г.

Оглавление

[Введение 3](#_Toc467098739)

[1. Аналитическое и графическое представления исходного сигнала 3](#_Toc467098740)

[2. Спектральный анализ непериодического сигнала 3](#_Toc467098741)

[2.1. Аналитическое выражение спектральной плотности 3](#_Toc467098742)

[2.2. Графическое представление модуля и аргумента спектральной плотности 3](#_Toc467098743)

[2.3. Эффективная ширина спектра 3](#_Toc467098744)

[2.4. Эффективная длительность сигнала 3](#_Toc467098745)

[2.5. Энергия сигнала 3](#_Toc467098746)

[2.6. Спектрограмма сигнала, задержанного на половину длительности импульса 9](#_Toc467098747)

[3. Спектральный анализ периодического сигнала 3](#_Toc467098748)

[3.1. Представление сигнала рядом Фурье (амплитудный и фазовый спектры) 3](#_Toc467098749)

[3.2. Средняя мощность периодического сигнала 3](#_Toc467098750)

[4. Анализ характеристик исходной линейной цепи 3](#_Toc467098751)

[4.1. Аналитическое выражение коэффициента передачи цепи 3](#_Toc467098752)

[4.2. Графики АЧХ и ФЧХ цепи 3](#_Toc467098753)

[4.3. Аналитическое выражение и график импульсной характеристики цепи 3](#_Toc467098754)

[4.4. Аналитическое выражение и график переходной характеристики цепи 3](#_Toc467098755)

[5. Анализ сигналов, полученных на выходе исходной линейной цепи 3](#_Toc467098756)

[5.1. Графическое представление непериодического сигнала на выходе цепи 3](#_Toc467098757)

[5.2. Графическое представление периодического сигнала на выходе цепи 3](#_Toc467098758)

[6. Корреляционный анализ сигналов 3](#_Toc467098759)

[6.1. Аналитическое и графическое представление корреляционной функции исходного непериодического сигнала 3](#_Toc467098760)

[6.2. Аналитическое и графическое представление корреляционной функции исходного периодического сигнала 3](#_Toc467098761)

[7. Влияние параметров цепи на АЧХ и ФЧХ 3](#_Toc467098762)

[Заключение 30](#_Toc467098763)

[Список использованных источников 31](#_Toc467098764)

# Введение

Радиотехнические цепи и сигналы - базовая дисциплина в системе

подготовки современного инженера в области радиотехники и радиоэлектроники. Его целью является изучение фундаментальных закономерностей, связанных с получением сигналов, их передачей, обработкой и преобразованием в радиотехнических цепях. Важная задача курса РТЦ и С - научить студентов выбирать математический аппарат для решения конкретных научных и технических задач в области радиотехники.

Данная курсовая работа ориентирована на закрепление навыков и формирование умений по описанию сигналов, определению их числовых характеристик, энергетической и корреляционной функции и характеризующих их параметров.

# Аналитическое и графическое представления исходного сигнала

Заданный сигнал можно аппроксимировать отрезками прямых линий и записать в виде:

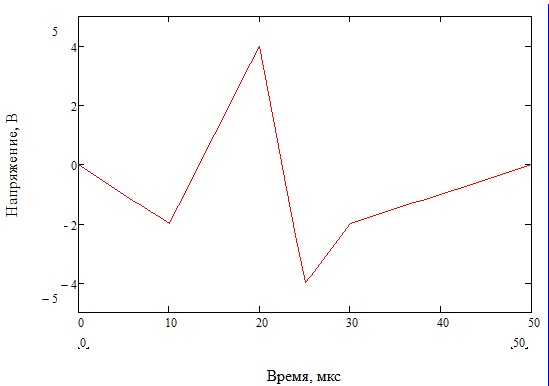
****

где: ,  , 

Используя функцию Хевисайда , выражение  можно представить следующим образом [1]:



Графическое изображение сигнала показано на рисунке 1:



*Рисунок 1. Исходный сигнал*

# Спектральный анализ непериодического сигнала

## Аналитическое выражение спектральной плотности

Спектральная плотность сигнала находится подстановкой выражения , описывающего данный сигнал, в прямое преобразование Фурье и вычислением интеграла вида:

