

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ».

Физический факультет

Кафедра общей физики

Кухта Георгий Алексеевич

КУРСОВАЯ РАБОТА

**Расчет и измерение амплитудно-частотной характеристики RLC-  
цепей**

Электромагнитный практикум, 2 курс, группа №19310

**Научный руководитель:**

С.Е. Краснопевцев

Оценка научного руководителя

\_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Преподаватель практикума**

к.ф.-м.н., А.А. Симонов

Оценка преподавателя практикума

\_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Куратор практикума:**

к.т.н. В.Т. Астрелин

Итоговая оценка

\_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Новосибирск 2020

## **Аннотация**

Целью работы являлось исследование амплитудно-частотной характеристики RLC- цепочек. Были построены графики амплитудно-частотной характеристики для исследуемых цепей, определен тип некоторых из них. Была выведена формула для нахождения АЧХ (коэффициента передачи) для цепи с неизвестными параметрами. Для численного нахождения амплитудно-частотной характеристики через формулу, был составлен алгоритм нахождения неизвестных данных для RLC цепи. Были сравнены численные значения АЧХ, полученной экспериментально и путем вывода формулы. При подставлении рассчитанных по алгоритму данных было выяснено, что данные, полученные в ходе измерительного эксперимента, хорошо согласуются с расчётными данными.

Ключевые слова: амплитудно-частотная характеристика, коэффициент передачи, интегрирующая и дифференцирующая RLC-цепи.

## Оглавление

1. Введение	4
2. Теоритическая часть	4
3. Экспериментальная установка	5
4. Ход работы	7
А. Построение амплитудно-частотной характеристики RLC – цепей	7
В. Вывод формулы АЧХ для схемы с неизвестными параметрами	12
5. Алгоритм нахождения неизвестных данных.....	11
6. Вывод	

## Введение

В работе изучались амплитудно-частотная характеристика, виды RLC – цепей, вывел формулу амплитудно-частотной характеристики для цепи с неизвестными параметрами из лабораторной работы №5.1.

Целью работы является определение типа исследуемых цепей, расчет АЧХ для цепи с неизвестными параметрами и сравнение с данными, полученными экспериментальным путем.

## Теоритическая часть

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) – это зависимость амплитуды установившихся колебаний выходного сигнала некоторой системы от частоты ее входного гармонического сигнала. АЧХ в математической теории линейных стационарных систем описывает зависимость модуля комплексной передаточной функции линейной системы от частоты. Значение АЧХ на некоторой частоте указывает, во сколько раз амплитуда сигнала этой частоты на выходе системы отличается от амплитуды выходного сигнала на другой частоте.

В математике АЧХ называют модулем комплексной функции. Для построения АЧХ обычно требуется 5-8 точек в рабочем диапазоне частот от  $\omega_{\min}$  до  $\omega_{\text{ср}}$ . На графике АЧХ в декартовых координатах по оси абсцисс откладывается частота, а по оси ординат — отношение амплитуд выходного и входного сигналов системы.

Важность АЧХ заключается в том, что благодаря ей мы представляем как работает аудиоаппаратура. Чем ровнее линия графика, тем лучше АЧХ у аппаратуры. Аппаратура с хорошей АЧХ правильно воспроизводит все низкие, средние и высокие частоты, в верных пропорциях.

АЧХ приемных каналов средств радиолокации, связи и других радиотехнических систем характеризуют их помехозащищенность. Необходимо учесть, что при цифровой обработке сигналов АЧХ становится периодически повторяющейся, поэтому паразитные полосы приёма (так

называемые боковые лепестки АЧХ) в цифровых средствах должны подавляться на этапе аналоговой обработки сигналов.

