



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
СРЕДНЕГО (ПОЛНОГО) ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

ЛИЦЕЙ ПРИ СПБГУТ

Физические и математические основы интернет-технологий (ФМОИТ)

Богураев М.В.

«Измерение АЧХ и ФЧХ фильтров на RLC элементах»

Методические указания к выполнению лабораторной работы

Санкт - Петербург
2010

Богураев М.В. «Измерение АЧХ и ФЧХ фильтров на RLC элементах». Методические указания к выполнению лабораторной работы. СПб: ГОУ «Лицей при СПбГУТ», 2010.

Измерение АЧХ и ФЧХ фильтров на RLC элементах.

Цель работы

Приобрести навыки работы с лабораторными приборами; получить практическое подтверждение теоретического материала.

Теоретические основы

Для разделения электрических сигналов с разными частотами используют электрические фильтры. Разделение сигналов с разными частотами называют фильтрацией сигналов. Устройство для фильтрации называют электрическим фильтром, частотным фильтром или просто фильтром. Чаще всего о работе фильтра судят по двум характеристикам: амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и фазово-частотная характеристика (ФЧХ). Эти характеристики измеряют, подавая на фильтр сигналы гармонической формы. АЧХ – это отношение амплитудного значения сигнала на выходе фильтра к амплитудному значению сигнала на входе фильтра: $\frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}}$. Фазово-частотная

характеристика – это разность фаз между сигналом на выходе фильтра и сигналом на входе фильтра: $\varphi_{ВЫХ} - \varphi_{ВХ}$. Измерение этих характеристик производят на ряде частот, которые входят в некий частотный диапазон. Этот диапазон определяется или частотой среза фильтра, или резонансной частотой фильтра. Одна точка на графике АЧХ – это отношение сигнала на выходе фильтра к сигналу на входе фильтра на одной частоте. Ряд таких точек образует график АЧХ. Одна точка на графике ФЧХ – это разность фаз между сигналом на выходе фильтра и сигналом на входе фильтра на одной частоте. Ряд таких точек образует график ФЧХ. В основе фильтрации сигналов лежит эффект зависимости сопротивления реактивных элементов от частоты сигнала. Так, сопротивление конденсатора обратно пропорционально частоте, и с ростом частоты сигнала сопротивление конденсатора уменьшается:

$$\overset{\circ}{Z}_C = \frac{1}{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C},$$

где $\overset{\circ}{Z}_C$ - сопротивление конденсатора, f - частота входного сигнала в герцах, C – величина ёмкости конденсатора.

Сопротивление катушки индуктивности с ростом частоты сигнала увеличивается:

$$\overset{\circ}{Z}_L = j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L,$$

где $\overset{\circ}{Z}_L$ - сопротивление катушки индуктивности, f - частота входного сигнала в герцах, L – величина индуктивности катушки индуктивности.

Если фильтр состоит из двух элементов, например, RC – фильтр или RL – фильтр, тогда говорят о частоте среза. Частота среза рассчитывается по формуле:

$$f_{CP} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}, \text{ или } f_{CP} = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot L},$$

где f_{CP} - частота среза, R – величина сопротивления, C – величина ёмкости, L – величина индуктивности катушки индуктивности.

Если в состав фильтра входят резистор, конденсатор и катушка индуктивности (RLC – фильтр), тогда говорят о частоте резонанса. Частоту резонанса находят по формуле:

$$f_P = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}},$$

где f_P – частота резонанса, L – индуктивность катушки, C – ёмкость конденсатора. Величина сопротивления R на частоту резонанса не влияет, она влияет на то, как сильно RLC – фильтр будет ослаблять частоты близкие к частоте резонанса.

Подбирая различные сочетания резисторов, конденсаторов и катушек индуктивности можно получать фильтры с разными характеристиками АЧХ и ФЧХ.

Порядок выполнения работы «Измерение АЧХ и ФЧХ фильтров на RLC элементах».

1. Настройка измерителя АЧХ и ФЧХ
 - 1.1. Запустите программу Pc_Lab2000se
 - 1.2. В появившемся окне программы нажмите кнопку Circuit Analyzer
 - 1.3. В появившемся окне Bode Plotter сделайте следующие настройки
 - 1.3.1. В поле Vertical Scale выберите Volts
 - 1.3.2. В поле Frequency Range выберите 10 kHz
 - 1.3.3. В поле Frequency Start выберите 100 Hz
 - 1.3.4. В поле V Range (справа от поля графика) выберите 1V
 - 1.3.5. Убедитесь, что имеются галочки Log. Freq. Scale и Log. Freq. Steps
 - 1.3.6. В меню Options выберите Frequency Step Size (рис. 1)
 - 1.3.7. В появившемся окошке Frequency Step выберите шаг в 10% (рис. 2) и закройте окошко.
 - 1.3.8. В меню View выберите Phase Plot для отображения ФЧХ (рис. 3)