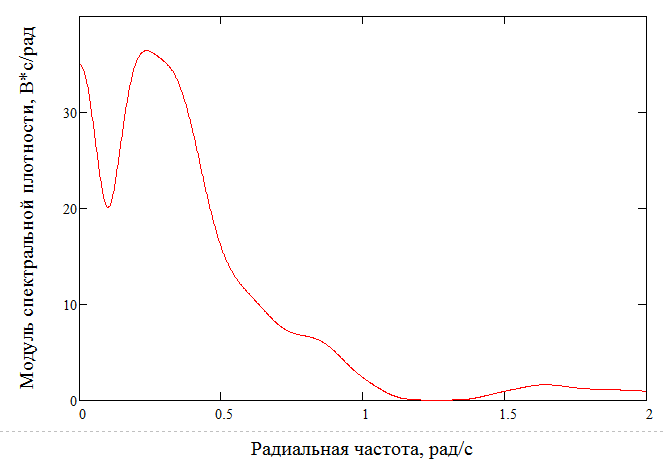
|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.1) |

Аналитическое представление заданного сигнала:

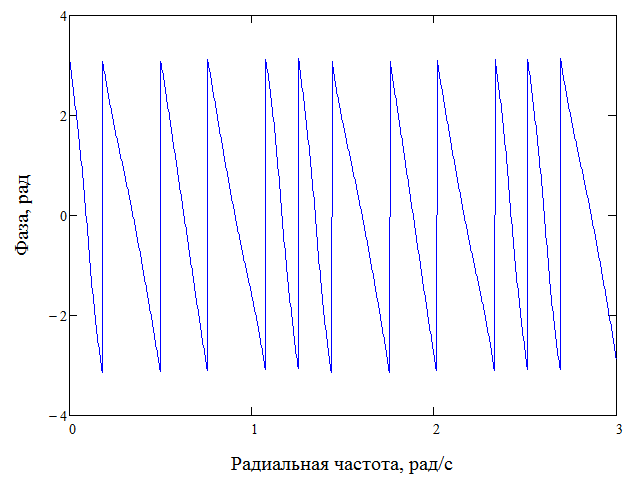


## Графическое представление модуля и аргумента спектральной плотности

Модуль спектральной плотности  определяет амплитудно-частотную характеристику сигнала, а ее аргумент  называют фазо-частотной характеристикой сигнала. Смысл модуля определяется как амплитуда сигнала, приходящаяся на 1 Гц в бесконечно узкой полосе частот, которая включает в себя рассматриваемую частоту .



*Рисунок 2. Модуль спектральной плотности*



*Рисунок 3. Аргумент спектральной плотности*

## Эффективная ширина спектра

Эффективная ширина спектра может быть определена как ширина спектральной плотности, при которой ее значение больше или равно 10% от максимального значения.

## Эффективная длительность сигнала

Для заданного непериодического сигнала эффективная длительность сигнала равна его собственной длительности: с.

## Энергия сигнала

Энергия сигнала определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.2) |

Для заданного сигнала:



## Спектрограмма сигнала, задержанного на половину длительности импульса

## 2.6. Исходный сигнал сдвигается на:

 с.

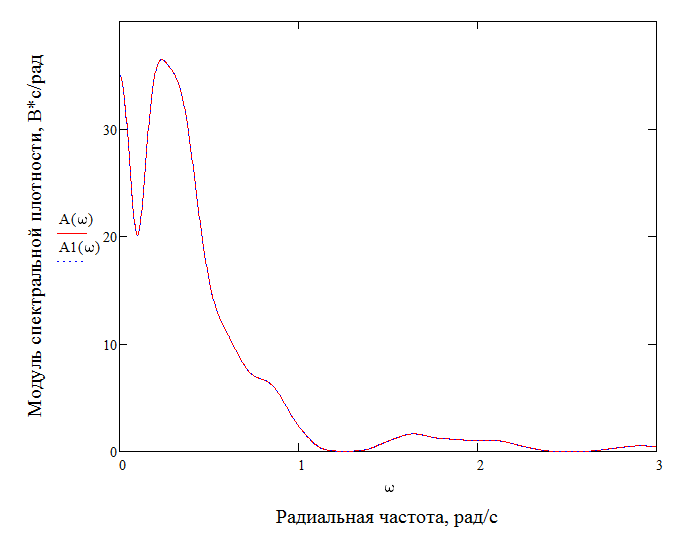
Спектральная плотность сдвинутого сигнала:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.3) |

