



**«Московский государственный технический
университет
имени Н.Э. Баумана»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

ФАКУЛЬТЕТ _____ ИНФОРМАТИКИ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
КАФЕДРА _____ КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ (ИУ 6)


О т ч е т

по домашнему заданию № 2 (Вариант №7)

Дисциплина: Теоретические основы электротехники

Название домашней работы: Расчёт цепи переменного тока

Студент гр. ИУ6-34

 29.09.17
(Подпись, дата)

Габолаев Г.К.
(И.О. Фамилия)

Преподаватель

(Подпись, дата)

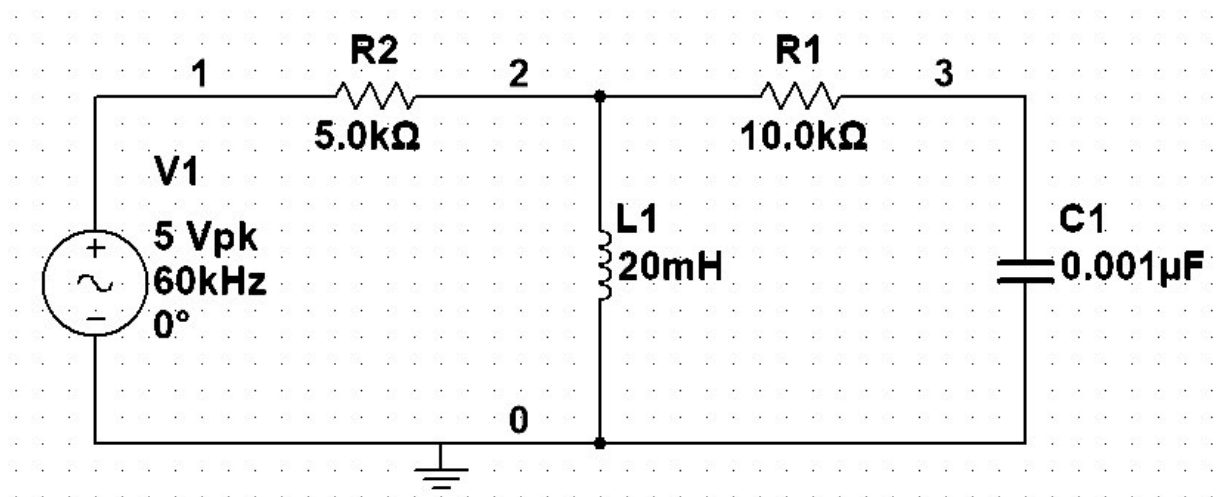
Иванов С.Р.
(И.О. Фамилия)

Задание:

1. Для приведённого на рисунке варианта схемы получить аналитическое описание коэффициента передачи цепи по напряжению $K_U(j\omega)$.
2. Используя полученное описание $K_U(j\omega)$, вычислить значение модуля коэффициента передачи по напряжению и угла сдвига по фазе между выходным и входным напряжением.
3. Пользуясь пакетом прикладных программ MultiSim построить АЧХ и ФЧХ анализируемой цепи, а также получить временные диаграммы входного и выходного токов и напряжений.
4. Сопоставить расчётные и экспериментальные данные и сделать необходимые выводы об особенностях поведения схемы во временной и частотной областях.

Выполнение:

1. Дано



Параметры:

$$f = 6 \cdot 10^4 \text{ Hz} \rightarrow \omega = 376991 \text{ Hz}$$

$$U_1 = 5 \text{ V}$$

$$L_1 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ H}$$

$$C_1 = 10^{-9} \text{ F}$$

$$R_1 = 10 \cdot 10^3 \text{ } \Omega$$

$$R_2 = 5 \cdot 10^3 \text{ } \Omega$$

Примечание:

Так как разметка математических формул моего текстового редактора не поддерживает русский язык, пришлось использовать международные обозначения величин.

