

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

**Лабораторна робота №02\_АС\_02**

" Дослідження електронних пристроїв синусоїдного струму"

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 електронних пристроїв у режимі синусоїдного струму.

### Завдання:

#### Problem\_AC\_11\_2-1

$$R1 = 26 \cdot \Omega \quad R2 = 32 \cdot \Omega \quad R3 = 38 \cdot \Omega$$

$$R4 = 44 \cdot \Omega \quad R5 = 50 \cdot \Omega \quad R6 = 56 \cdot \Omega$$

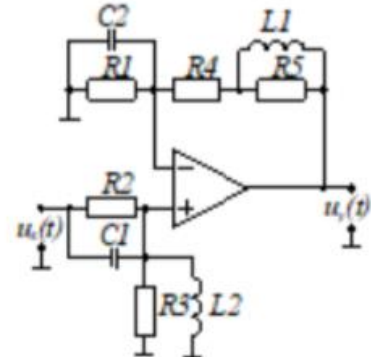
$$u_x(t) = U_{xm} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_x + \psi_x)$$

$$U_{xm} = 12 \cdot \text{mV} \quad f_x = 4.138 \cdot \text{kHz}$$

$$\psi_x = 0.131 \quad \psi_x = 7.5 \cdot \text{deg}$$

$$L1 = 1 \cdot \text{mH} \quad C1 = 1.479 \cdot \mu\text{F}$$

$$L2 = 2 \cdot \text{mH} \quad C2 = 2.959 \cdot \mu\text{F}$$



#### Варіант 11

### Визначити:

- ☐ вихідну напругу пристрою  $U_y(t)$ ;
- ☐ струм  $i_L(t)$  в індуктивному елементі  $L1$ ;
- ☐ напругу  $u_C(t)$  на ємнісному елементі  $C1$

символічним методом у такій послідовності:

- ☐ Визначити і обчислити значення комплексних опорів (імпедансів) елементів кола;
- ☐ Визначити комплексне значення вхідної напруги;
- ☐ Побудувати еквівалентну комплексну схему заданого електронного пристрою;
- ☐ Розрахувати комплексний струм в індуктивному  $L1$  і напругу на ємнісному  $C1$  елементах;
- ☐ Розрахувати комплексний вихідну напругу електронного пристрою;

- За комплексними значеннями розрахувати амплітуду і початкову фазу струму в індуктивному і напруги на ємнісному елементах;
- За комплексними значеннями розрахувати амплітуду і початкову фазу вихідної напруги електронного пристрою.

### Розрахункова частина

- 1) Визначаємо комплексну вхідну напругу та кутову частоту:

$$U_x = \frac{U_{xm}}{\sqrt{2}} e^{j\psi_x} = 0.008413 + 0.001108j \text{ V}$$

$$\omega = 2\pi f_x = 25999.82 \text{ s}^{-1}$$

- 2) Визначаємо значення імпедансів кола:

$$Z_{R1} = R1 \quad Z_{R2} = R2 \quad Z_{R3} = R3$$

$$Z_{R4} = R4 \quad Z_{R5} = R5 \quad Z_{R6} = R6$$

$$Z_{L1} = j * \omega * L1 = 25.9998j \Omega$$

$$Z_{L2} = j * \omega * L2 = 51.9996j \Omega$$

$$Z_{C1} = \frac{1}{j * \omega * C1} = -26.0053j \Omega$$

$$Z_{C2} = \frac{1}{j * \omega * C2} = -12.9982j \Omega$$

- 3) Визначаємо еквівалентні комплексні опори паралельних з'єднань:

$$Z_{R3L2} = \frac{Z_{R3} * Z_{L2}}{Z_{R3} + Z_{L2}} = 24.7713 + 18.1023j \Omega$$

$$Z_{R1C2} = \frac{Z_{R1} * Z_{C2}}{Z_{R1} + Z_{C2}} = 5.1989 - 10.3992j \Omega$$

$$Z_{R2C1} = \frac{Z_{R2} * Z_{C1}}{Z_{R2} + Z_{C1}} = 12.7278 - 15.6618j \Omega$$

$$Z_{R5L1} = \frac{Z_{R5} * Z_{L1}}{Z_{R5} + Z_{L1}} = 10.6422 + 20.4659j \Omega$$

