

Міністерство освіти і науки України  
Національний авіаційний університет  
Навчально-науковий інститут комп'ютерних інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

Лабораторна робота №3  
з дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл»  
на тему: «Дослідження нерозгалуженого  
електричного кола синусоїдного струму»

Виконав:  
студент ННІКІТ СП-225  
Клокун Владислав  
Перевірив:  
Молчанов О. В.

Київ 2017

# 1 Мета роботи

1. Використовуючи вимірювальні прилади, набути навички визначення параметрів ланцюга змінного струму, а саме: активного опору резистора, активного і реактивного опорів реальної котушки індуктивності і реального конденсатора.
2. Дослідити різні комбінації послідовного включення в ланцюг активного резистора, котушки індуктивності і конденсатора.
3. Дослідити резонанс у послідовному контурі.

# 2 Короткі теоретичні відомості

Для того, щоб визначити значення опорів різних елементів електричних ланцюгів, необхідно виміряти за допомогою приладів значення напруги, прикладеної до елемента, значення струму, який по ньому протікає, а також активну потужність, що виділяється, та кут зсуву фази. Ці величини вимірюються за допомогою вольтметра, амперметра, ватметра, фазометра.

Значення активного опору резистора визначається за законом Ома:

$$R = \frac{U}{I}.$$

Потужність, споживана елементом, виділяється у вигляді тепла тільки на активних резисторах і вимірюється ватметром. Тому опір активного резистора можна визначити ще й за формулою:

$$R = \frac{P}{I^2}.$$

Щоб визначити значення активного опору реальних котушки індуктивності і конденсатора за допомогою вольтметра, амперметра і ватметра, використовуємо формули, що отримуємо з трикутника опорів:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2},$$

де  $Z = \frac{U}{I}$  — модуль повного опору кола (Ом),  $R$  — повний активний опір кола (Ом),  $X$  — повний реактивний опір кола (Ом),  $U$  — діюче значення синусоїдної напруги (В),  $I$  — діюче значення синусоїдного струму (А).

$$X = X_K - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C},$$

де  $X_K$  — реактивний індуктивний опір кола (Ом),  $X_C$  — реактивний ємнісний опір кола (Ом),  $L$  — індуктивність котушок кола (Гн),  $C$  — ємність конденсаторів кола Ф,  $\omega$  — кутова частота (рад с<sup>-1</sup>).

$$\omega = 2\pi f,$$

$f$  — циклічна частота (Гц).

### 3 Порядок виконання роботи

Зібрати вимірювальну частину схеми (рис. 1), використовуючи амперметр, фазометр, мультиметр і, підключаючи по черзі (лабораторний блок №8) резистор, котушку індуктивності і конденсатор, зробити необхідні вимірювання і занести їх в табл. 1.

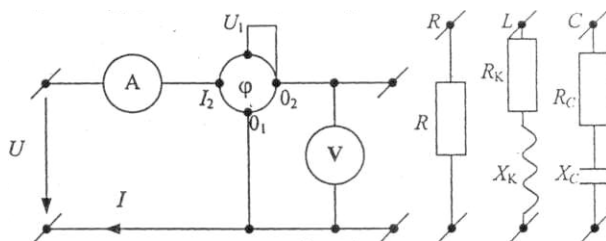


Рис. 1: Вимірювальна частина схеми

| Коло | Виміряти      |                     |                   |                 |                 |                 | Обчислити опір, Ом |       |       |       |       |
|------|---------------|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
|      | $U, \text{В}$ | $I, \text{А}$       | $\varphi, ^\circ$ | $U_R, \text{В}$ | $U_K, \text{В}$ | $U_C, \text{В}$ | $R$                | $R_K$ | $R_C$ | $X_K$ | $X_C$ |
| R    | 10,1          | $157 \cdot 10^{-3}$ | 0                 | 10,1            | —               | —               | 0,06               | —     | —     | —     | —     |
| L    | 11,0          | $76 \cdot 10^{-3}$  | 77                | —               | 11,1            | —               | —                  | 0,14  | —     | *     | —     |
| C    | 11,3          | $62 \cdot 10^{-3}$  | 90                | —               | —               | 11,3            | —                  | —     | 0,18  | —     | —     |

Табл. 1: Вимірювання 1

Використовуючи виміряні величини, обчислити значення активного опору резистора, активного і реактивного опорів котушки індуктивності і конденсатора. Отримані значення занести в табл. 1.