2. Расчёт аналитического описания коэффициента передачи

$$\dot{K}_U(j\omega) = \frac{\dot{U}_{out}}{\dot{U}_{in}}; \quad \dot{U}_{out} = \dot{I}_{C_1} \frac{1}{j\omega C_1}; \quad \dot{U}_{in} = U_1;$$

$$\dot{I}_{C_1} = \dot{I} \frac{j\omega L_1}{R_1 + j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C_1}}; \quad \dot{I} = \frac{U_1}{\dot{Z}_{eq}};$$

$$\dot{Z}_{eq} = R_2 + \frac{j\omega L_1(R_1 + \frac{1}{j\omega C_1})}{R_1 + j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C_1}};$$

$$\dot{I}_{C_1} = \frac{U_1 j\omega L_1}{R_2(R_1 + j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C_1}) + j\omega L_1(R_1 + \frac{1}{j\omega C_1})};$$

$$\dot{K}_U(j\omega) = \frac{j\omega L_1}{j\omega C_1(R_2(R_1 + j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C_1}) + j\omega L_1(R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}))} =$$

$$= \frac{j\omega L_1}{R_2(R_1 j\omega C_1 + j^2 \omega^2 L_1 C_1 + 1) + j\omega L_1(R_1 j\omega C_1 + 1)} =$$

$$= \frac{j\omega L_1}{R_2 - \omega^2 L_1 C_1 R_2 - \omega^2 L_1 C_1 R_1 + j\omega(C_1 R_1 R_2 + L_1)} =$$

$$= \frac{j\omega L_1}{(R_2 - \omega^2 L_1 C_1(R_1 + R_2)) + j\omega(C_1 R_1 R_2 + L_1)} =$$

$$= \frac{j\omega L_1((R_2 - \omega^2 L_1 C_1(R_1 + R_2)) - j\omega(C_1 R_1 R_2 + L_1))}{(R_2 - \omega^2 L_1 C_1(R_1 + R_2))^2 - j^2 \omega^2 (C_1 R_1 R_2 + L_1)^2} =$$

$$= \frac{j\omega L_1(R_2 - \omega^2 L_1 C_1(R_1 + R_2)) - j^2 \omega^2 L_1(C_1 R_1 R_2 + L_1)}{(R_2 - \omega^2 L_1 C_1(R_1 + R_2))^2 + \omega^2 (C_1 R_1 R_2 + L_1)^2} =$$

$$= \frac{\omega^2 L_1(C_1 R_1 R_2 + L_1)}{(R_2 - \omega^2 L_1 C_1(R_1 + R_2))^2 + \omega^2 (C_1 R_1 R_2 + L_1)^2} + \frac{\omega L_1(R_2 - \omega^2 L_1 C_1(R_1 + R_2))}{(R_2 - \omega^2 L_1 C_1(R_1 + R_2))^2 + \omega^2 (C_1 R_1 R_2 + L_1)^2};$$

3. Вычисление значения модуля и коэффициента передачи по напряжению

$$|\dot{K}_U(j\omega)| = \sqrt{Re^2[\dot{K}_U(j\omega)] + Im^2[\dot{K}_U(j\omega)]} = \frac{\omega L_1}{\sqrt{(R_2 - \omega^2 L_1 C_1 (R_1 + R_2))^2 + \omega^2 (C_1 R_1 R_2 + L_1)^2}} =$$