4) Визначаємо еквівалентний вхідний комплексний опір:

$$Z_x = Z_{R2C1} + Z_{R3L2} = 37.4991 + 2.4404j \Omega$$

5) Визначаємо вхідний струм:

$$I_x = \frac{U_x}{Z_x} = 0.000225 + 0.000015j A$$

6) Визначаємо напругу на C1:

$$U_{R2C1} = I_x * Z_{R2C1} = 0.0031 - 0.0033j V$$

$$U_{C1} = U_{R2C1} \text{ (паралельне з'єднання)}$$

7) Визначаємо напругу на прямому вході операційного підсилювача:

$$U_p = I_x * Z_{R3L2} = 0.0053 + 0.0044j V$$

8) Визначаємо силу струму на еквівалентному з'єднанні R1C2:

$$I_{R1C2} = \frac{U_p}{Z_{R1C2}} = -0.000138 + 0.00058j A$$

9) Визначаємо комплексну вихідну напругу:

$$U_y = I_{R1C2} * (Z_{R1C2} + Z_{R4} + Z_{R5L1}) = -0.0141 + 0.0333j V$$

10) Визначаємо діюче значення вихідної напруги:

$$|U_y| = 0.03616 V$$

11) Визначаємо амплітудне значення вихідної напруги:

$$U_{ym} = |U_y| * \sqrt{2} = 0.0511 \text{ V}$$

12) Визначаємо початкову фазу комплексної вихідної напруги:

$$\psi_y = 1.971 \text{ rad} = 112.93 \text{ deg}$$

13) Визначаємо діюче значення комплексної напруги на ємнісному елементі:

$$|U_{C1}| = 0.0046 \text{ V}$$

14) Визначаємо початкову фазу комплексної напруги на ємнісному елементі:

$$\psi_{C1} = -0.8224 \text{ rad} = -47.12 \text{ deg}$$

15) Визначаємо амплітудне значення комплексної напруги на ємнісному елементі:

$$U_{C1m} = |U_{C1}| * \sqrt{2} = 0.0064 \text{ V}$$

16) Визначаємо комплексний струм в індуктивному елементі:

$$I_{R1C2} = I_{R4} = I_{R5L1} (\text{послідовне з'єднання})$$

$$U_{R5L1} = I_{R5L1} * Z_{R5L1} = -0.0133 + 0.0033j \text{ V}$$

$$I_{L1} = \frac{U_{R5L1}}{Z_{L1}} = 0.000129 + 0.000513j \text{ A}$$

17) Визначаємо діюче значення комплексного струму в індуктивному елементі:

$$|I_{L1}| = 0.000529 \text{ A}$$

18) Визначаємо амплітудне значення комплексного струму в індуктивному елементі:

$$I_{L1m} = |I_{L1}| * \sqrt{2} = 0.000748 \text{ A}$$

19) Визначаємо початкову фазу комплексного струму в індуктивному елементі:

$$\psi_{L1} = 1.325 \text{ rad} = 75.9 \text{ deg}$$

20) Визначаємо зсув по часу вихідної напруги відносно вхідної напруги:

$$\Delta t_y = \frac{\psi_x - \psi_y}{2\pi f_x} = -0.000071 \text{ s}$$

21) Визначаємо зсув по часу напруги на конденсаторі відносно вхідної напруги:

$$\Delta t_{UC1} = \frac{\psi_x - \psi_{C1}}{2\pi f_x} = 0.0000367 \text{ s}$$

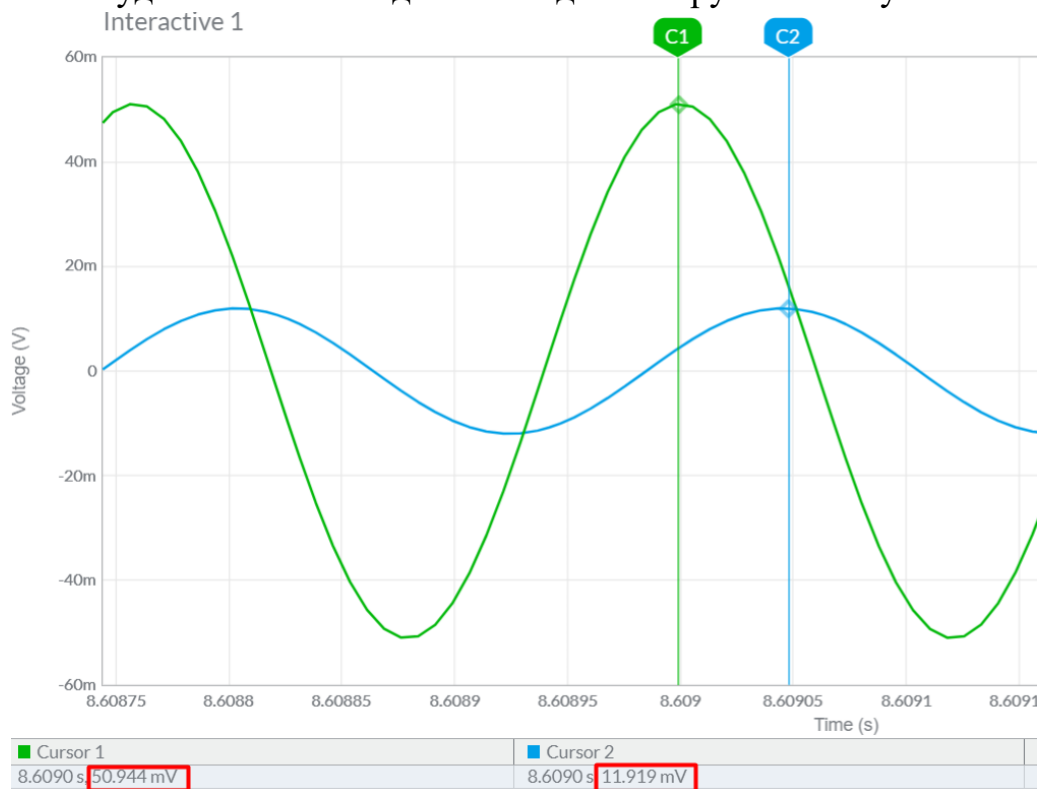
22) Визначаємо зсув по часу струму в індукторі відносно вхідної напруги:

$$\Delta t_{IL1} = \frac{\psi_x - \psi_{L1}}{2\pi f_x} = -0.000046 \text{ s}$$

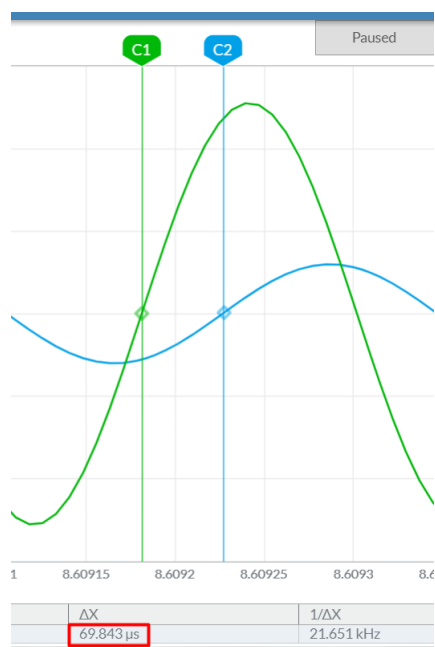
## Експериментальна частина

### 1) Вихідна напруга:

За допомогою осцилографа знімаємо осцилограми залежності вхідної і вихідної напруги від часу. На осцилограмах за допомогою візирів вимірюємо амплітудні значення вхідної і вихідної напруги і записуємо їх в таблицю.