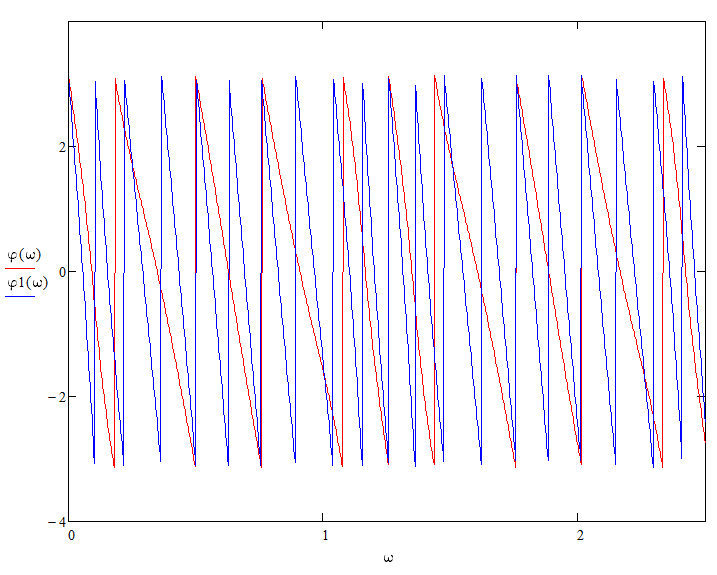
Для заданного сигнала аналитическое представление имеет вид



S, В/(рад/с)



*Рисунок 4. Модули спектральной плотности заданного и сдвинутого сигналов*



*Рисунок 5. Аргументы спектральной плотности заданного и сдвинутого сигналов*

Из графиков видно, что при сдвиге сигнала фазовая характеристика изменяется; амплитудная остается неизменной.

# Спектральный анализ периодического сигнала

## Представление сигнала рядом Фурье (амплитудный и фазовый спектры)

Сигнал представляется рядом Фурье в виде выражения

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.1) |

где:

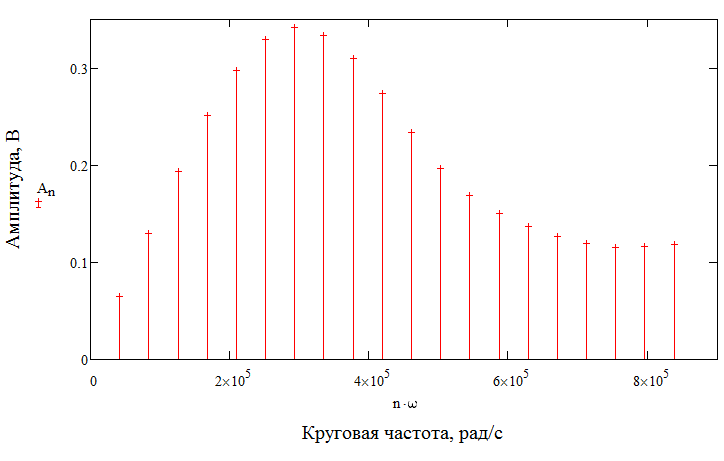
 В, , 

Круговая частота сигнала определяется по формуле

 кГц.

Амплитудный спектр сигнала (см. рисунок 6а) представляется следующим выражением:

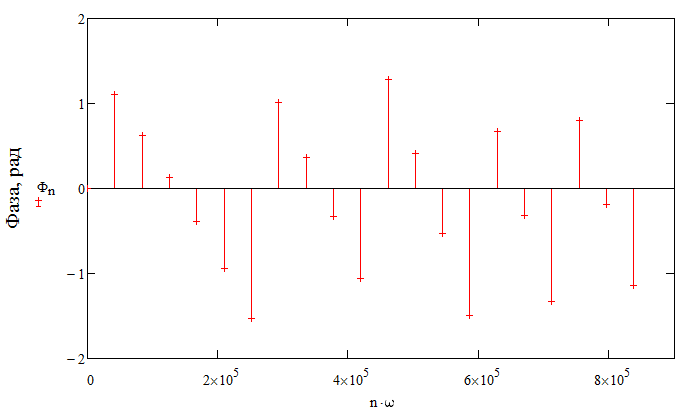
|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.2) |



*Рисунок 6а. Амплитудный спектр периодического сигнала*

Фазовый спектр сигнала (см. рисунок 6б) представляется следующим выражением:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.3) |



*Рисунок 6б. Фазовый спектр периодического сигнала*

Сигнал, представленный рядом Фурье:   
Полученный сигнал изображен на следующем рисунке 7:



*Рисунок 7. Полученный импульсный сигнал*

Данный рисунок, полученный после обратного преобразования Фурье, совпадает с рисунком 1.

## Средняя мощность периодического сигнала

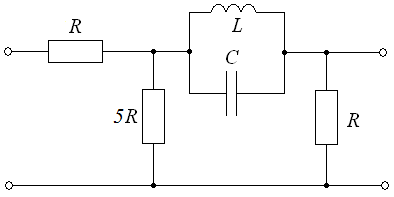
Средняя мощность сигнала определяется как отношение энергии сигнала к его периоду

 Вт.