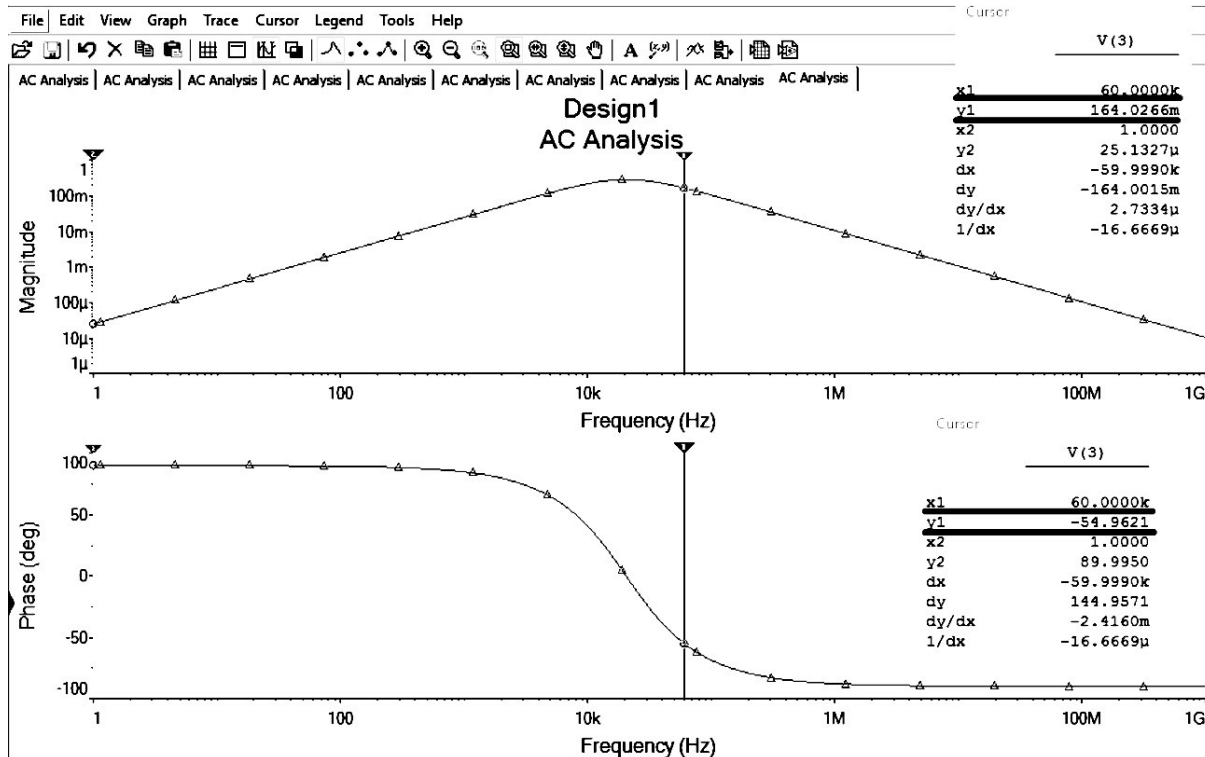
$$= \frac{376991 \text{ Hz} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ H}}{\sqrt{(5 \cdot 10^3 \Omega - (376991 \text{ Hz})^2 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ H} \cdot 10^{-9} \text{ F} \cdot (10 + 5) \cdot 10^3 \Omega)^2 + (376991 \text{ Hz})^2 (10^{-9} \text{ F} \cdot 10^4 \Omega \cdot 5 \cdot 10^3 \Omega + 2 \cdot 10^{-2} \text{ H})^2}} = 0.164$$

4. Вычисление угла сдвига по фазе между выходным и входным напряжением

$$\varphi = \arctg\left(\frac{Im[\dot{K}_U(j\omega)]}{Re[\dot{K}_U(j\omega)]}\right) = \arctg\left(\frac{R_2 - \omega^2 L_1 C_1 (R_1 + R_2)}{\omega (C_1 R_1 R_2 + L_1)}\right) =$$

