



Федеральное агентство связи
Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»
Волго-Вятский филиал

Кафедра инфокоммуникационных
и профессиональных дисциплин

Дисциплины: "ТОЭ" и "Основы компьютерного анализа электрических
цепей"

Лабораторная работа

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Выполнил студент БИН-19

_____ В.А. Довгун

Принял доцент кафедры ИКиПД

_____ М.Г. Тылес

Нижний Новгород
2020

Вариант 8

Задаем размеры массивов данных: $\mathbf{n} := 1 \dots 5$

Номер первого элемента массивов: **ORIGIN** := 1

Вводим мнимую единицу: $\mathbf{j} := \sqrt{-1}$

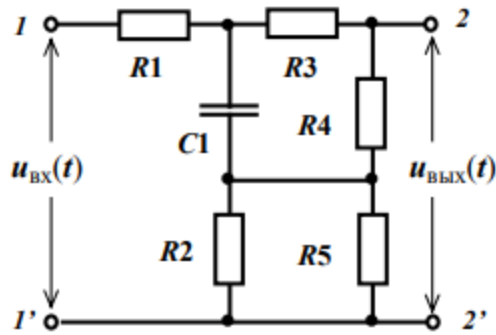


Рис. 1. Заданная цепь

Вводим значения параметров элементов цепи:

$$\mathbf{R} := \begin{pmatrix} 150 \\ 300 \\ 350 \\ 300 \\ 60 \end{pmatrix} \quad \text{Ом} \quad \begin{aligned} \mathbf{C} &:= 150 \cdot 10^{-9} \quad \Phi \\ \omega(\mathbf{f}) &:= 2\pi \mathbf{f} \end{aligned}$$

Определяем модуль реактивного сопротивления:

$$\mathbf{XC}(\mathbf{f}) := \frac{1}{\omega(\mathbf{f}) \cdot \mathbf{C}}$$

Определяем комплексные сопротивления ветвей:

$$\mathbf{R}_a(\mathbf{f}) := \frac{\mathbf{R}_1 \cdot \mathbf{R}_3 + \mathbf{R}_1 \cdot \mathbf{j} \cdot (-\mathbf{XC}(\mathbf{f})) + \mathbf{R}_3 \cdot \mathbf{j} \cdot (-\mathbf{XC}(\mathbf{f}))}{\mathbf{R}_3}$$

$$\mathbf{R}_{25} := \frac{\mathbf{R}_2 \cdot \mathbf{R}_5}{\mathbf{R}_2 + \mathbf{R}_5}$$

$$\mathbf{R}_b(\mathbf{f}) := \frac{\mathbf{R}_1 \cdot \mathbf{R}_3 + \mathbf{R}_1 \cdot \mathbf{j} \cdot (-\mathbf{XC}(\mathbf{f})) + \mathbf{R}_3 \cdot \mathbf{j} \cdot (-\mathbf{XC}(\mathbf{f}))}{\mathbf{R}_1}$$

$$\mathbf{R}_{b4}(\mathbf{f}) := \frac{\mathbf{R}_4 \cdot \mathbf{R}_b(\mathbf{f})}{\mathbf{R}_4 + \mathbf{R}_b(\mathbf{f})}$$

$$\mathbf{R}_c(\mathbf{f}) := \frac{\mathbf{R}_1 \cdot \mathbf{R}_3 + \mathbf{R}_1 \cdot \mathbf{j} \cdot (-\mathbf{XC}(\mathbf{f})) + \mathbf{R}_3 \cdot \mathbf{j} \cdot (-\mathbf{XC}(\mathbf{f}))}{\mathbf{j} \cdot (-\mathbf{XC}(\mathbf{f}))}$$