# Анализ характеристик исходной линейной цепи

## Аналитическое выражение коэффициента передачи цепи

Исходная схема выглядит следующим образом:



Преобразуем участок цепи типа «треугольник» к типу «звезда», и преобразуем всю цепь к виду:







В результате преобразования получим следующие сопротивления участков цепи:

,

,

.

Из системы уравнения четырехполюсников



в режиме холостого хода коэффициент передачи по напряжению  равен:



Коэффициент передачи заданной линейной цепи будет равен:



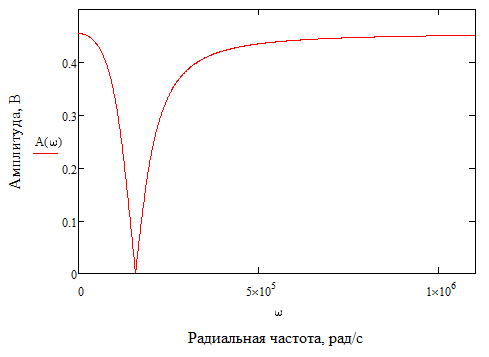
Передаточная характеристика определяется из коэффициента передачи путем подстановки :



## Графики АЧХ и ФЧХ цепи

Амплитудно-частотная характеристика (см. рисунок 8) определяется как

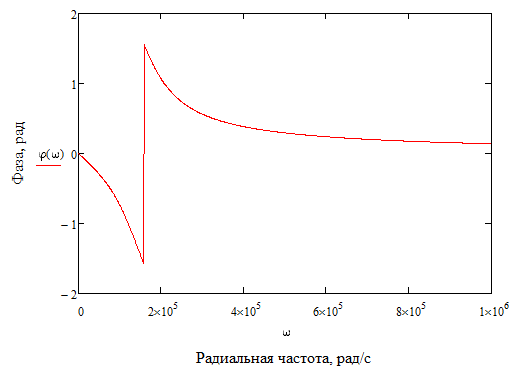
|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.1) |



*Рисунок 8. АЧХ цепи*

Фазо-частотная характеристика (см.рисунок 9) определяется как

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.2) |



*Рисунок 9. ФЧХ цепи*

## Аналитическое выражение и график импульсной характеристики цепи

Расчет импульсной характеристики цепи *h(t)* выполняется с помощью обратного преобразования Лапласа от коэффициента передачи .

Представим коэффициент передачи как .

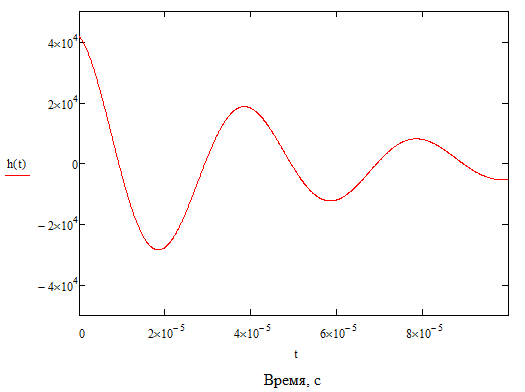
С этой целью найдем полюсы , соответствующие корням уравнения

.

Корни этого уравнения . Подставим их в формулу для импульсной характеристики:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.3) |

График импульсной характеристики представлен на рисунке 10.



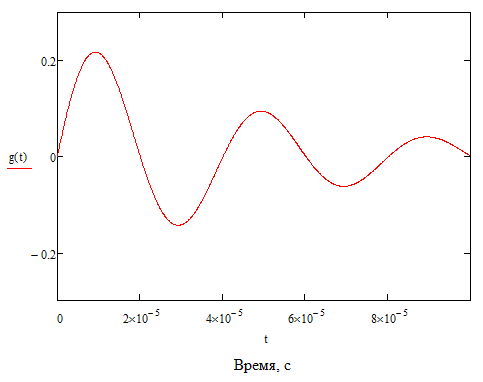
*Рисунок 10. Импульсная характеристика*

## Аналитическое выражение и график переходной характеристики цепи

Переходная характеристика связана с импульсной характеристикой следующим соотношением:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.4) |

График переходной характеристики представлен на рисунке 11.



