

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ
Кафедра системного проектування

Лабораторна робота №FR_01

" Дослідження амплітудно-частотних та фазочастотних
характеристик електричних кіл другого порядку"

Виконав:

студент II курсу

групи ДА-92

Насікан Д. Ю.

Варіант 11

Перевірив:

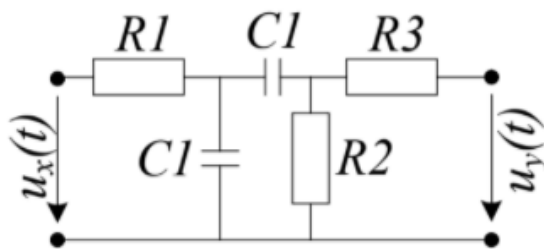
Поворознюк Н.І.

Мета роботи: Оволодіти методами аналізу і отримати навички експериментального дослідження амплітудно-частотних та фазочастотних характеристик електричних кіл.

Завдання

Розрахувати амплітудно-частотну та фазочастотну характеристики заданого електричного кола. Розрахунки перевірити числовим експериментом комп'ютерними стимуляторами Electronic Workbench, Multisim.

Варіант у списку групи – 11:



Варіант 11

$$\begin{aligned} R1 &= 8\,\Omega & R2 &:= 2 \cdot R1 = 16\,\Omega \\ R3 &:= 3 \cdot R1 = 24\,\Omega \\ L1 &= 2.4\,\text{mH} & C1 &= 166.667\,\text{nF} \end{aligned}$$

Варіанти 11

Розрахункова частина

1. Розрахувати комплексні опори (імпеданси) елементів електричного кола.
2. Визначити вираз для вихідної напруги $U_y(j\omega)$, вважаючи комплексне значення вхідної напруги $U_x(j\omega)$ відомим.
3. Визначити комплексну передавальну функцію за напругою, тобто:

$$G_U(j\omega) = \frac{U_y(j\omega)}{U_x(j\omega)} = \frac{a_2(j\omega)^2 + a_1(j\omega) + a_0}{b_2(j\omega)^2 + b_1(j\omega) + b_0}$$

4. Визначити вирази і обчислити значення коефіцієнтів чисельника і знаменника і занести їх у табл. FR 4.1.
 5. Визначити вирази і обчислити значення коренів чисельника (нулів) і знаменника (поліусів) і занести їх у табл. AC 4.1.
 6. Визначити вирази і обчислити значення кутової частоти вільних коливань ω_0 .
 7. Визначити вирази і обчислити значення добротності електричного кола Q .
- Побудувати графіки у логарифмічному масштабі (діаграми Боде) амплітудно-частотної і фазочастотної характеристики у частотному діапазоні від $0.1 \cdot \omega_0$ до $10 \cdot \omega_0$.

Хід роботи

- 1) Визначаємо комплексні опори (імпедансів) елементів кола:

$$Z_{C1} = \frac{1}{j\omega \cdot C1}$$

$$Z1 = R1 = 8$$

$$Z1 = R2 = 2R1 = 16$$

$$Z1 = R3 = 3R1 = 24$$

- 2) Визначити вираз для вихідної напруги $U_y(j\omega)$, вважаючи комплексне значення вхідної напруги $U_x(j\omega)$ відомим:

А) Визначимо вхідний комплексний опір кола:

$$Z = R_1 + \frac{ZC_1(ZC_1 + \frac{R_2R_3}{R_2 + R_3})}{2ZC_1 + \frac{R_2R_3}{R_2 + R_3}} = \frac{2ZC_1R_1 + ZC_1^2 + \frac{R_2R_3}{R_2 + R_3}(ZC_1 + R_1)}{2ZC_1 + \frac{R_2R_3}{R_2 + R_3}}$$

Б) Визначимо вхідний комплексний струм кола:

$$I = \frac{U_x}{Z} = \frac{U_x}{\frac{2ZC_1R_1 + ZC_1^2 + \frac{R_2R_3}{R_2 + R_3}(ZC_1 + R_1)}{2ZC_1 + \frac{R_2R_3}{R_2 + R_3}}} = \frac{U_x(2ZC_1 + \frac{R_2R_3}{R_2 + R_3})}{2ZC_1R_1 + ZC_1^2 + \frac{R_2R_3}{R_2 + R_3}(ZC_1 + R_1)}$$

В) Визначимо вихідну напругу кола:

$$IC_1 = \frac{U_x(2ZC_1 + \frac{R_2R_3}{R_2 + R_3})}{2ZC_1R_1 + ZC_1^2 + \frac{R_2R_3}{R_2 + R_3}(ZC_1 + R_1)} * \frac{ZC_1}{2ZC_1 + \frac{R_2R_3}{R_2 + R_3}}$$

$$U_y = IC_1 * Z_{23} = U_x \frac{ZC_1R_2R_3}{(R_2 + R_3)(2ZC_1R_1 + ZC_1^2 + \frac{R_2R_3}{R_2 + R_3}(ZC_1 + R_1))}$$