Підключаючи послідовно до вимірювальної частини схеми комбінації елементів  $RL$ ,  $RC$ ,  $RLC$ , зробити необхідні вимірювання та занести їх в табл. 2.

| Коло  | $U, \text{В}$ | $I, \text{А}$      | $\varphi, ^\circ$ | $U_R, \text{В}$ | $U_K, \text{В}$ | $U_C, \text{В}$ | $U_R + U_K, \text{В}$ | $U_R + U_C, \text{В}$ |
|-------|---------------|--------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| $RL$  | 10,9          | $39 \cdot 10^{-3}$ | +33               | 7,7             | 6,2             | —               | —                     | —                     |
| $RC$  | 10,9          | $28 \cdot 10^{-3}$ | -34               | 8,8             | —               | 6,4             | —                     | —                     |
| $RLC$ | 10,8          | $31 \cdot 10^{-3}$ | -9                | 9,5             | 5,2             | 6,9             | 5,3                   | 11,8                  |

Табл. 2: Вимірювання 2

Підключити до вимірювальної частини схеми тільки котушку індуктивності (лабораторний блок №8) і конденсатор (магазин ємності). Знаючи величину реактивного опору котушки, визначити значення резонансної ємності, встановити на вході схеми напругу 5 В–7 В і, змінюючи ємність конденсатора у діапазоні 0 мкФ–99,5 мкФ, виміряти величини, вказані в табл. 3.

| №  | $U, \text{В}$ | $I, \text{А}$        | $\varphi, ^\circ$ | $U_K, \text{В}$ | $U_C, \text{В}$ | $C, \text{мкФ}$ |
|----|---------------|----------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1  | 10,0          | $80,9 \cdot 10^{-3}$ | +29               | 10,0            | 0               | 0               |
| 2  | 10,0          | $19,6 \cdot 10^{-3}$ | -31               | 2,3             | 12,7            | 5               |
| 3  | 10,0          | $44,9 \cdot 10^{-3}$ | -31               | 5,4             | 15,7            | 9               |
| 4  | 10,0          | $72,1 \cdot 10^{-3}$ | -32               | 9,0             | 19,1            | 12              |
| 5  | 10,0          | $361 \cdot 10^{-3}$  | -16               | 47,7            | 53,6            | 22,6            |
| 6  | 10,0          | $485 \cdot 10^{-3}$  | -2                | 59,9            | 59,5            | 27,9            |
| 7  | 10,0          | $202 \cdot 10^{-3}$  | +28               | 28,2            | 18,6            | 37,9            |
| 8  | 10,0          | $141 \cdot 10^{-3}$  | +34               | 20,5            | 10,4            | 47,9            |
| 9  | 10,0          | $119 \cdot 10^{-3}$  | +36               | 17,3            | 7,4             | 57,9            |
| 10 | 10,0          | $87 \cdot 10^{-3}$   | +39               | 13,2            | 3,1             | 99,5            |

Табл. 3: Вимірювання 3

Кількість змін значення ємності дорівнює десяти, причому п'ять значення ємності змінного конденсатора має дорівнювати значенню резонансної ємності.

Побудувати в масштабі векторні діаграми напруг для кожної комбінації включення елементів. Побудувати в масштабі трикутники напруг і опорів для кожного випадку.

Побудувати в масштабі характеристики  $I = f(C)$ ,  $U_K = f(C)$ ,  $U_C = f(C)$ ,  $\varphi = f(C)$  в одній координатній сітці.