С помощью амплитудно-частотной характеристики можно узнать полосу пропускания. Полоса пропускания – это диапазон частот, в пределах которого АЧХ радиотехнической цепи или устройства достаточно равномерна, чтобы обеспечить передачу сигнала без существенного искажения его формы. Для того, чтобы определить полосу пропускания необходимо определить максимальную амплитуду сигнала, на уровне 70% от максимальной амплитуды провести линию и определить частоты точек пересечения этой линии с графиком АЧХ, тогда полоса пропускания будет равна разности максимальной и минимальной частоты.

АЧХ может быть определена аналитически через формулы, либо экспериментально. Любое устройство предназначено для передачи (или усиления) электрических сигналов. АЧХ устройства определяется по зависимости коэффициента передачи (или коэффициента усиления) от частоты. Коэффициент передачи – это отношение напряжения на выходе цепи к напряжению на ее входе.

—

– напряжение на выходе цепи

– напряжение на входе цепи

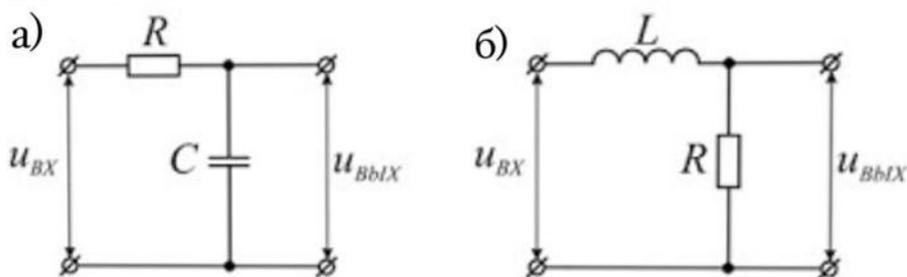
В усилительных устройствах коэффициент передачи больше единицы. Если устройство вносит ослабление передаваемого сигнала, то коэффициент передачи меньше единицы.

### **Экспериментальная установка**

Оборудование, необходимое для проведения измерений: генератор низкой частоты, осциллограф, набор радиотехнических схем.

Далее следует ввести 2 вида RC-цепей: интегрирующие и дифференцирующие

### 1. Интегрирующие цепи

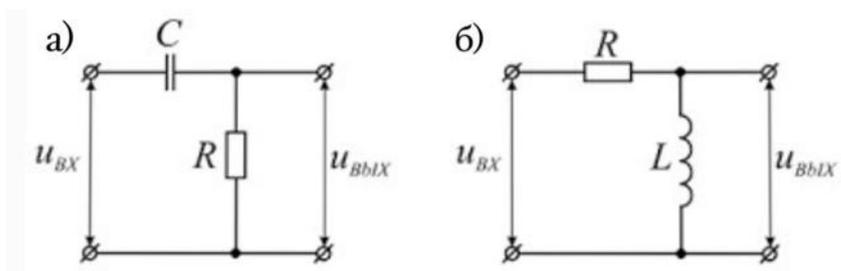


— при

– емкостное сопротивление (импеданс)

– активное сопротивление

### 2. Дифференцирующие цепи



— при

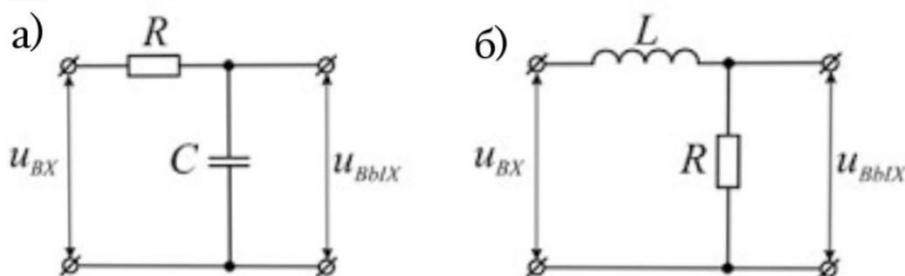
Главное отличие интегрирующих от дифференцирующих цепей кроется в их названии: низкочастотный сигнал интегрирующая цепочка пропускает практически без искажений, в отличие от высокочастотного сигнала, который интегрируется. Низкочастотный сигнал, пропускаемый через дифференцирующую цепочку дифференцируется.