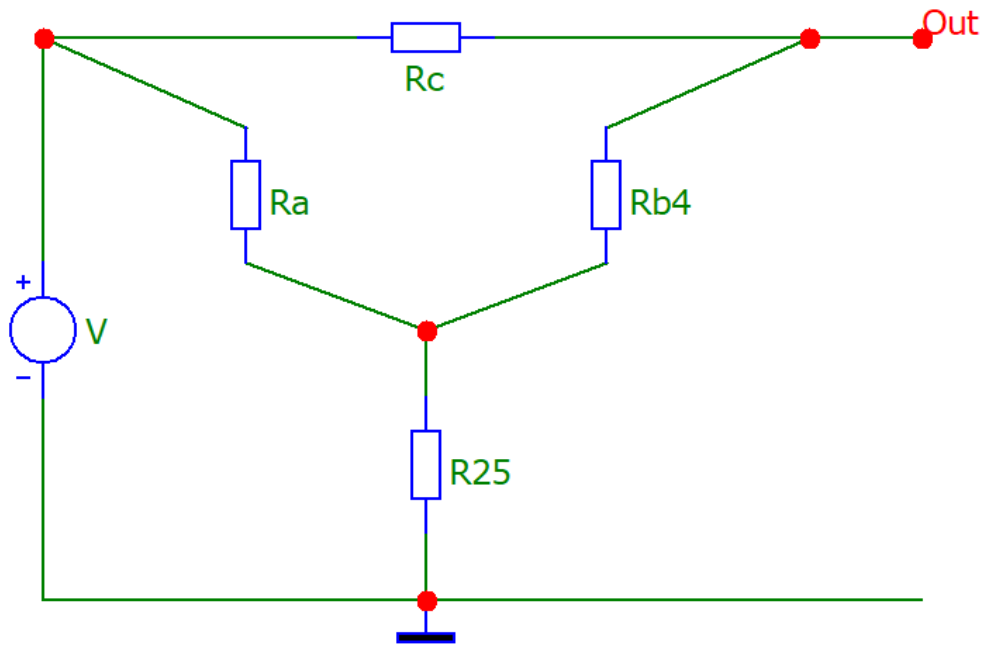


Рис. 2. Эквивалентная схема заданной цепи после преобразований

$$Z(f) := \begin{pmatrix} \frac{R_a(f) \cdot R_{25} + R_a(f) \cdot R_{b4}(f) + R_{b4}(f) \cdot R_{25}}{R_{b4}(f)} \\ \frac{R_a(f) \cdot R_{25} + R_a(f) \cdot R_{b4}(f) + R_{b4}(f) \cdot R_{25}}{R_a(f)} \\ \frac{R_a(f) \cdot R_{25} + R_a(f) \cdot R_{b4}(f) + R_{b4}(f) \cdot R_{25}}{R_{25}} \end{pmatrix}$$

$$Z_{cc}(f) := \frac{R_c(f) \cdot Z(f)_3}{R_c(f) + Z(f)_3}$$

Задаем диапазон изменения частоты для построения частотных характеристик (Гц):

$$f := 0,10 \dots 2 \cdot 10^4 \text{ Гц}$$

Комплексная функция передачи напряжения (КФПН)

В заданной цепи определяется выражением:

$$H_u(f) := \frac{Z(f)_2}{Z_{cc}(f) + Z(f)_2}$$

Строим частотные характеристики цепи:

Амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) $|H_u(f)|$

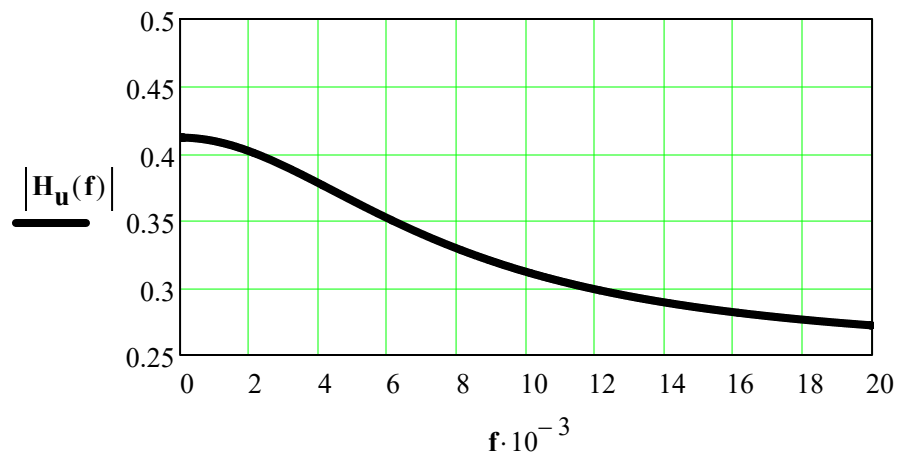


Рис. 3. Амплитудно-частотная характеристика цепи

и фазочастотную характеристику (ФЧХ) $\arg(H_u(f))$

представляя ее в градусах: $\psi_u(f) := \left(\frac{180}{\pi}\right) \cdot \arg(H_u(f))$

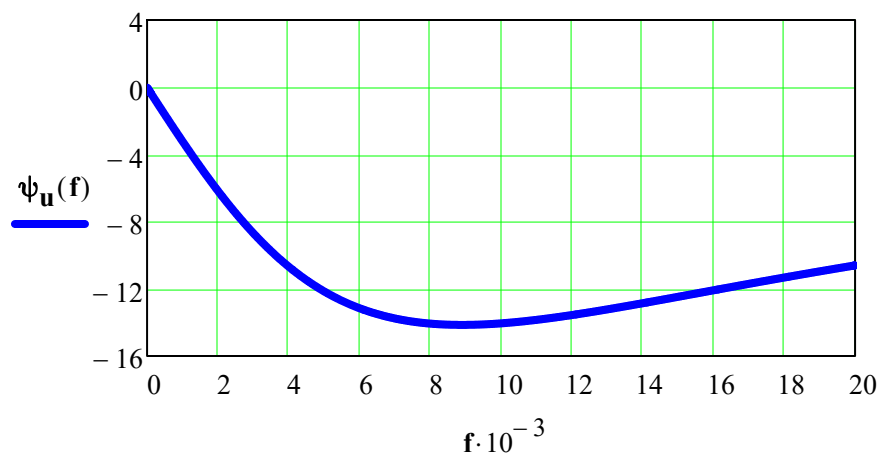


Рис. 4. Фазочастотная характеристика цепи

Строим **КФПН** $H_u(f)$ на комплексной плоскости, используя в качестве координат вещественную частотную характеристику (ВЧХ) - $\text{Re}(H_u(f))$ и мнимую частотную характеристику (МЧХ) - $\text{Im}(H_u(f))$

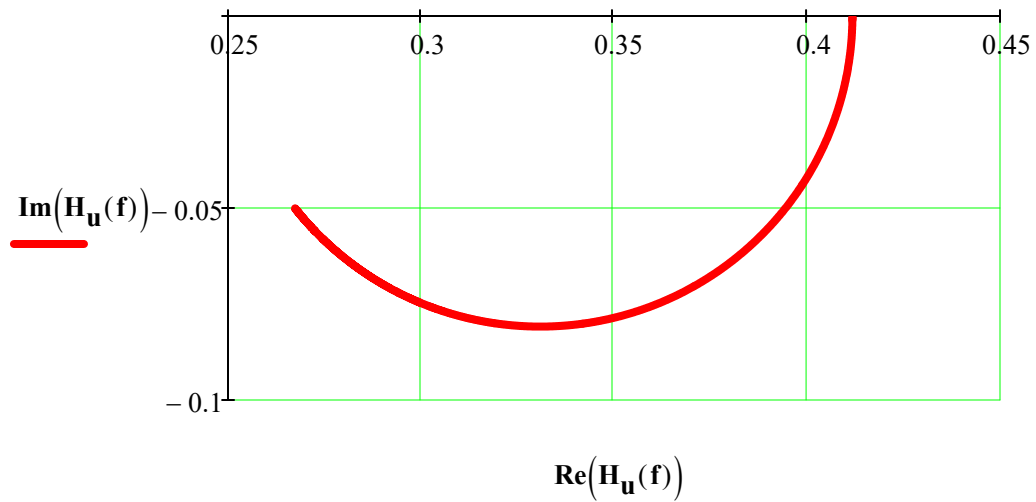


Рис. 5. КФПН

Экспериментальная часть

Составим схему в ПК "MicroCap 12"