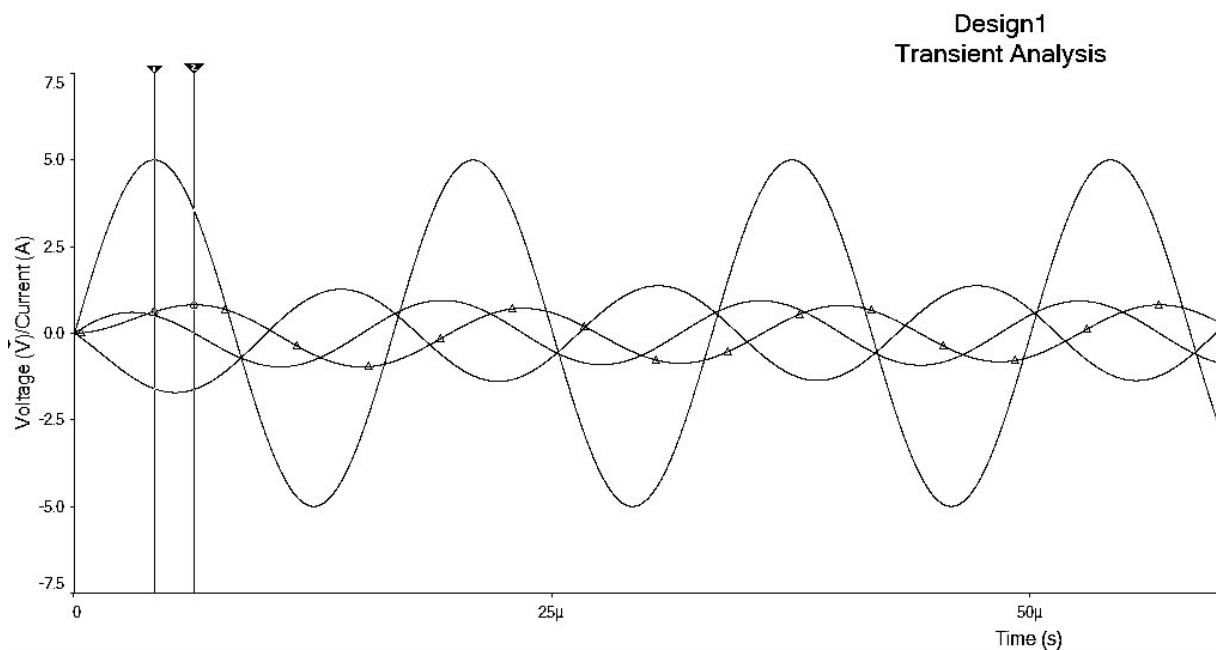
$$= \arctg\left(\frac{5 \cdot 10^3 \Omega - (376991 \text{ Hz})^2 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ H} \cdot 10^{-9} \text{ F} \cdot (5 \cdot 10^3 + 10 \cdot 10^3) \Omega}{376991 \text{ Hz} (10^{-9} \text{ F} \cdot 5 \cdot 10^3 \Omega \cdot 10^3 \Omega + 2 \cdot 10^{-2} \text{ H})}\right) = -54.9^\circ$$

5. АЧХ и ФЧХ



Отсюда: $|\dot{K}_U| = 0.164$ $\varphi = -54.96^\circ$

6. Временные диаграммы входного и выходного токов и напряжений.



	V (1)	V (3)	I (C1) *3000	I (V1) *3000
x1	4.1673μ	4.1673μ	4.1673μ	4.1673μ
y1	5.0000	621.1768m	513.0411m	-1.6012
x2	6.7573μ	6.7573μ	6.7573μ	6.7573μ
y2	3.5258	819.5215m	937.0688μ	-1.6219
dx	2.0900μ	2.0900μ	2.0900μ	2.0900μ
dy	-1.4742	198.3446m	-512.1041m	-20.6799m
dy/dx	-705.3600k	94.9017k	-245.0259k	-9.8947k
1/dx	478.4689k	478.4689k	478.4689k	478.4689k

Отсюда:

$$\varphi = \omega \cdot \Delta t;$$

$$\Delta t = (4.1673 - 6.2573) \cdot 10^{-6} \text{sec} = -2.54 \cdot 10^{-6} \text{sec};$$

$$\varphi = 376991 \text{Hz} \cdot (-2.54 \cdot 10^{-6}) \text{sec} = -0.958 \text{rad} = -54.89^\circ$$

$$|\dot{K}_U| = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{0.82V}{5V} = 0.164$$

7. Выводы

- Расчётные и экспериментальные (полученные в программе MultiSim) данные совпадают.
- Из частотной диаграммы следует, что в частотной области схема меньше всего ослабляет сигнал при средних частотах.
- Из временной диаграммы входного и выходного токов и напряжений следует, что во временной области выходной сигнал опережает входной.