## Ход работы

В ходе работы провел измерения входного и выходного напряжений на схемах из лабораторной работы №5.1.

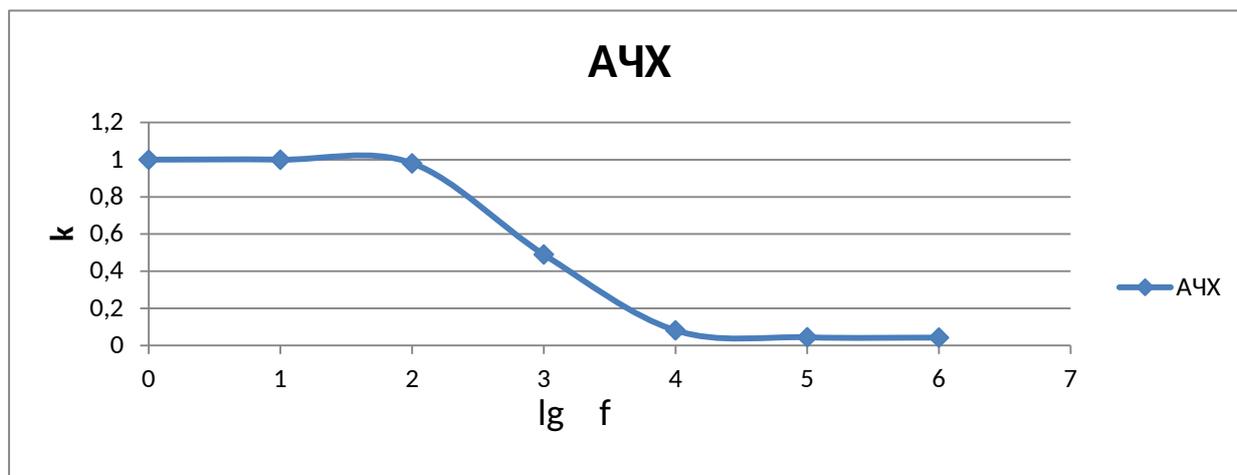
После этого построил график амплитудно-частотной характеристики для каждой из схем и определил тип RC-цепи. Для цепи с неизвестными параметрами была выведена формулу, по которой рассчитывается АЧХ.

## Построение амплитудно-частотной характеристики RLC – цепей

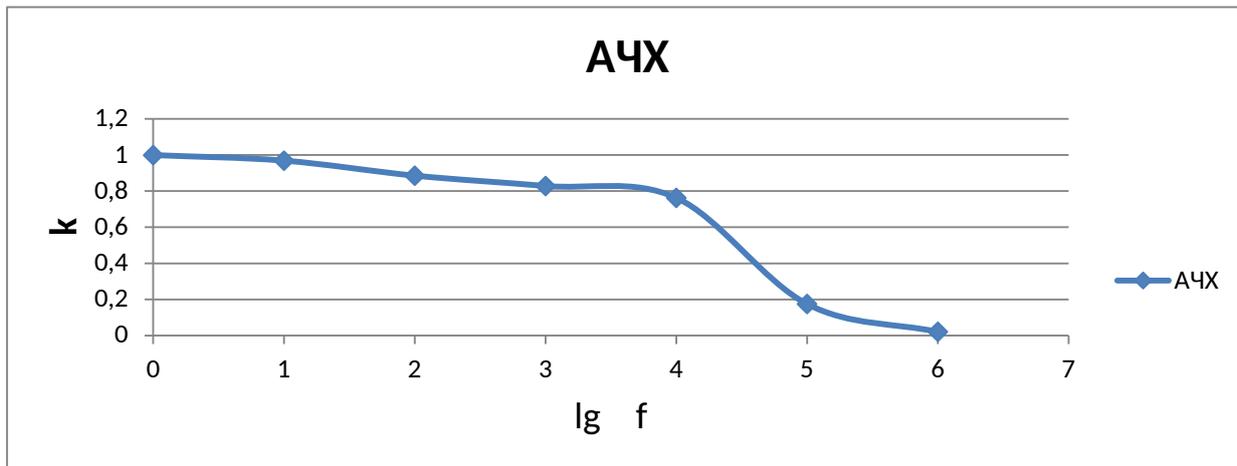


1.