## 4 Графічний матеріал

### 4.1 Коло $RL$

За виміряними даними будуюмо векторну діаграму напруг для кола  $RL$  (рис. 2).

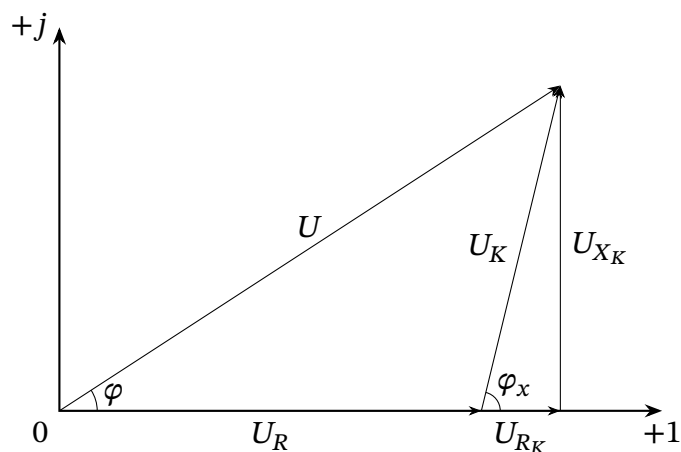


Рис. 2: Векторна діаграма напруг для кола  $RL$

Оскільки  $\angle \varphi > 0$ , трикутники будуть називатись активно-індуктивними. Знайдемо сторони трикутника напруг:

$$U_P = U \sin \varphi = 10,9 \text{ В} \cdot \sin 33^\circ = 5,93 \text{ В},$$

$$U_A = U \cos \varphi = 10,9 \text{ В} \cdot \cos 33^\circ = 9,14 \text{ В}.$$

Також обчислимо сторони трикутника опорів:

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{10,9 \text{ В}}{39 \cdot 10^{-3} \text{ А}} = 279,6 \text{ Ом},$$

$$X_P = \frac{U_P}{I} = \frac{5,93 \text{ В}}{39 \cdot 10^{-3} \text{ А}} = 152,1 \text{ Ом},$$

$$R = \frac{U_A}{I} = \frac{9,14 \text{ В}}{39 \cdot 10^{-3} \text{ А}} = 234,4 \text{ Ом}.$$

Для трикутника потужностей:

$$P = I^2 R = UI = 10,9 \text{ В} \cdot 39 \cdot 10^{-3} \text{ А} = 0,43 \text{ Вт},$$

$$Q = \tan \varphi \cdot P = 0,649 \cdot 0,43 \text{ Вт} = 0,279 \text{ вар},$$

$$S = \frac{Q}{\sin \varphi} = \frac{0,279 \text{ вар}}{0,545} = 0,512 \text{ ВА}.$$

Отримані в результаті розрахунків значення дозволяють побудувати відповідні характеристичні трикутники для кола  $RL$  (рис. 3).

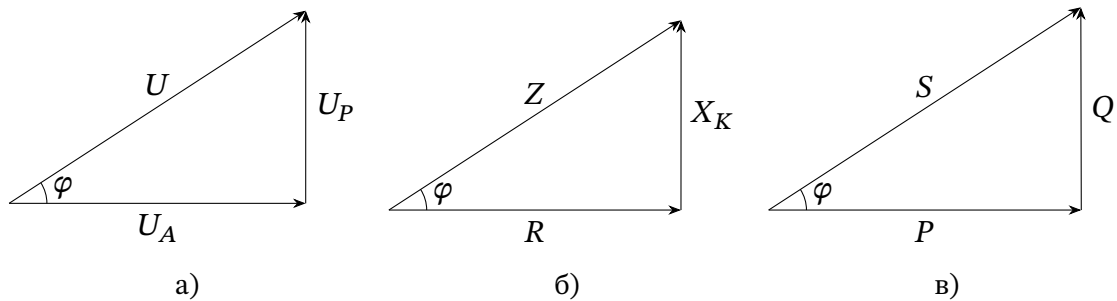


Рис. 3: Трикутники кола  $RL$ : а — напруг, б — опорів, в — потужностей

## 4.2 Коло $RC$

За виміряними даними будуюмо векторну діаграму напруг для кола  $RC$  (рис. 4).