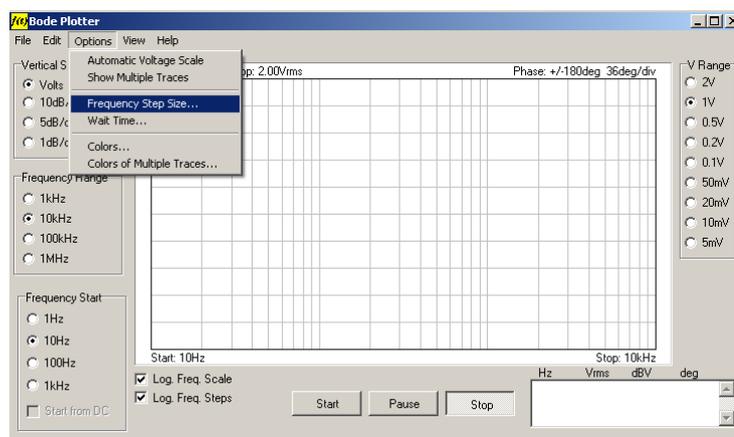


Рис. 1. Выбор шага изменения частоты.

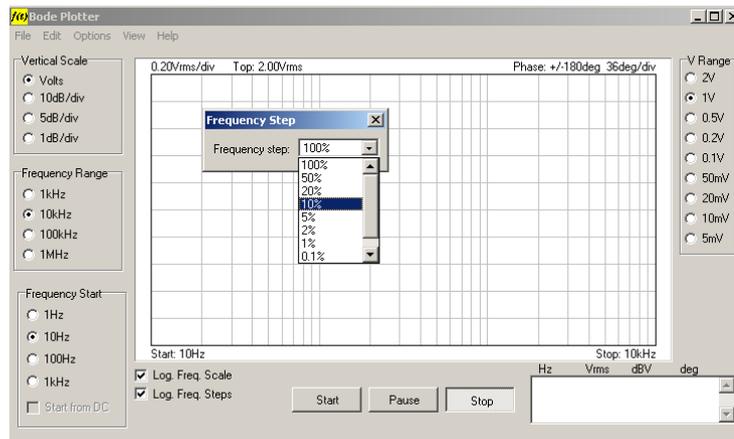


Рис. 2. Установка шага изменения частоты.

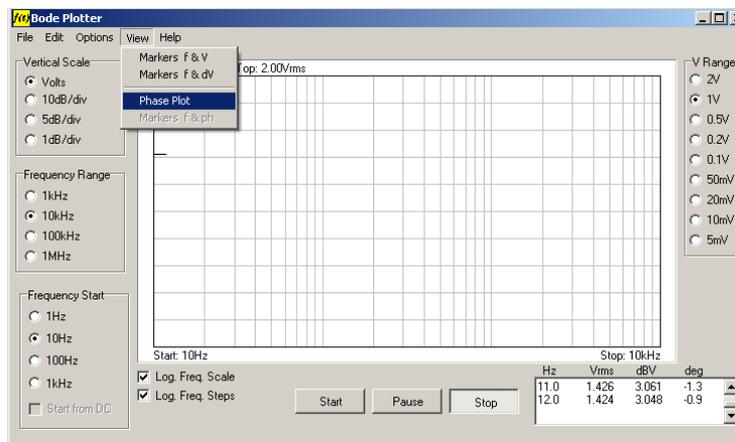


Рис. 3. Включение функции отображения ФЧХ.

2. Соединение приборов и лабораторного макета.
 - 2.1. Один выход «Out» генератора PCGU1000 соедините с клеммами макета
 - 2.1.1. Красный крокодильчик присоедините к клемме 1
 - 2.1.2. Чёрный крокодильчик присоединить к клемме 2
 - 2.2. Второй выход «Out» генератора PCGU1000 соедините со входом CH2 осциллографа PCSU1000
 - 2.2.1. Чёрные крокодильчики соедините вместе
 - 2.2.2. Красный крокодильчик присоедините к щупу осциллографа
3. Соединение осциллографа PCSU1000 с макетом
 - 3.1. Вход CH1 осциллографа PCSU1000 соедините с макетом
 - 3.1.1. Чёрный крокодильчик соедините с клеммой 4
 - 3.1.2. Щуп прибора соедините с клеммой 3
4. Проведение измерения
 - 4.1. В окне Bode Plotter нажмите кнопку Start
 - 4.1.1. Наблюдайте на экране осциллографа сигналы входа и выхода схемы
5. Сохранение изображения
 - 5.1. В меню файл выберите «Save Image» (Рис. 4)
 - 5.2. Затем выберите место для сохранения файла (Рис. 5)