Общий вид АЧХ для гармонического сигнала для схемы а):

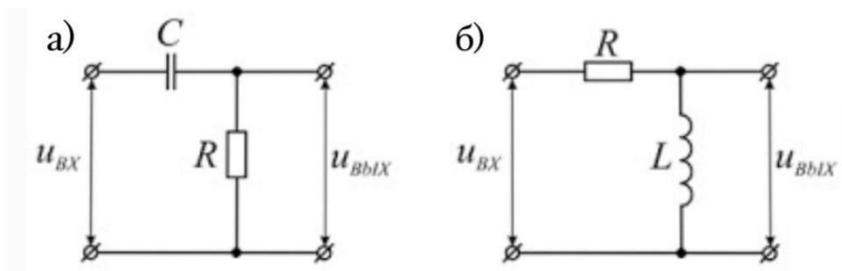


Общий вид АЧХ для гармонического сигнала для схемы б):

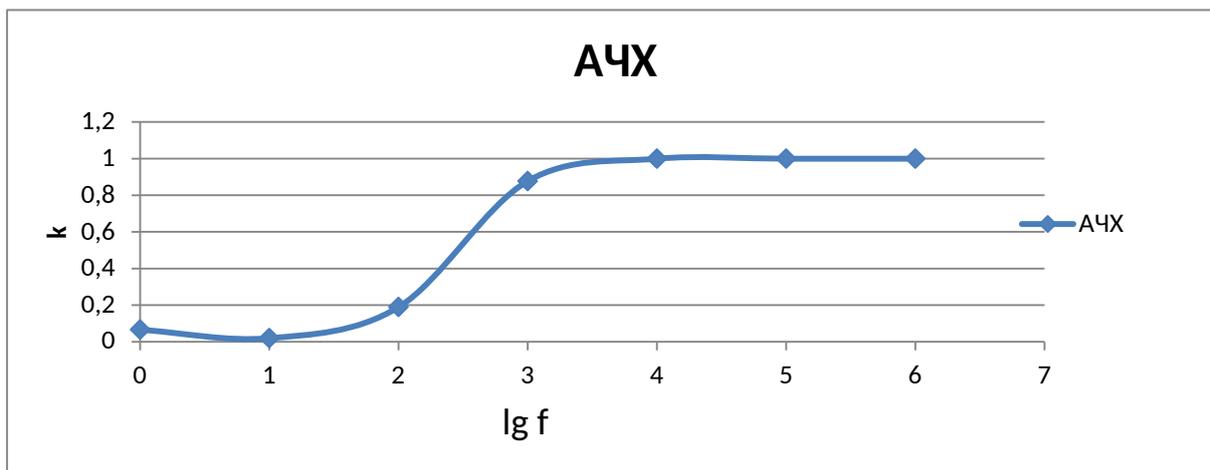


На данных графиках видно, что при низких частотах сигнал передается практически без изменений ( , следовательно можно сделать вывод, что данные цепи являются интегрирующими.

