

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Омский Государственный Технический Университет»  
Кафедра «Электроника»

Отчет по лабораторной работе №6  
«Исследование характеристик электрических цепей»  
По дисциплине «Теория электрических цепей»

Выполнили:  
Студент группы ПР-222.  
Зейб Н.В.  
Проверил:  
Гонтовой Е.А.

## Цель работы

Исследование частотных характеристик электрических цепей на примере фильтра нижних частот.

## Краткая теория

Дана электрическая цепь, представляющая собой схему фильтра нижних частот:

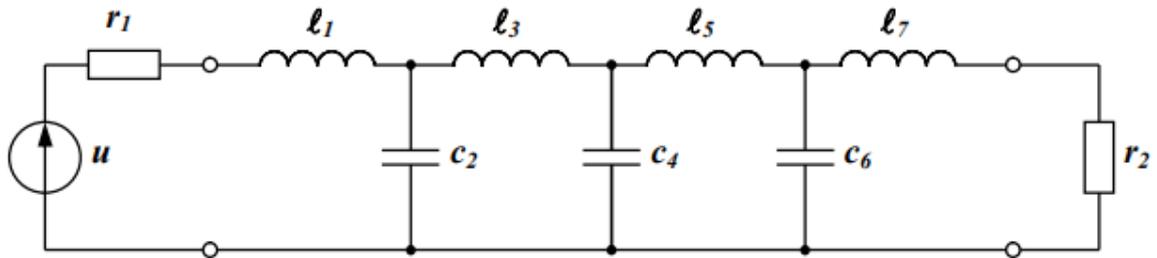


Рис. 1. Вариант реализации с индуктивностью на входной цепи

Известны номиналы элементов схемы:

$L1 := 70,57$ [мГн]	$C1 := 4943,32$ [нФ]	$R1 := 200$
[Ом]		
$L2 := 285,73$ [мГн]	$C2 := 7928,47$ [нФ]	$R2 := 200$
[Ом]		
$L3 := 285,73$ [мГн]	$C3 := 4943,32$ [нФ]	$U_{вх_m} := 1$
[В]		
$L4 := 70,57$ [мГн]		

$$u_{вх}(t) := U_{вх_m} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$$

Необходимо определить и построить частотные характеристики фильтра: ЛАЧХ и ЛФЧХ.

Для определения частотных характеристик воспользуемся методом контурных токов в сочетании с методом комплексных амплитуд.

1. В схеме исследуемой цепи выделим 4 независимых контура.
2. Произвольным образом выберем направление обхода контуров и направление

контурных токов (не забываем, что направления обхода токов должны быть в одну сторону и совпадать с направлением контурных токов).

3. Найдем комплексные сопротивления всех элементов, образующих исследуемую электрическую цепь и комплексные амплитуды всех источников электрической энергии, входящих в состав цепи.

Определим комплексные сопротивления элементов цепи:

$$Z_{R1}(f) := R_1$$

$$Z_{R2}(f) := R_2$$

$$Z_{L1}(f) := j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_1$$

$$Z_{L2}(f) := j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_2$$

$$Z_{L3}(f) := j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_3$$

$$Z_{L4}(f) := j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_4$$

$$Z_{C1}(f) := \frac{1}{j 2 \pi f C_1}$$

$$Z_{C2}(f) := \frac{1}{j 2 \pi f C_2}$$

$$Z_{C3}(f) := \frac{1}{j 2 \pi f C_3}$$

Определим комплексные амплитуды источников энергии (в исследуемой цепи имеется только один источник электрической энергии -  $u_{ex}(t)$ ):

$$U_{ex} := U_{ex_m} \cdot e^{j\omega t}$$

4. Найдем собственные комплексные сопротивления контуров:

$$R_{11}(f) := R_1 + X_{L1}(f) + X_{C1}(f)$$

$$R_{22}(f) := X_{C1}(f) + X_{L2}(f) + X_{C2}(f)$$

$$R_{33}(f) := X_{C2}(f) + X_{L3}(f) + X_{C3}(f)$$

$$R_{44}(f) := X_{C3}(f) + R_2 + X_{L4}(f)$$

5. Найдем общие комплексные сопротивления контуров:

$$R_{12}(f) = XC_1(f)$$

$$R_{21}(f) = XC_1(f)$$

$$R_{23}(f) = XC_2(f)$$

$$R_{32}(f) = XC_2(f)$$

$$R_{34}(f) = XC_3(f)$$

$$R_{43}(f) = XC_3(f)$$

Остальные равны нулю.