Оскільки  $\angle \varphi < 0$ , трикутники будуть називатись активно-ємнісними. Знайдемо сторони трикутника напруг:

$$U_P = U \sin \varphi = 10,9 \text{ В} \cdot \sin -34^\circ = -6,10 \text{ В},$$

$$U_A = U \cos \varphi = 10,9 \text{ В} \cdot \cos -34^\circ = -9,04 \text{ В}.$$

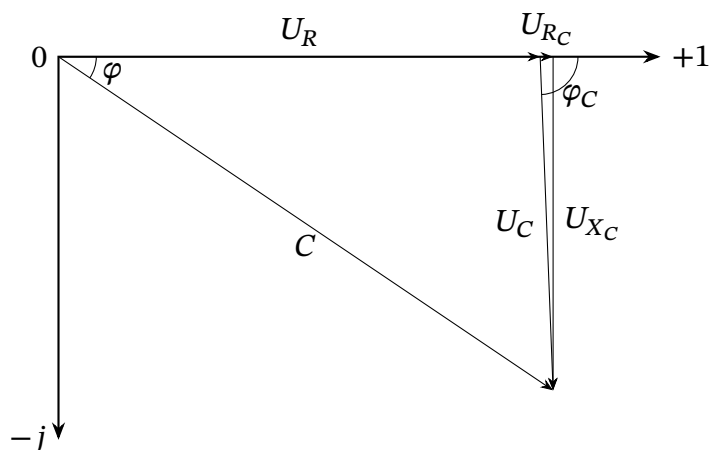


Рис. 4: Векторна діаграма напруг для кола  $RC$

Також обчислимо сторони трикутника опорів:

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{10,9 \text{ В}}{28 \cdot 10^{-3} \text{ А}} = 389,3 \text{ Ом},$$

$$X_C = \frac{U_P}{I} = \frac{6,10 \text{ В}}{39 \cdot 10^{-3} \text{ А}} = 217,9 \text{ Ом},$$

$$R = \frac{U_A}{I} = \frac{9,04 \text{ В}}{39 \cdot 10^{-3} \text{ А}} = 322,9 \text{ Ом}.$$

Для трикутника потужностей:

$$P = I^2 R = UI = 10,9 \text{ В} \cdot 28 \cdot 10^{-3} \text{ А} = 0,31 \text{ Вт},$$

$$Q = \tan \varphi \cdot P = 0,675 \cdot 0,31 \text{ Вт} = 0,209 \text{ вар},$$

$$S = \frac{Q}{\sin \varphi} = \frac{0,209 \text{ вар}}{0,559} = 0,374 \text{ ВА}.$$

Отримані в результаті розрахунків значення дозволяють побудувати відповідні характеристичні трикутники для кола  $RC$  (рис. 5).