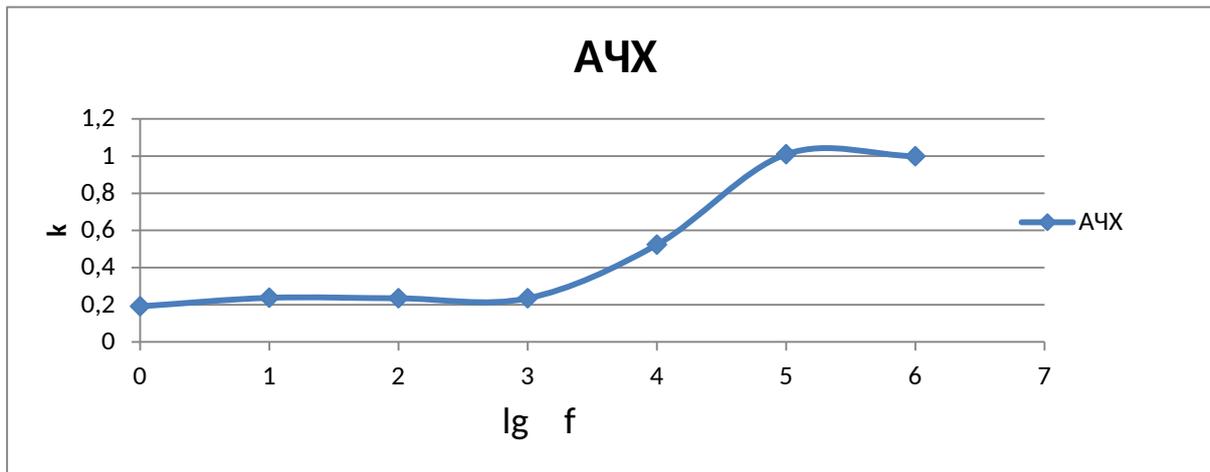
2.



Общий вид АЧХ гармонического сигнала для схемы а):

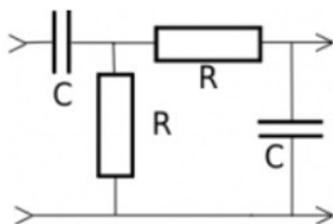


Общий вид АЧХ гармонического сигнала для схемы б):

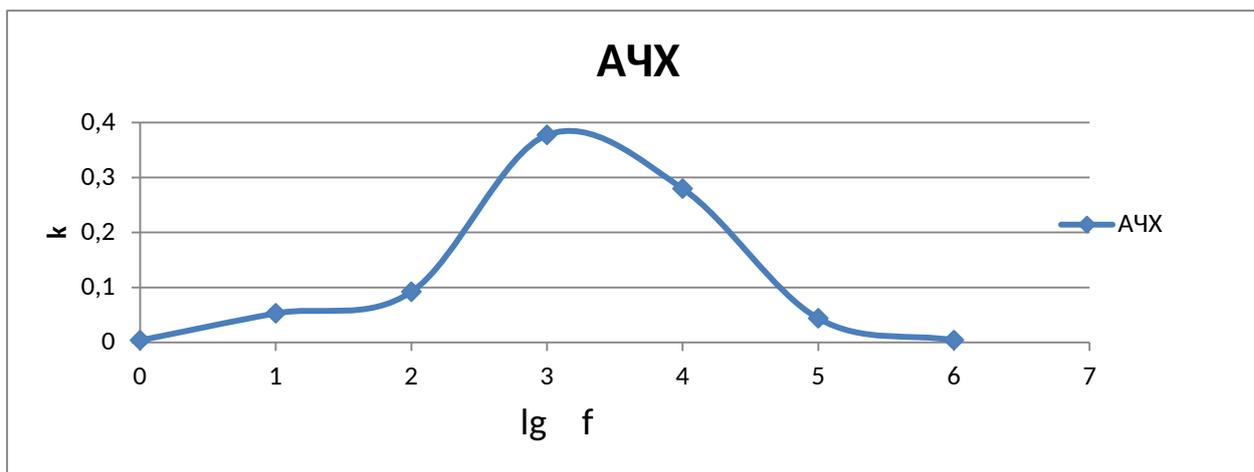


На данных графиках видно, что при высоких частотах сигнал передается практически без изменений ( , следовательно можно сделать вывод, что данные цепи являются дифференцирующая.