6. Найдем комплексные амплитуды контурных ЭДС:

$$E_1 := U_{вх} \quad E_2 := 0 \quad E_3 := 0 \quad E_4 := 0$$

7. Составим матрицу коэффициентов системы уравнений, записанной по методу контурных токов:

$$\begin{pmatrix} Z_{11}(f) & -Z_{12}(f) & 0 & 0 & 1 \\ -Z_{12}(f) & Z_{22}(f) & -Z_{23}(f) & 0 & 0 \\ 0 & -Z_{32}(f) & Z_{33}(f) & -Z_{34}(f) & 0 \\ 0 & 0 & -Z_{43}(f) & Z_{44}(f) & 0 \end{pmatrix}$$

8. Запишем матрицы, определители которых необходимы для нахождения контурного тока  $I_4$ :

$$\Delta(f) := \begin{pmatrix} R_{11}(f) & -R_{12}(f) & 0 & 0 \\ -R_{21}(f) & R_{22}(f) & -R_{23}(f) & 0 \\ 0 & -R_{32}(f) & R_{33}(f) & -R_{34}(f) \\ 0 & 0 & -R_{43}(f) & R_{44}(f) \end{pmatrix}$$

$$\Delta_4(f) := \begin{pmatrix} R_{11}(f) & -R_{12}(f) & 0 & E \\ -R_{21}(f) & R_{22}(f) & -R_{23}(f) & 0 \\ 0 & -R_{32}(f) & R_{33}(f) & 0 \\ 0 & 0 & -R_{43}(f) & 0 \end{pmatrix}$$

9. Найдём комплексную амплитуду контурного тока  $I_4$ , который является выходным током схемы:

$$I_4(f) := \frac{|\Delta_4(f)|}{|\Delta(f)|}$$

10. Найдём комплексную амплитуду выходного напряжения по закону

Ома:

$$U(f) := I_4(f) \cdot Z_{R2}$$

11. Определим ЛАЧХ и ЛФЧХ:

$$L(f) := 20 \cdot \log(|U(f)|)$$

$$\phi(f) := \frac{\arg(U(f))}{\pi} \cdot 180$$

12. Построим графики ЛАЧХ и ЛФЧХ.