*Рисунок 11. Переходная характеристика*

# Анализ сигналов, полученных на выходе исходной линейной цепи

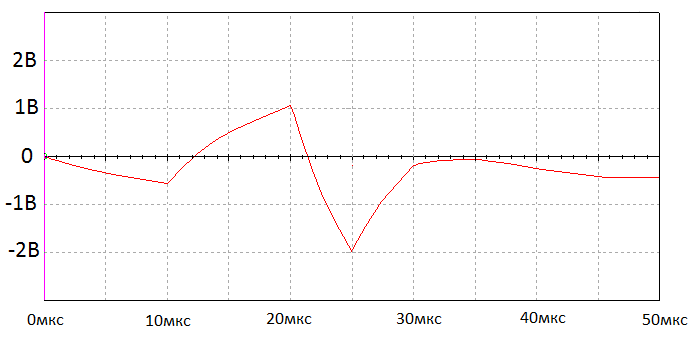
Сигнал на выходе цепи определяется с помощью интеграла Дюамеля:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.1) |

Сигналы на выходе цепи получены с помощью САПР OrCAD 9.2 для моделирования прохождения заданных сигналов через заданную цепь.

## Графическое представление непериодического сигнала на выходе цепи

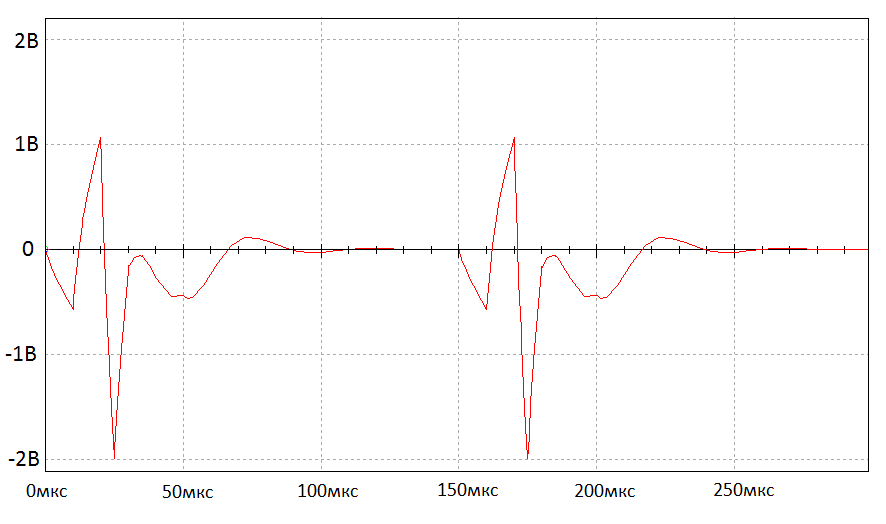
При подаче на вход цепи непериодического заданного сигнала, на выходе получится сигнал, показанный на рисунке 12.



*Рисунок 12. Сигнал на выходе цепи при подаче непериодического сигнала*

## Графическое представление периодического сигнала на выходе цепи

При подаче на вход цепи периодического заданного сигнала, на выходе получится сигнал, показанный на рисунке 13.



*Рисунок 13. Сигнал на выходе цепи при подаче периодического сигнала*

# Корреляционный анализ сигналов

## Аналитическое и графическое представление корреляционной функции исходного непериодического сигнала

Рассчитаем автокорреляционную функцию сигнала по формуле

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6.1) |

Примем следующие условные обозначения:

, ;

, ;

, ;

, ;

, .

где  мкс,  мкс,  мкс,  мкс,  мкс.

Расчет автокорреляционной функции заданного сигнала сводится к вычислению интегралов на следующих интервалах значений сдвига:

а) 



б) 



в)



г) 



д) 



е) 



ж) 



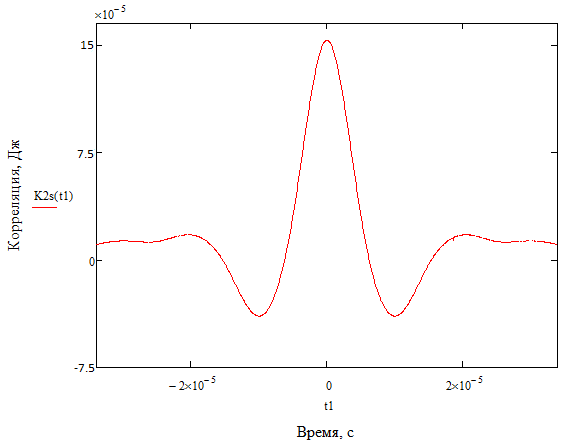
з) 



С учетом четной симметрии автокорреляционной функции общее её выражение примет, следующий вид:



График  приведен на рисунке 14.