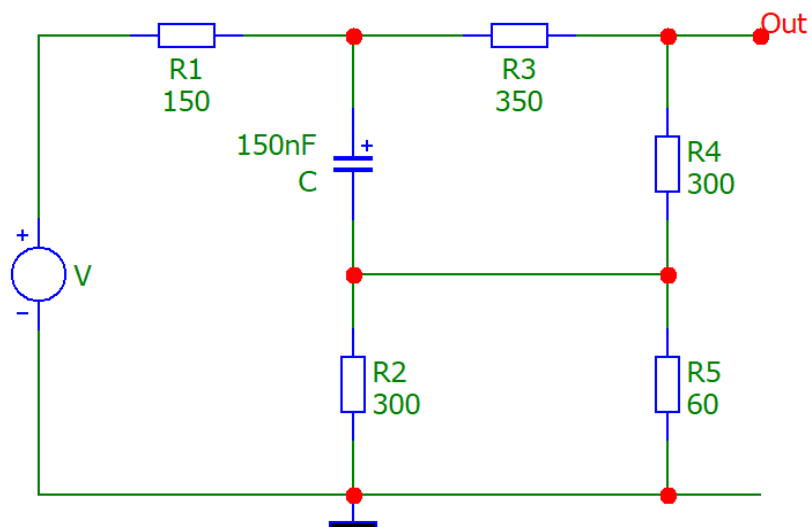


Рис. 6. Схема цепи при моделировании в ПК "MicroCap 12"

Будем использовать режим анализа, который называется:
«Анализ по переменному току при малом сигнале **AC Analysis** (Alt+2)».

