

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ЕОА**

**ЗВІТ**

з лабораторної роботи №6  
по курсу «Основи теорії кіл -2»  
на тему «Частотні характеристики лінійних ланцюгів»

Виконав:

студент гр. ДК-82

Сопіра Р. Я.

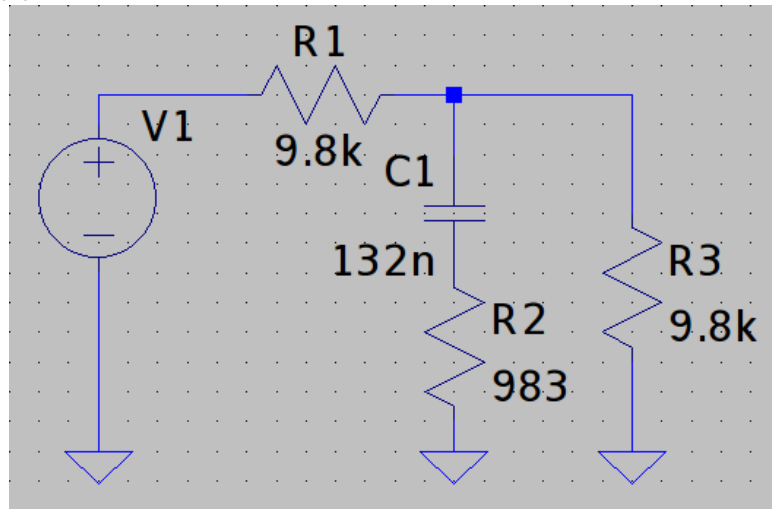
Перевірив:

доцент

Короткий Є. В.

Київ – 2020

## Дослідження частотних властивостей RC кола



Мал. 1

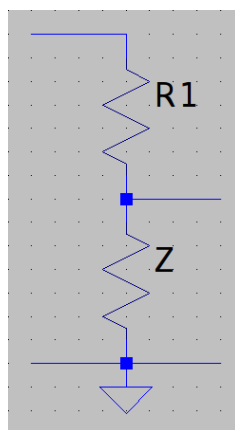
Використані значення:

$$R_1 = R_3 = 9.8 \text{ кОм}, \quad R_2 = 983 \text{ Ом},$$

$$C_1 = 9.8 \text{ кОм}$$

### Теоретичний розрахунок

Коло на мал. 1 можна спростити до подільника напруги, де один із опорів, а саме  $Z$ , є залежним від частоти вхідного гармонічного сигналу.



Мал. 2

Напруга на виході такого подільника  $U_{вих} = \frac{U_{вх} \cdot Z}{R_1 + Z}$ , звідки виходить

наступне:

$$K_v = \frac{\dot{z}}{R_1 + \dot{z}} \quad z = \frac{R_3 \dot{x}_0}{R_3 + \dot{x}_0} \quad \dot{x}_0 = R_2 + \dot{x}_c$$

$$\dot{x}_0 = R_2 - \frac{j}{\omega C} = a_x + j b_x$$

$$\dot{z} = \frac{R_3(a_x + j b_x)}{(R_3 + a_x) + j b_x} = \frac{(R_3 a_x + j R_3 b_x) \cdot ((R_3 + a_x) - j b_x)}{((R_3 + a_x) + j b_x)((R_3 + a_x) - j b_x)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{R_3^2 a_x + R_3 a_x^2 - j R_3 a_x b_x + j R_3 b_x + j R_3 a_x b_x + R_3 b_x^2}{(R_3 + a_x)^2 + b_x^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left[ \frac{R_3^2 a_x + R_3 a_x^2 + R_3 b_x^2}{(R_3 + a_x)^2 + b_x^2} + j \frac{R_3^2 b_x}{(R_3 + a_x)^2 + b_x^2} \right] \quad (z)$$