*Рисунок 14. Корреляционная функция исходного непериодического сигнала*

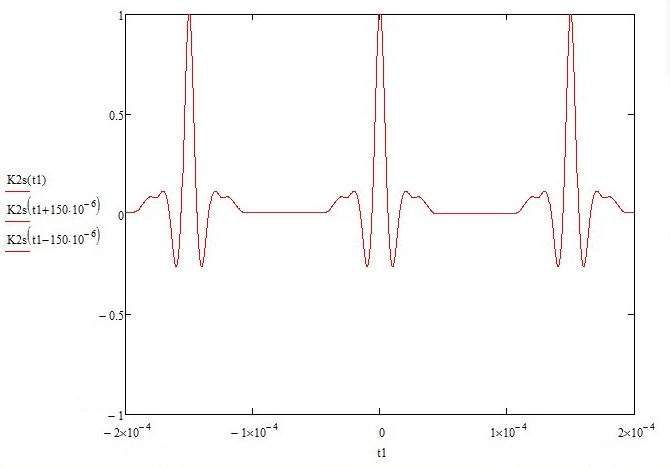
Из графика видно, что корреляционная функция, как и исходный сигнал, является непериодической.

## Аналитическое и графическое представление корреляционной функции исходного периодического сигнала

Расчет автокорреляционной функции периодического сигнала производится по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6.2) |

График  приведен на рисунке 15.

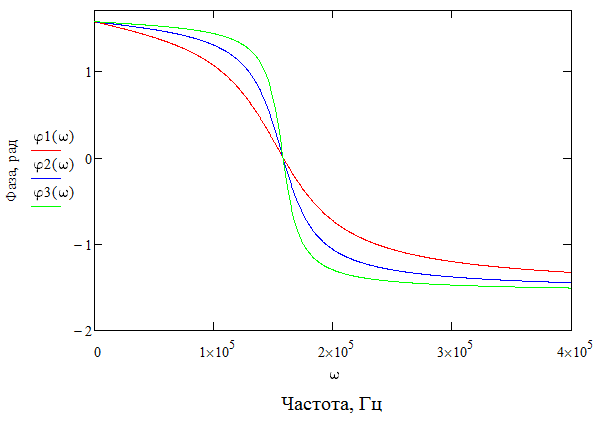
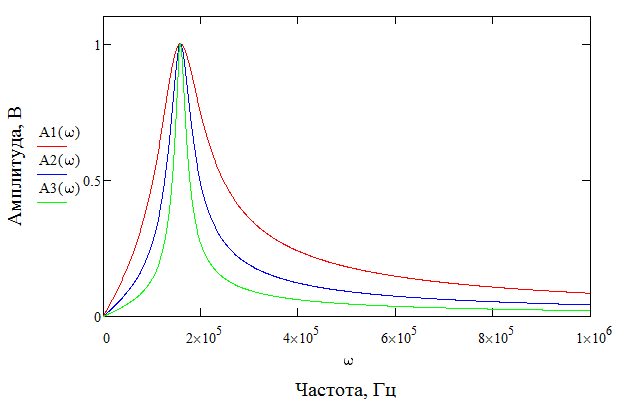


*Рисунок 15. Корреляционная функция исходного периодического сигнала*

Аналогично предыдущему случаю, корреляционная функция является периодической.

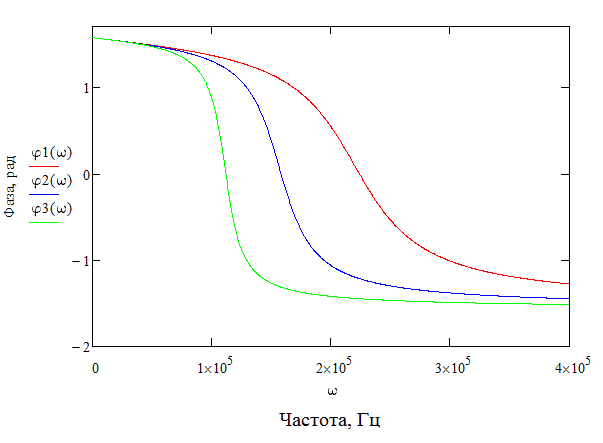
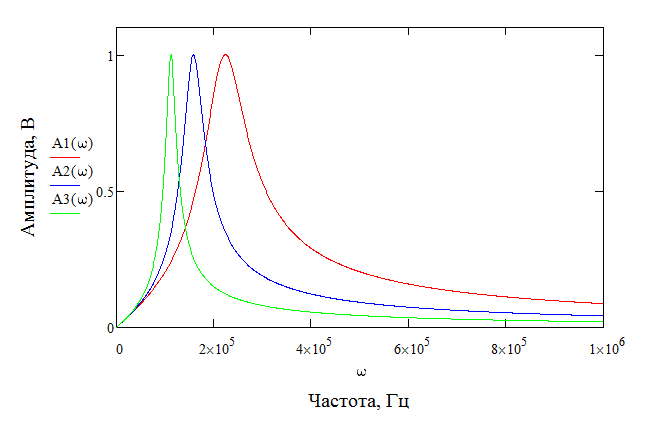
# Влияние параметров цепи на АЧХ и ФЧХ

Рассмотрим влияние параметров линейной цепи на её амплитудно- и фазочастотные характеристики.