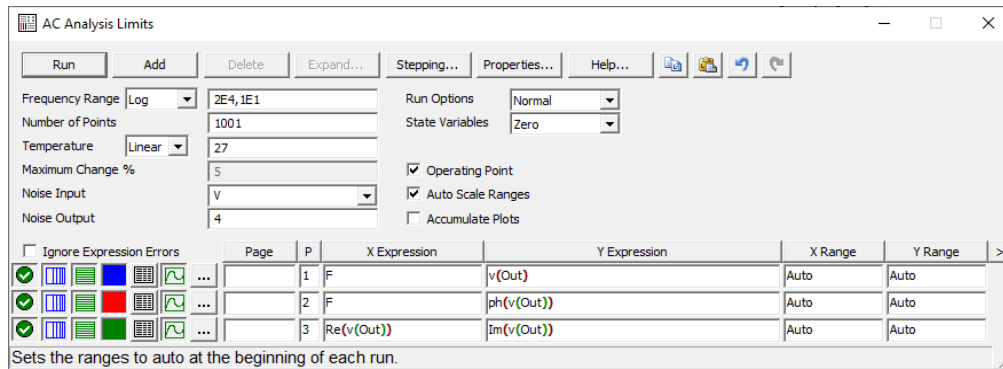


Рис. 7. Вид окна AC Analysis Limits после редактирования

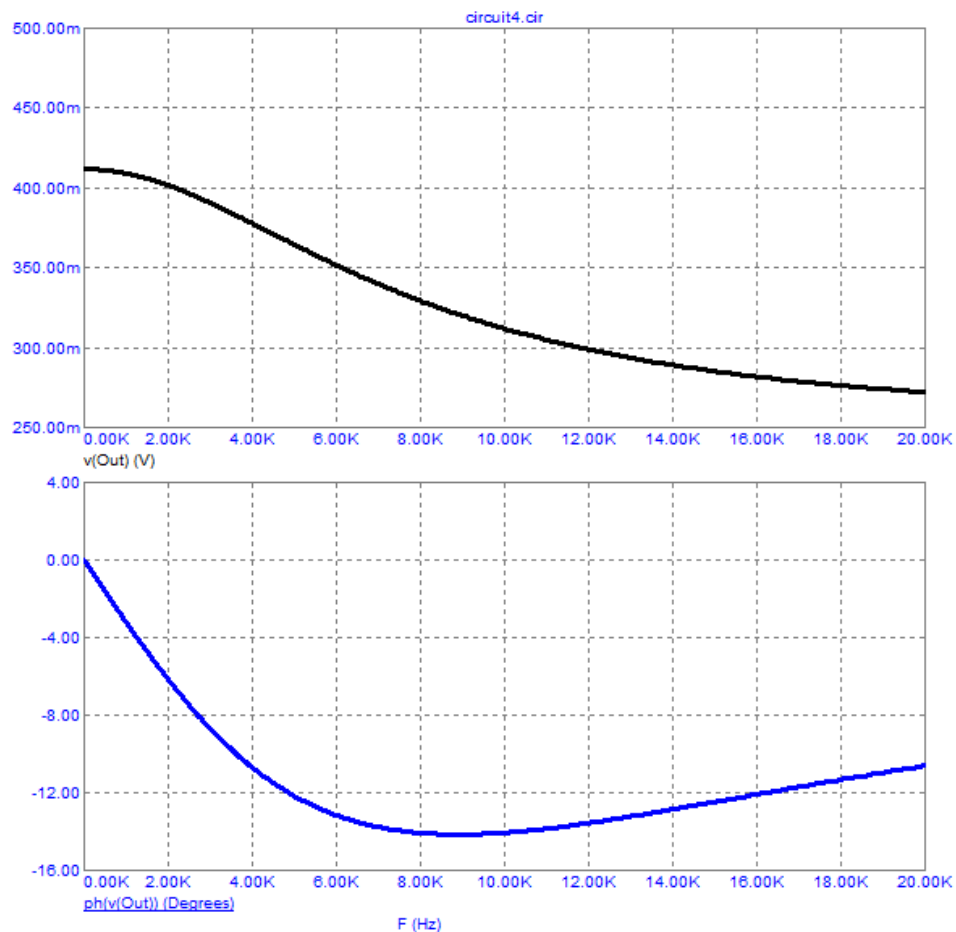


Рис. 8. Амплитудно-частотная характеристика и фазочастотная характеристика полученная в ПК "MicroCap 12"

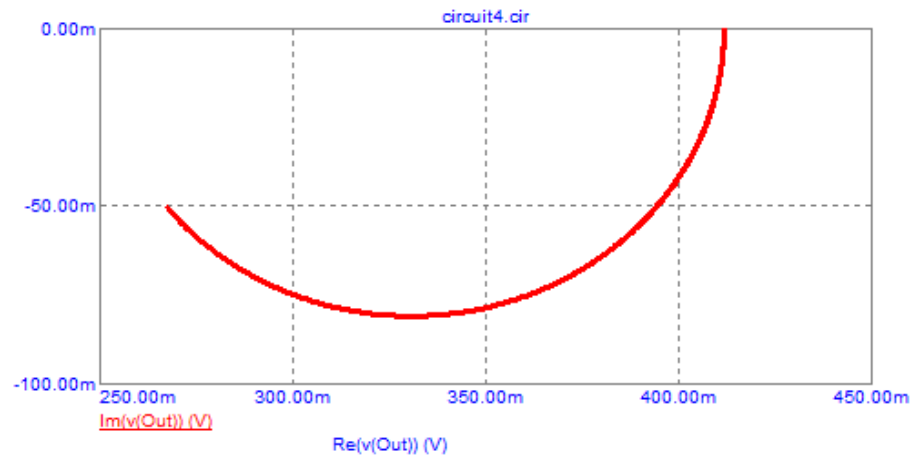


Рис. 9. КФПН в ПК "MicroCap 12"

Вывод: Таким образом, мы видим совпадение графиков расчетной и экспериментальной частей. Следовательно, была освоена методика расчета и экспериментального определения частотных характеристик линейной электрической цепи, представляемой в виде четырехполюсника.