$$z = a_z + j b_z$$

$$K_v = \frac{a_z + j b_z}{(R_1 + a_z) + j b_z} \cdot \frac{((R_1 + a_z) - j b_z)}{((R_1 + a_z) - j b_z)} =$$

$$= \frac{a_z(R_1 + a_z) - j a_z b_z + j b_z(R_1 + a_z) + b_z^2}{(R_1 + a_z)^2 + b_z^2} =$$

$$= \frac{a_z(R_1 + a_z) - j a_z b_z + j a_z b_z + j R_1 b_z + b_z^2}{(R_1 + a_z)^2 + b_z^2}$$

$$= \left[ \frac{a_z(R_1 + a_z) + b_z^2}{(R_1 + a_z)^2 + b_z^2} + j \frac{R_1 b_z}{(R_1 + a_z)^2 + b_z^2} \right] \quad (K_v)$$

$$K_v = a_k + j b_k$$

$$|K_v| = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}$$

$$\Delta \varphi = \arctg\left(\frac{b_k}{a_k}\right)$$

Побудуємо таблицю для кількох значень модуля та аргументу  $K_u(\omega)$ , розраховуючи кожен комплексну величину окремо для кожної частоти з обраного інтервалу:

$$X_c(\omega_i) \rightarrow X_0(\omega_i) \rightarrow Z(\omega_i) \rightarrow K_u(\omega_i)$$

f, Hz	X0		Z		Ku	
	Re	Im	Re	Im	Re	Im
100	9,83E+02	-1,21E+04	5,84E+03	-4,43E+03	4,20E-01	-1,64E-01
500	9,83E+02	-2,41E+03	1,32E+03	-1,90E+03	1,43E-01	-1,46E-01
1000	9,83E+02	-1,21E+03	1,00E+03	-9,84E+02	1,00E-01	-8,19E-02
5000	9,83E+02	-2,41E+02	8,98E+02	-1,99E+02	8,42E-02	-1,70E-02
10000	9,83E+02	-1,21E+02	8,95E+02	-9,96E+01	8,37E-02	-8,53E-03