*Рисунок 16. АЧХ и ФЧХ при изменении сопротивления*

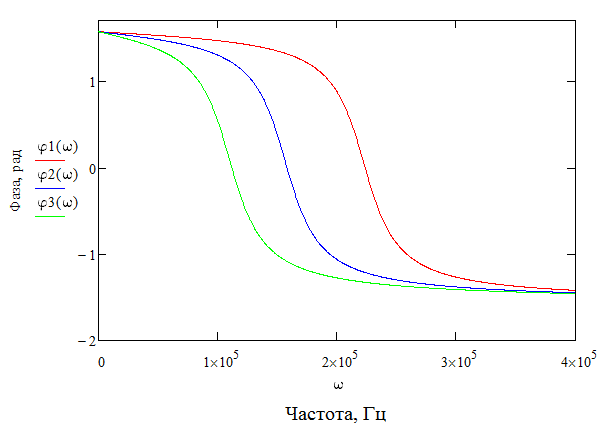
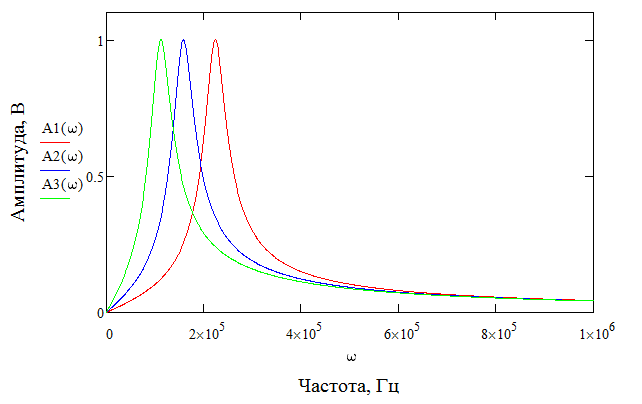
При уменьшении сопротивления, АЧХ в районе резонанса становится более пологой, что уменьшает добротность фильтра и увеличивает его полосу подавления; ФЧХ так же зависит от параметров цепи - чем шире полоса подавления, тем более плавный спад фазы на частотах в полосе подавления (рисунок 15).



*Рисунок 17. АЧХ и ФЧХ при изменении емкости*

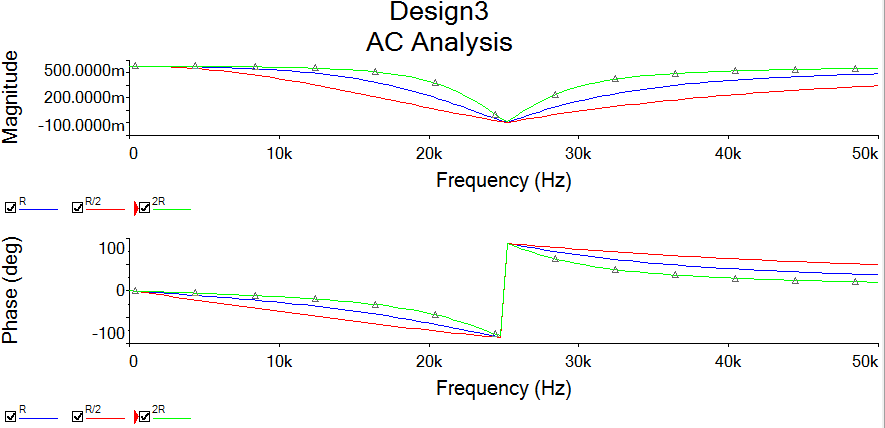
При изменении емкости, минимум АЧХ и положение скачка на ℼ в ФЧХ смещаются по оси частот из-за изменения центральной частоты подавления полосно-заграждающего или режекторного фильтра; кроме того, изменяется ширина полоса заграждения из-за изменения добротности колебательного контура, входящего в данный фильтр.

Аналогичные изменения происходят при изменении индуктивности (рисунок 17).