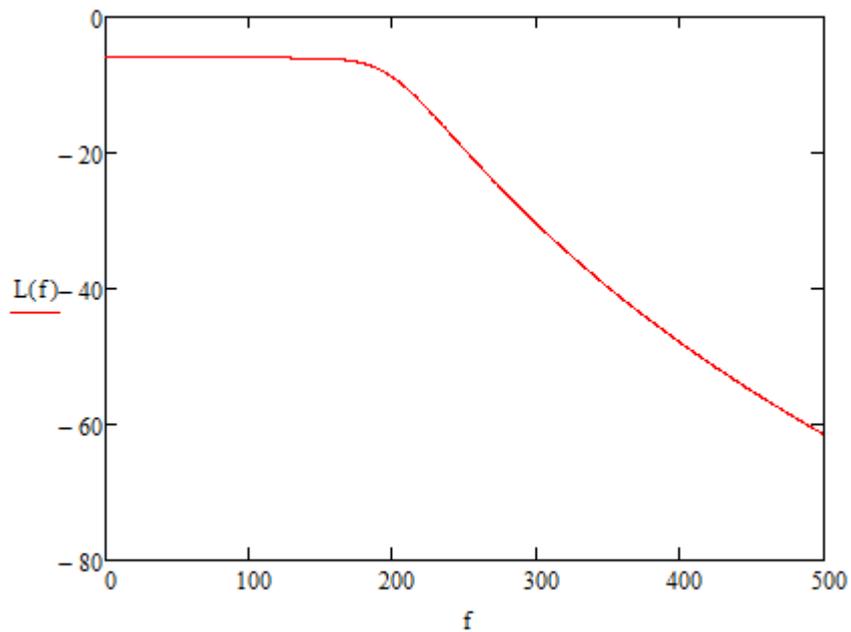


Рис.2. График ЛАЧХ

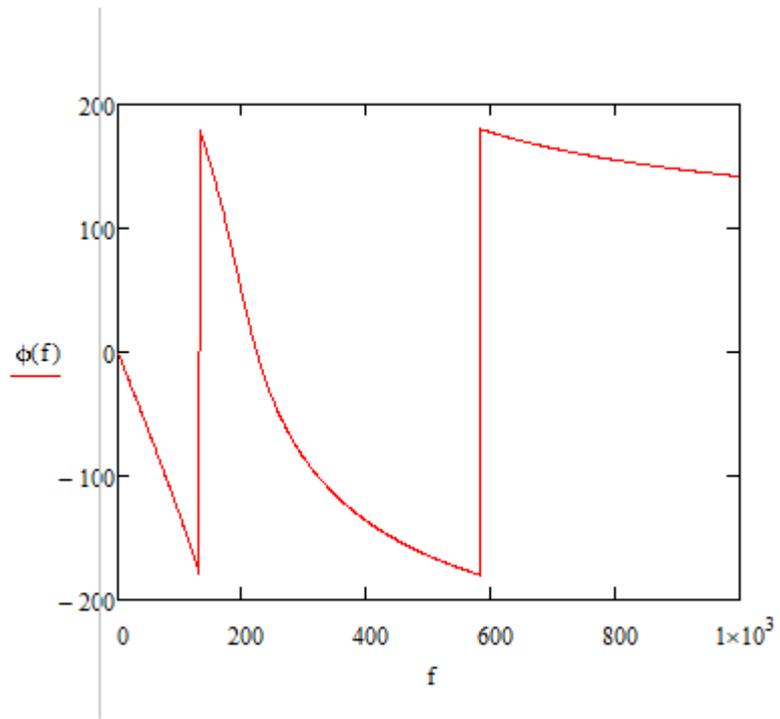


Рис.3. График ЛФЧХ

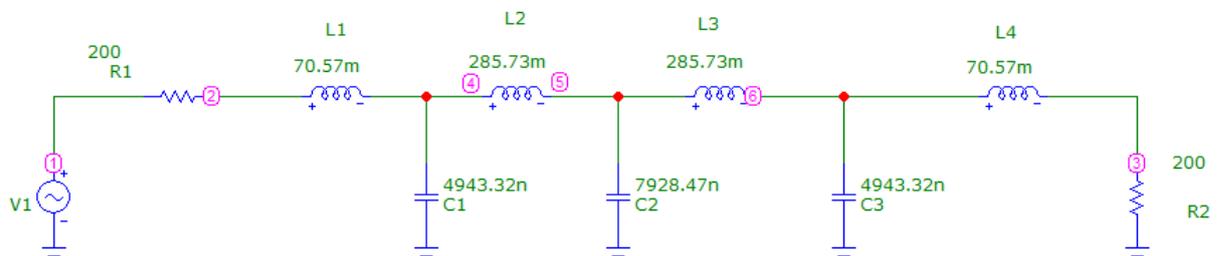


Рис. 4. Схема исследуемой электрической цепи

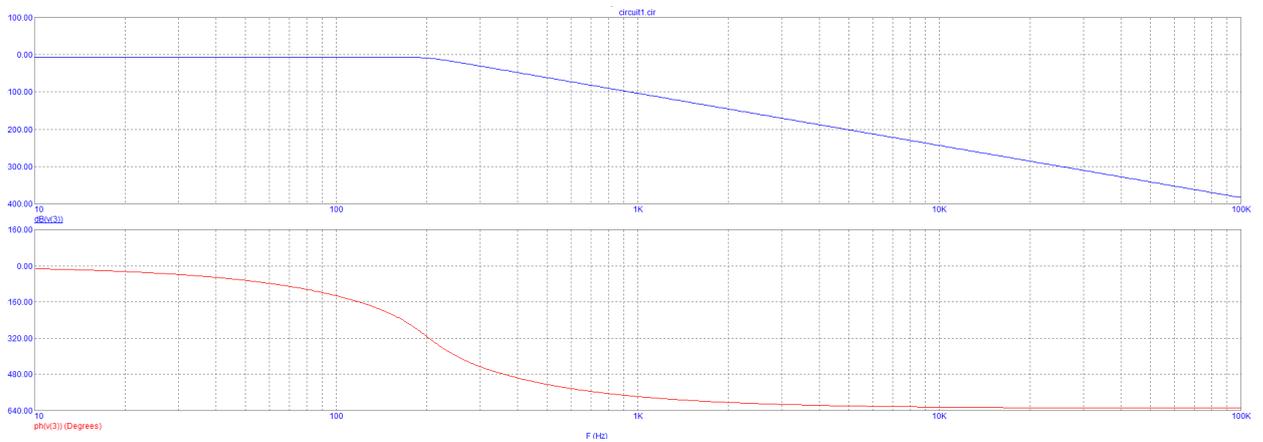


Рис. 5. График ЛАЧХ и ЛФЧХ

Вывод: В данной лабораторной работе мы исследовали частотные характеристики электрических цепей на примере фильтра нижних частот. Также смогли применить метод контурных токов.