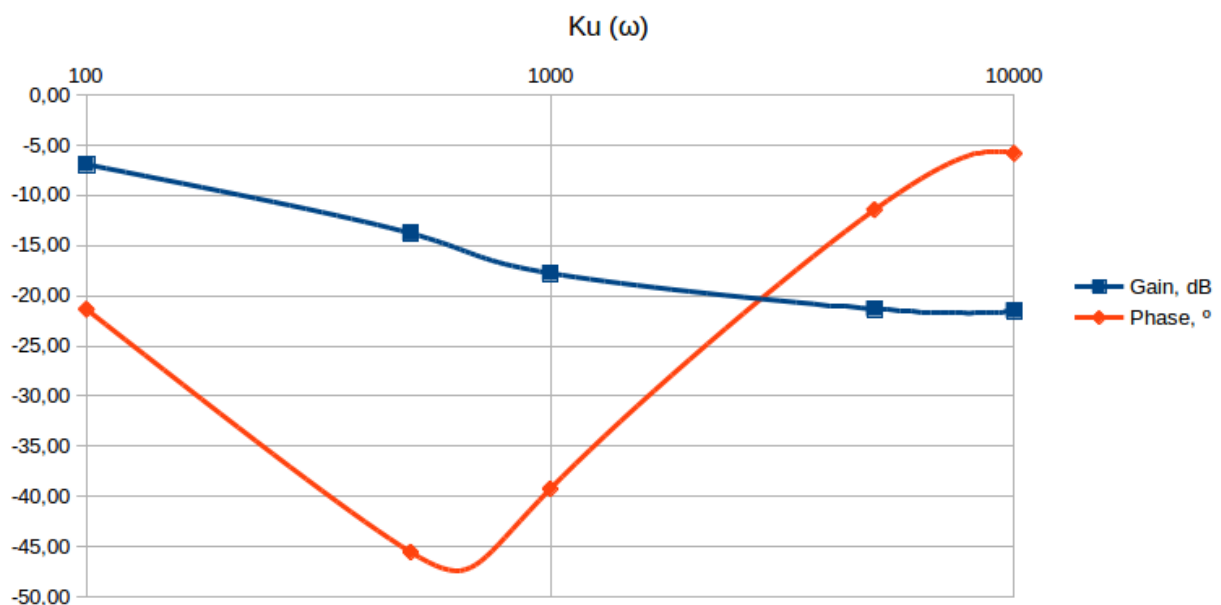
Таб. 1

Із останніх двох стовпців таблиці отримуємо:

f, Hz	Theoretical Ku		
	Abs	Gain, dB	Phase, °
100	0,4509	-6,92	-21,35
500	0,2048	-13,77	-45,53
1000	0,1295	-17,75	-39,23
5000	0,0860	-21,32	-11,44
10000	0,0842	-21,50	-5,82

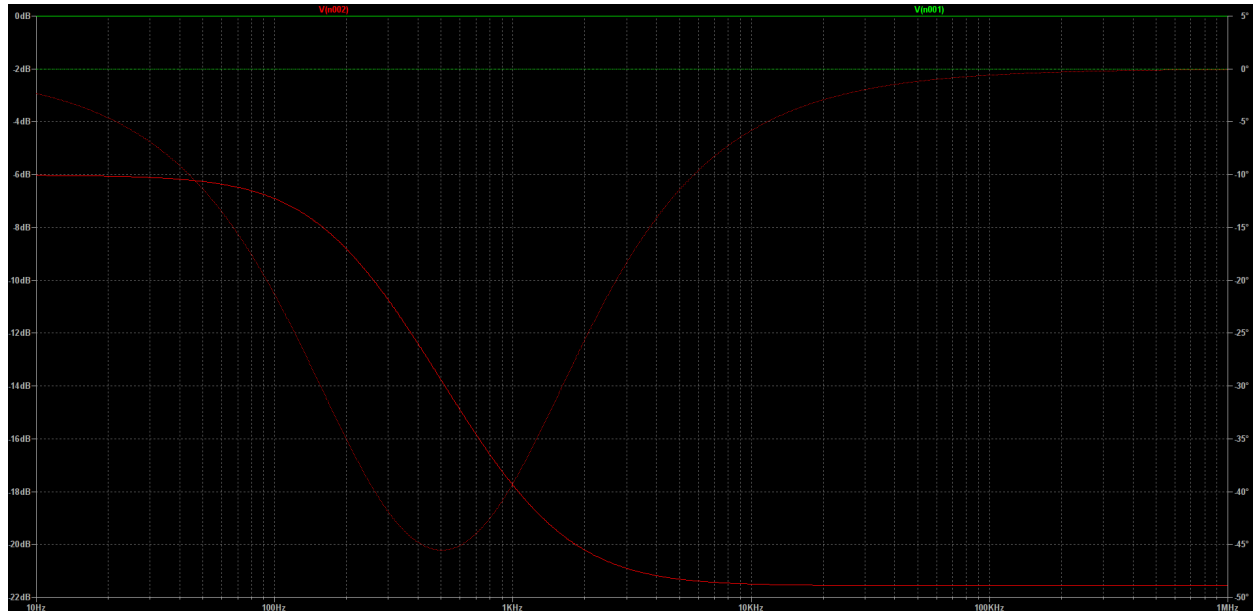
Таб. 2

А за таблицею - приблизний графік самої залежності:

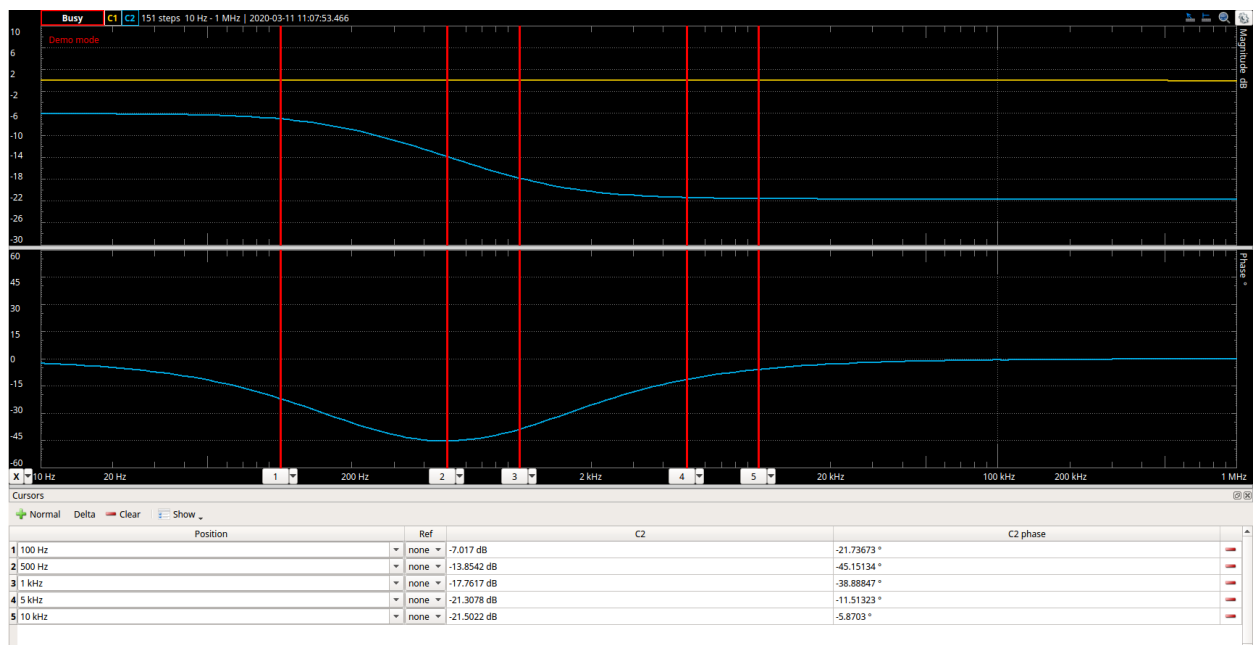


Тепер перевіримо отриману залежність за допомогою симуляції у LTSpice та експериментально.

Симуляція в LTSpice:



Експериментальне:



Можемо спостерігати, що отримана теоретично залежність близька і до отриманої в симуляції, і до експериментальної.

## Висновок

Результатом виконання даної лабораторної роботи є отримання теоретичної та експериментальної залежності цієї характеристики і розрахункової формули для модуля та аргументу (зсуву фаз) передаточної характеристики  $K_u(\omega)$  лінійного кола.

Обидві залежності збігаються з малою похибкою, обумовленою, я вважаю, можливими неточностями вимірювань.

Остаточна таблиця побудована за розрахунками та результатами експерименту:

f, Hz	Theoretical $K_u$			Experimental $K_u$			Error, %	
	Abs	Gain, dB	Phase, °	Abs	Gain, dB	Phase, °	Abs	Phase
100	0,4509	-6,92	-21,35	0,4457	-7,02	-21,74	1,15	1,84
500	0,2048	-13,77	-45,53	0,2030	-13,85	-45,15	0,87	0,84
1000	0,1295	-17,75	-39,23	0,1294	-17,76	-38,89	0,08	0,86
5000	0,0860	-21,32	-11,44	0,0860	-21,31	-11,51	0,06	0,65
10000	0,0842	-21,50	-5,82	0,0841	-21,50	-5,87	0,02	0,88

Таб. 3

Репозиторій на GitHub: [\[===\]](#)