3.

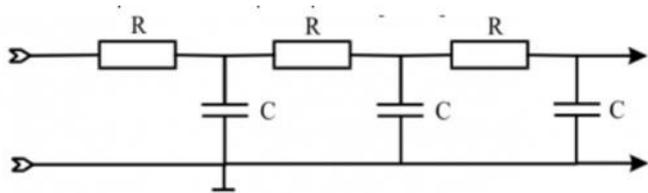


Общий вид АЧХ гармонического сигнала для схемы:

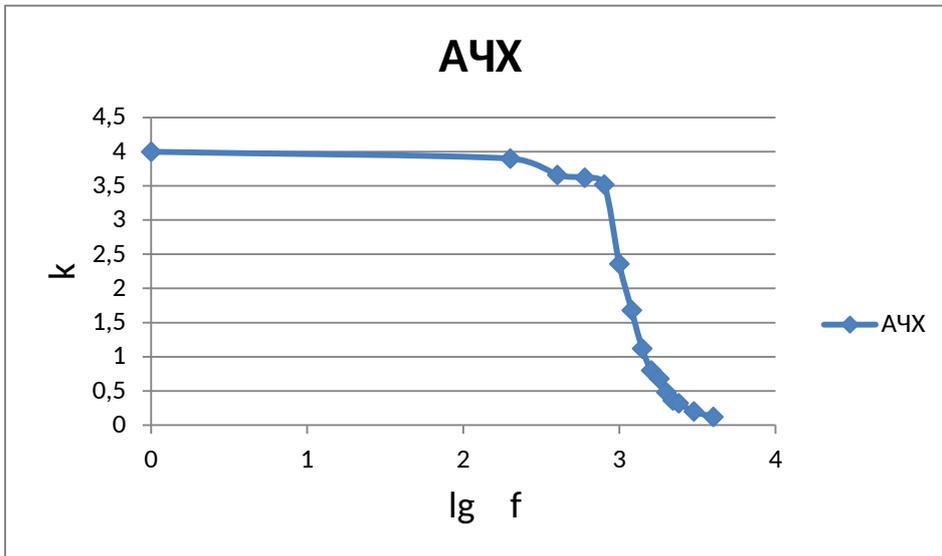


Выше представлен полосовой фильтр – цепь, пропускающая составляющие, находящиеся в некоторой полосе частот.

4.

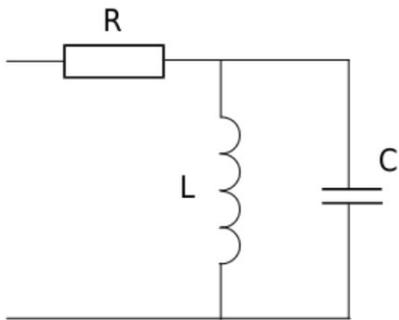


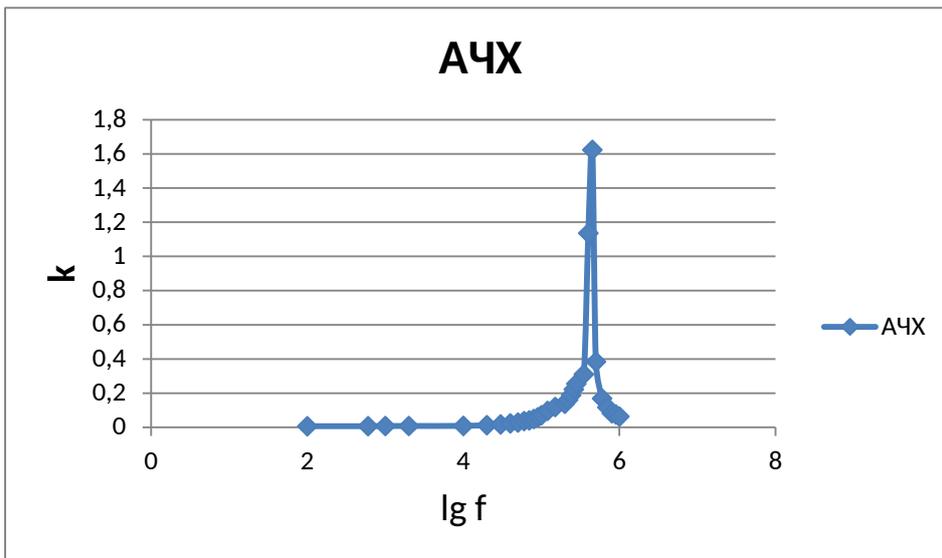
Общий вид АЧХ гармонического сигнала для схемы:



Выше представлена цепь фильтра низких, частот, состоящая из многих звеньев.

5. Ниже представлен график АЧХ для схемы с неизвестными параметрами





### Алгоритм нахождения неизвестных данных

1. Измерить  $R$  – сопротивление с помощью мультиметра. Получил  $R = 1$  кОм
2. Определить резонансную частоту. В данном эксперименте резонансная частота равна 450 кГц
3. В данной цепи контур может быть заменен элементом с комплексным сопротивлением

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Падение напряжения выражается с помощью формулы делителя напряжения

\_\_\_\_\_

Преобразуя это выражение, получил

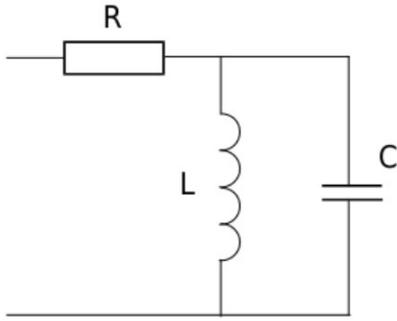
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Подставляя в эту формулу значения получил индуктивность  $L = 7,6$  мГн
6. Из формулы \_\_\_\_\_ найдем  $C$ , получил  $C = 6,5$  нФ

## Вывод формулы АЧХ для схемы с неизвестными параметрами



Нашел импеданс параллельного соединения катушки и конденсатора:

$$\frac{1}{Z_{LC}} = \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{-j\omega C}$$

Далее нашел комплексный коэффициент передачи

$$K = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{Z_{LC}}{R + Z_{LC}}$$

Чтобы посчитать вещественное значение АЧХ, нужно взять модуль комплексного

$$|K| = \frac{|Z_{LC}|}{|R + Z_{LC}|}$$

Далее подставил данные, рассчитанные для цепи с неизвестными параметрами, в формулу. Взял частоту  $\omega = 1000$  Гц,  $L =$  ,  $C = 6,5$  нФ,  $R = 1$ кОм и подставим в выше представленную формулу. Получили следующие результаты:

$$|K| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$

Рассчитаем амплитудно-частотную характеристику на основе экспериментальных данных на частоте  $\omega = 1000$  Гц :

$$|K| =$$

---

Отсюда можно увидеть, что АЧХ полученные разными способами примерно равны, что доказывает правильность моей формулы.

### **Вывод**

В ходе лабораторной работы была исследована амплитудно-частотная характеристика, построены графики амплитудно-частотной характеристики, определен тип некоторых исследуемых цепей, была выведена формула амплитудно-частотной характеристики для цепи с неизвестными параметрами, были сравнены АЧХ, полученная формульным путем, с подстановкой рассчитанных данных в формулу, и АЧХ, полученная экспериментально. Были получены следующие результаты: АЧХ, полученная формульным путем, численно примерно равна АЧХ, полученной экспериментально.

### **Список литературы**

1. [Войшвилло Г. В. Усилительные устройства: Учебник для ВУЗов - М.: Радио и связь, 1983.](#)
2. [Бессонов В.В. Радиоэлектроника для начинающих](#)
3. <https://www.ruselectronic.com/achh-and-fchh/>