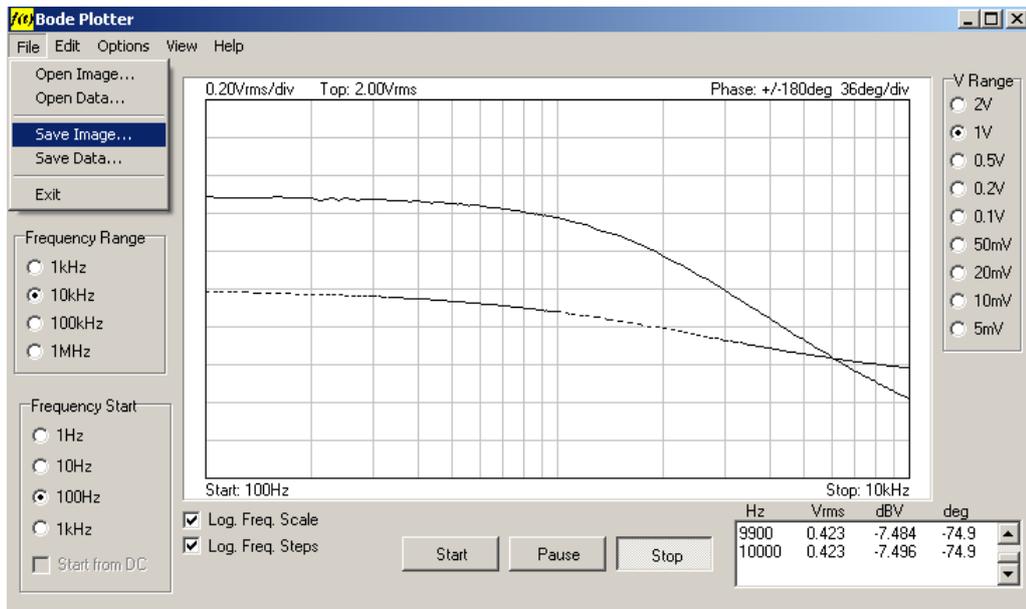


Рис. 4. Сохранение изображения графиков.

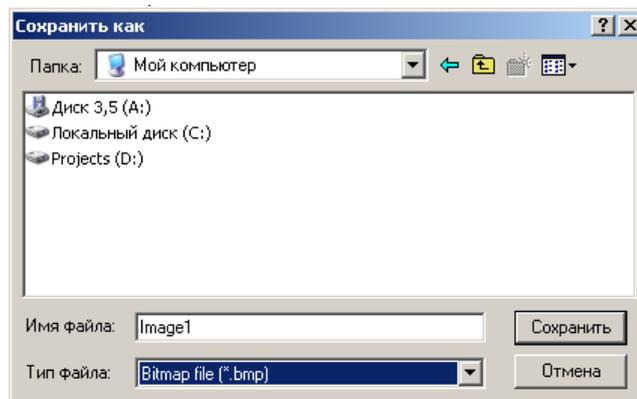


Рис. 5. Выбор места сохранения файла.

Примечание: моделирование даёт более точные результаты, если учитывать паразитное сопротивление катушки. Для этого элемент «двухполюсник индуктивность» на схеме заменяют на «RL двухполюсник», в котором R и L соединены последовательно. В таком двухполюснике L равняется индуктивности катушки на макете, а R – принимают равным паразитному сопротивлению катушки индуктивности на макете. Величина R (паразитного сопротивления катушки) на макетах варьируется от 113 до 188 Ом. Для моделирования можно взять 150 Ом.

Схемы электрические принципиальные к лабораторной работе

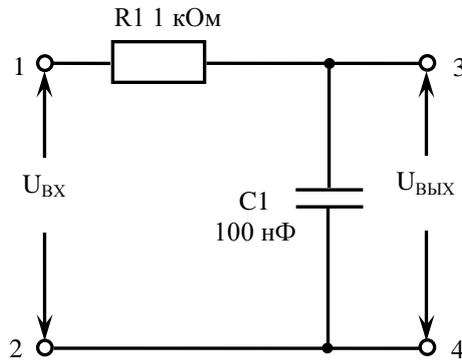


Рис. 1. Схема RC фильтра низких частот.

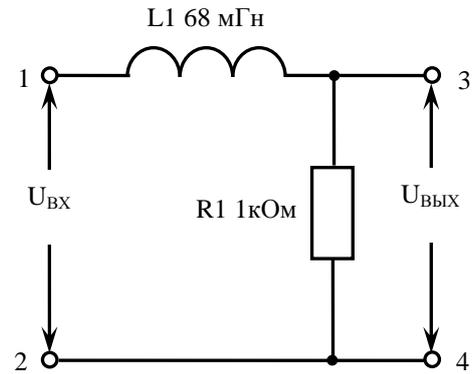


Рис. 2. Схема RL фильтра низких частот.