- 3) Визначаємо комплексну передавальну функцію за напругою:

$$Gu(j\omega) = \frac{U_y}{U_x} = \frac{ZC_1R_2R_3}{(R_2 + R_3)(2ZC_1R_1 + ZC_1^2 + \frac{R_2R_3}{R_2 + R_3}(ZC_1 + R_1))}$$

Після підстановки значень маємо:

$$Gu(j\omega) = \frac{\frac{1}{C_1R_1}j\omega}{j^2\omega^2 + (\frac{2R_1 + \frac{R_2R_3}{R_2 + R_3}}{C_1R_1}j\omega + \frac{1}{C_1^2R_1\frac{R_2R_3}{R_2 + R_3}})}$$

- 4) Обчислюємо значення коефіцієнтів чисельника і знаменника і заносимо їх у табл. FR 4.1:

FR 4.1

Значення коефіцієнтів чисельника	a0	a1	a2
	0	75000	0
Значення коефіцієнтів знаменника	b0	b1	b2
	4.6879×10^{11}	2.000008×10^6	1
Сталі часу	τC	τL	
	3.688×10^{-6}	5.784×10^{-7}	
Значення коренів чисельника(нулів)	z1	z2	Q=0.34234
	0	0	
Значення коренів знаменника(полісів)	p1	p2	
	-271130	-1728870	

- 5) Визначаємо вирази і обчислюємо значення коренів чисельника (нулів), знаменника (полісів) і занести їх у табл. FR 4.1.

$$\begin{pmatrix} z1 \\ z2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} p1 \\ p2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -271130 \\ -1728870 \end{pmatrix}$$

- 6) Визначаємо вирази і обчислюємо значення кутової частоти вільних коливань ω_0 :

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{C1^2 R1 \frac{R2 R3}{R2 + R3}}} = 684682.4 \frac{1}{c}$$

- 7) Визначаємо вирази і обчислюємо значення добротності електричного кола Q:

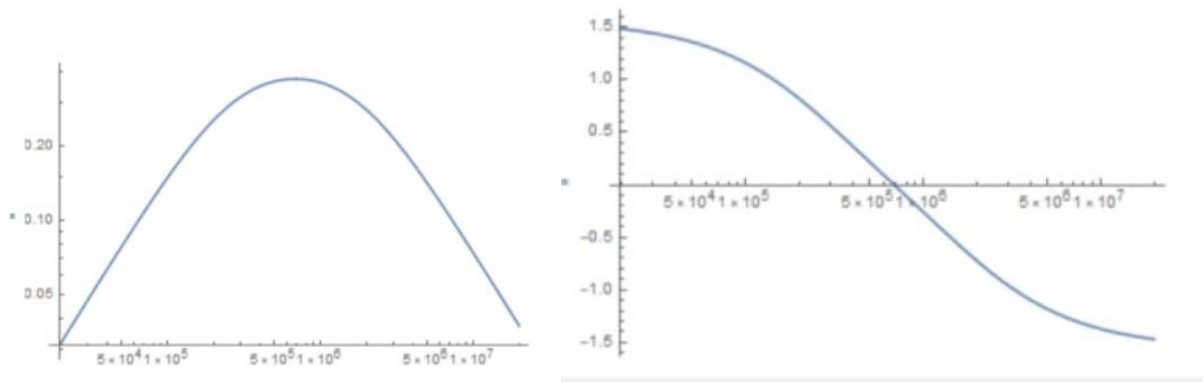
$$Q=0.34234$$

- 8) Визначимо амплітудно-частотну та фазочастотну характеристики:

$$Gu(w) = |Gu(jw)| = \left| \frac{\frac{1}{C1 R1} j\omega}{j^2 \omega^2 + \left(\frac{2R1 + \frac{R2 R3}{R2 + R3}}{C1 R1 \frac{R2 R3}{R2 + R3}} \right) j\omega + \frac{1}{C1^2 R1 \frac{R2 R3}{R2 + R3}}} \right|$$

$$\varphi u(\omega) = \arg \left(\frac{\frac{1}{C_1 R_1} j\omega}{j^2 \omega^2 + \left(\frac{2R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}}{C_1 R_1} \right) j\omega + \frac{1}{C_1^2 R_1 \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}}} \right)$$

9) Побудуємо графіки амплітудно-частотної і фазочастотної характеристики (графік 1 та графік 2):