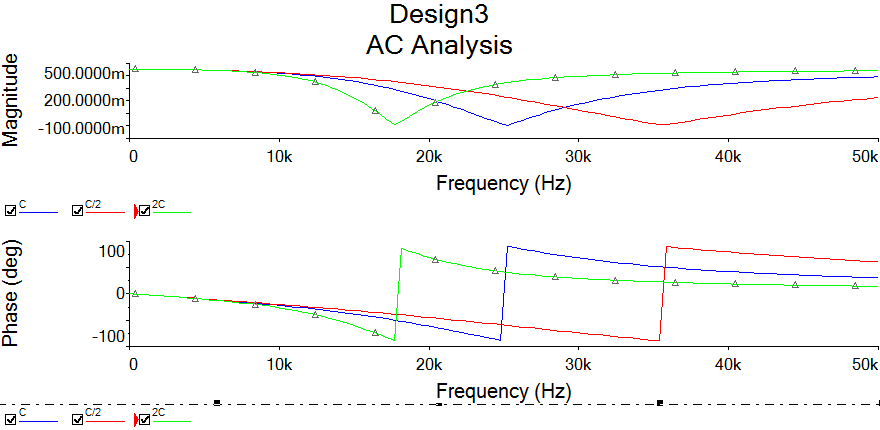


*Рисунок 18. АЧХ и ФЧХ при изменении индуктивности*

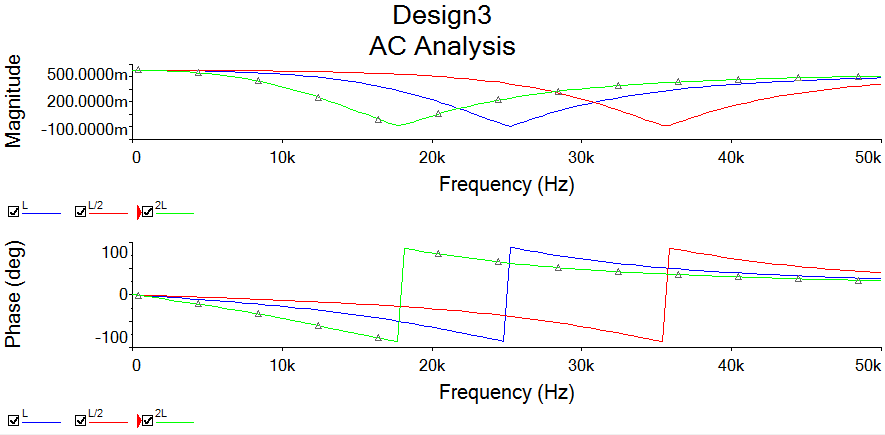
Аналогичные результаты получены в результате моделирования в САПР Multisim 12:



*Рисунок 18. АЧХ и ФЧХ при изменении сопротивления (в САПР)*



*Рисунок 19. АЧХ и ФЧХ при изменении емкости (в САПР)*



*Рисунок 20. АЧХ и ФЧХ при изменении индуктивности (в САПР)*

**Заключение**

При выполнении курсовой был описан сигнал с помощью функции Хевисайда, затем определены спектральная плотность и из спектральной плотности амплитудный и фазовый спектры сигнала. При нахождении спектральной плотности были применены известные свойства преобразования Фурье, такие как линейность и сдвиг на при сдвиге во временной области при аналогичных участках заданной функции. Автокорреляционная функция сигнала имеет вид сглаженной кривой и имеет максимум при τ=0. Была проанализирована заданная линейная RC-цепь. Определена комплексная передаточная функция, из которой затем вычисляется амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики. Вид АЧХ и ФЧХ был смоделирован в программной среде MathCAD. Далее была определена импульсная характеристика цепи, которая при применении в интеграле Дюамеля выдает выходной сигнал при любом заданном входном сигнале. Далее была определена импульсная характеристика цепи, которая при применении в интеграле Дюамеля выдает выходной сигнал при любом заданном входном сигнале. В результате были приобретены знания фундаментальных закономерностей, связанных с описанием заданных сигналов, получения их характеристик, обработкой и преобразованием в радиотехнических цепях, описания заданной цепи, получения важных характеристик цепи. Закреплены ранее полученные знания и навыки выполнения поставленных задач.



# 

# Список использованных источников

1. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М: Радио и связь, 1986. – 512 с.: ил.
2. Л. Б. Кочин, В. К. Соколов. Радиотехнические цепи и сигналы. Методические указания по выполнению курсовой работы. СПб, 2002.

3. Ю.В. Петров [и др.] Моделирование радиоэлектронных и телекоммуникационных устройств в САПР OrCAD. Ч.2. Программа моделирования OrCAD PSpice: практ. пос. ; Балт. гос. техн.ун-т. СПб., 2009. 66 с.

4. Е.Ф. Березкин Основы теории информации и кодирования. Лабораторный практикум. Учебно-методическое пособие МИФИ, 2-е издание. Москва 2009.