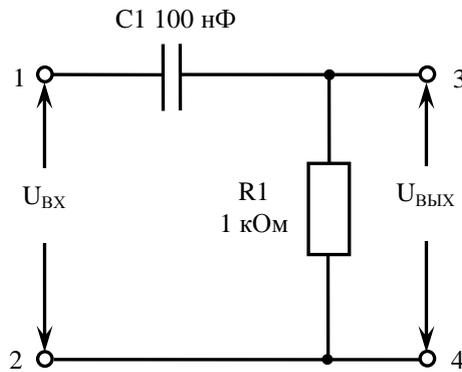


Рис. 3. Схема RC фильтра высоких частот.

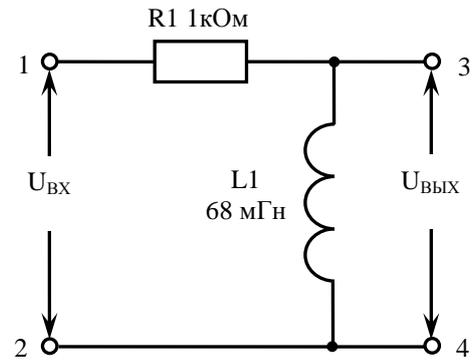


Рис. 4. Схема RL фильтра высоких частот.

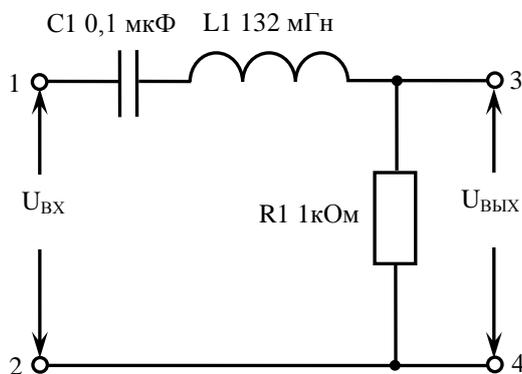


Рис. 5. Схема RLC полосового фильтра.

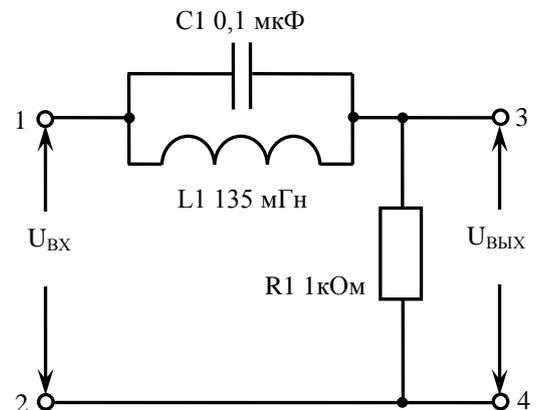


Рис. 6. Схема RLC режекторного фильтра.

Рис. 1. RC ФНЧ – макеты №1, №2. Рис. 2. RL ФНЧ – макеты №3, №4. Рис. 3. RC ФВЧ - макеты №5, №6. Рис. 4. RL ФВЧ – макеты №7, №8. Рис. 5. Полосовой фильтр – макеты №9, №10. Рис. 6. Режекторный фильтр – макеты №11, №12.

Контрольные вопросы

1. Что такое АЧХ?
2. Что такое ФЧХ?
3. Что обозначает одна точка на АЧХ?
4. Что обозначает одна точка на ФЧХ?
5. Как зависит сопротивление конденсатора от частоты?
6. Как зависит сопротивление катушки индуктивности от частоты?
7. Как рассчитать частоту среза RC – фильтра?
8. Как рассчитать частоту среза RL – фильтра?
9. Как рассчитать частоту резонанса RLC фильтра?
10. Как влияет величина сопротивления R на частоту резонанса RLC фильтра?

Оглавление:	
Измерение АЧХ и ФЧХ фильтров на RLC элементах.....	3
Цель работы	3
Теоретические основы	3
Порядок выполнения работы «Измерение АЧХ и ФЧХ фильтров на RLC элементах».	4
Схемы электрические принципиальные к лабораторной работе.....	7
Контрольные вопросы.....	8
Список рисунков:	
Рис. 1. Выбор шага изменения частоты.....	4
Рис. 2. Установка шага изменения частоты.	5
Рис. 3. Включение функции отображения ФЧХ.....	5
Рис. 4. Сохранение изображения графиков.	6
Рис. 5. Выбор места сохранения файла.	6