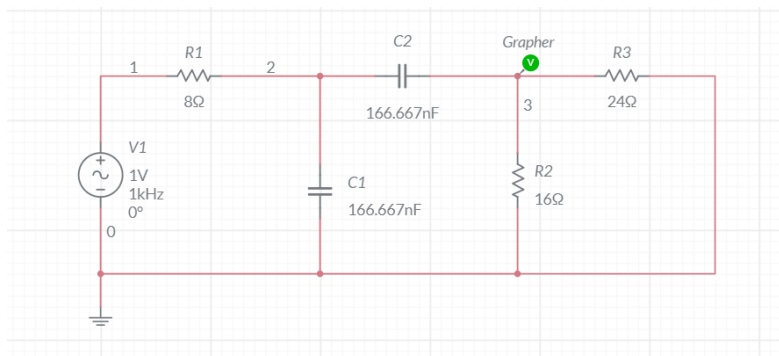
10) Визначаємо сталі часу:

$$t_c = 3.688 \cdot 10^{-6}$$

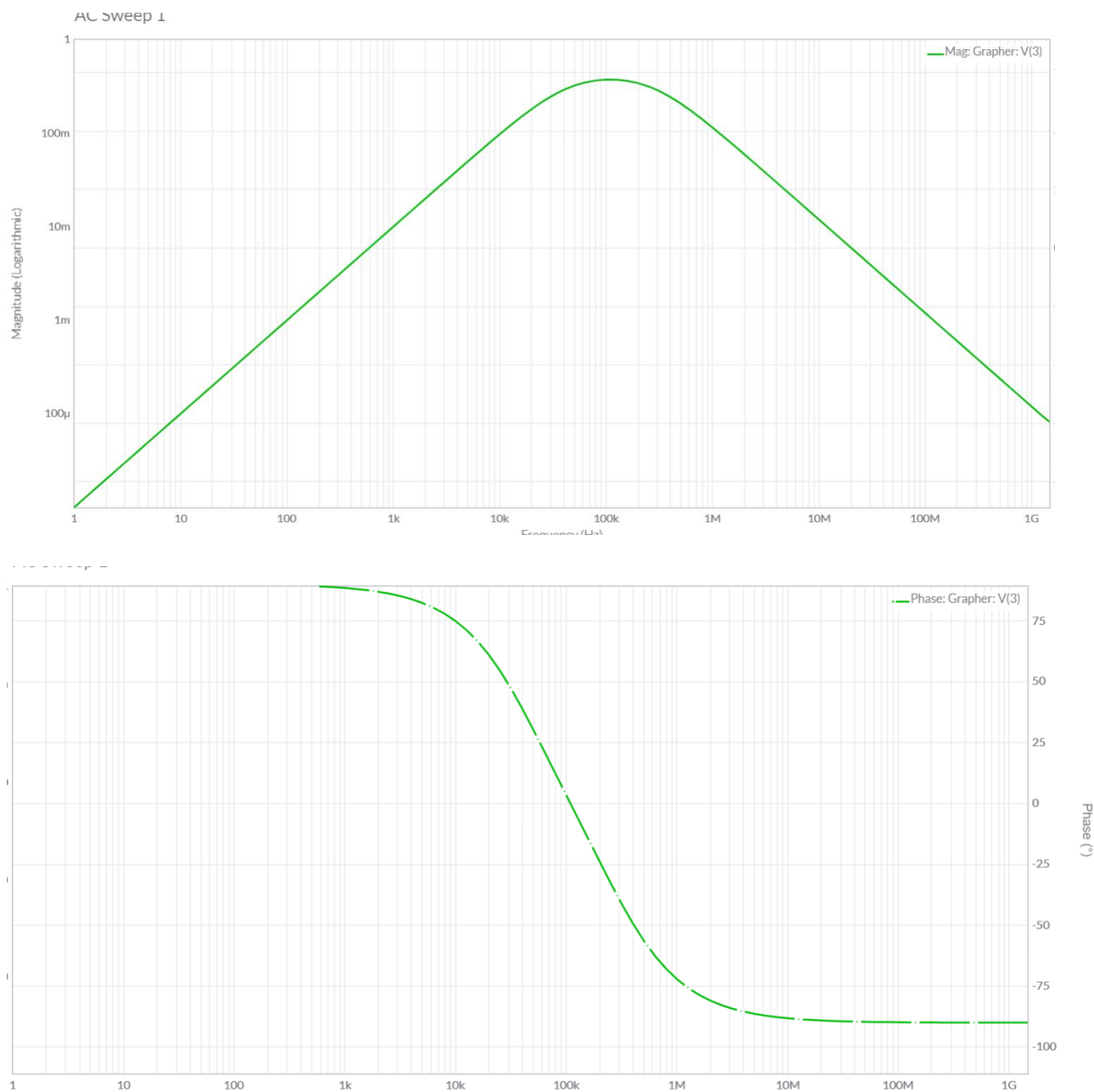
$$t_l = 5.784 \cdot 10^{-7}$$

Експериментальна частина

Побудуємо засобами Multisim Live модель заданого електричного кола та встановлюємо значення параметрів елементів кола відповідно до свого варіанта.



Запускаємо процес симуляції і отримуємо зображення амплітудно- частотних і фазочастотних характеристик заданого електричного кола (графік 1 та графік 2).



Висновки

У ході даної лабораторної роботи мною була розрахована вихідна напруга для кола з мого варіанту, далі, був знайдений вираз для передавальної функції, обчислені коефіцієнти при многочленах функції, знайдені корені многочленів, кутова частота, добротність електричного кола. Також були знайдені вирази для функцій амплітудно-частотної та фазо-частотної характеристик. Графіки функцій амплітудно-частотної та фазо-частотної характеристик збігаються з отриманими результатами експериментальної частини.