За допомогою візирів визначаємо зсув за часом вихідної напруги  $U_y$  відносно вхідної напруги  $U_x$ :



$$\Delta t_y = T_2 - T_1 = 69.843 \mu s$$

$$\varphi_y = \Delta t_y * 2 * \pi * f_x = 1.8159 rad$$

$$\psi_y = \psi_x + \varphi_y = 1.9469 rad$$

$$\psi_y = 111.54 deg$$

## 2) Напруга на конденсаторі:

За допомогою осцилографа знімаємо осцилограми залежності вхідної напруги і напруги на ємності від часу. На осцилограмах за допомогою візирів вимірюємо амплітудні значення вхідної напруги і напруги на ємності і записуємо їх в таблицю.



За допомогою візирів визначаємо зсув за часом напруги на ємності відносно вхідної напруги:





$$\Delta t_C = T_2 - T_1 = -36.721 \mu s$$

$$\varphi_C = \Delta t_C * 2 * \pi * f_x = -0.9547 \text{ rad}$$

$$\psi_c = \psi_x + \varphi_C = -0.8237 \text{ rad}$$

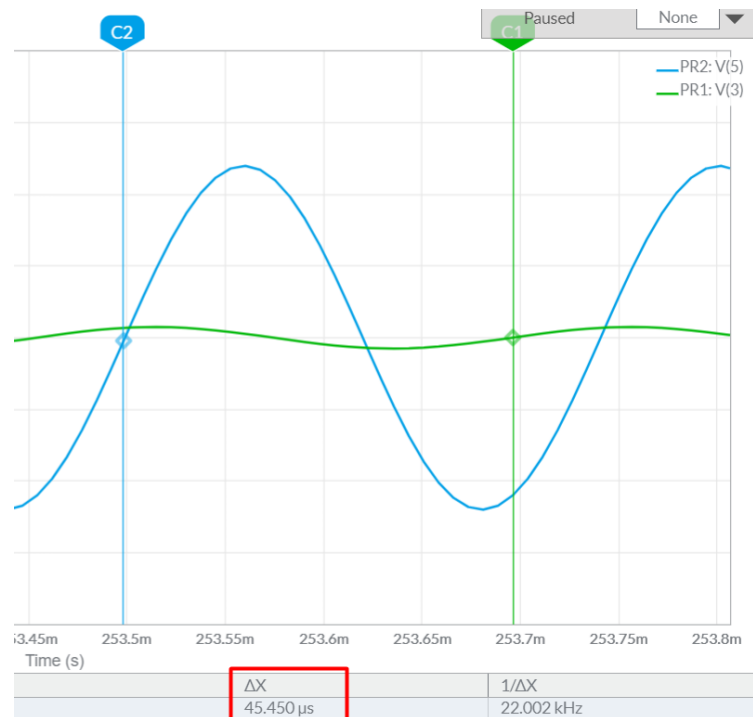
$$\psi_c = -47.19 \text{ deg}$$

### 3) Струм в індукторі:

За допомогою осцилографа знімаємо осцилограми залежності вхідної напруги і струму в індукторі від часу. На осцилограмах за допомогою візирів вимірюємо амплітудні значення вхідної напруги і струму в індукторі і записуємо їх в таблицю.



За допомогою візирів визначаємо зсув за часом сили струму на індуктивному елементі відносно вхідної напруги:



$$\Delta t_L = T_2 - T_1 = 46.450 \mu s$$

$$\varphi_L = \Delta t_c * 2 * \pi * f_x = 1.2076 rad$$

$$\psi_L = \psi_x + \varphi_L = 1.3387 rad$$

$$\psi_L = 76.70 deg$$

	Параметри		
	Діюче значення	Амплітудне значення	Початкова фаза deg
Вихідна напруга mV			
Результати обчислень	36.16	51.137	112.93
Результати вимірювань	36.058	50.994	111.54
Напруга на конденсаторі mV			
Результати обчислень	4.6	6.4	-47.12
Результати вимірювань	4.555	6.4417	-47.19
Струм в індукторі mA			
Результати обчислень	0.529	0.748	75.9
Результати вимірювань	0.528	0.747	76.70

### Висновки

У ході цієї лабораторної роботи мною були вдосконалені вміння зі знаходження залежностей сил струму та напруг в колі змінного струму від часу за допомогою імпедансів. Також, я познайомився й практично попрацював з

операційним підсилювачем. Як видно, усі результати збігаються з допустимими похибками.