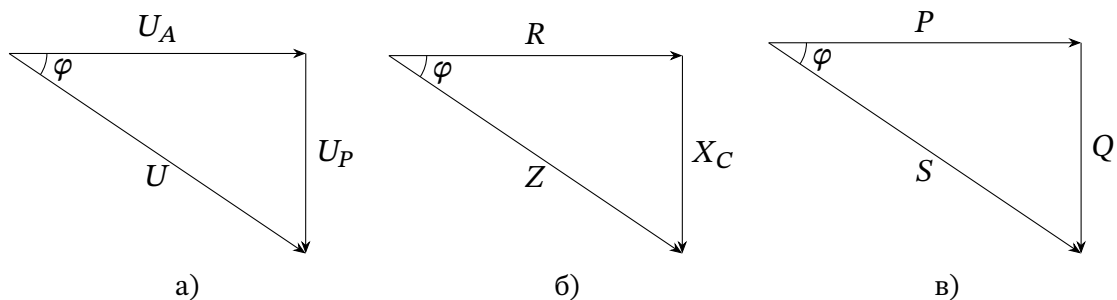


Рис. 5: Трикутники кола  $RC$ : а — напруг, б — опорів, в — потужностей

## 5 Характеристики контура

За отриманими експериментальними даними були побудовані характеристики контура (рис. 6):  $I = f(C)$ ,  $U_K = f(C)$ ,  $U_C = f(C)$ ,  $\varphi = f(C)$ .

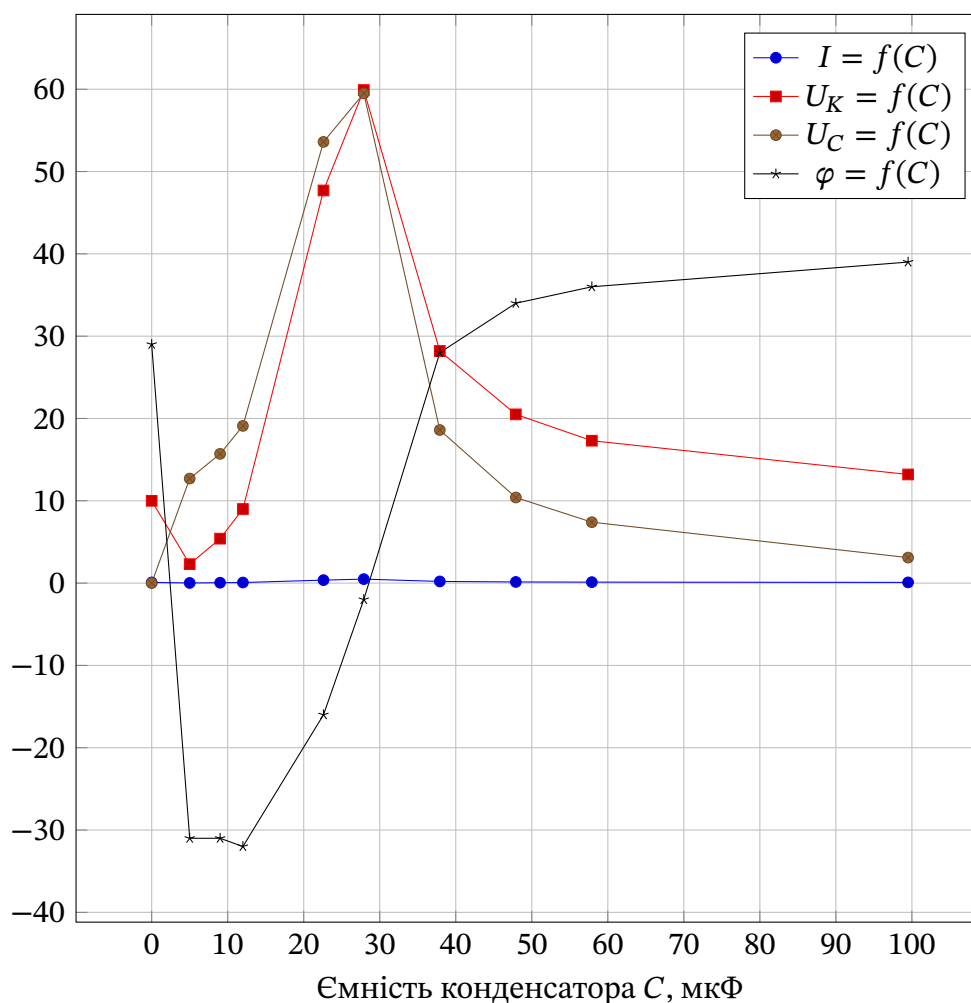


Рис. 6: Характеристики контура

## 6 Висновки

Під час виконання даної лабораторної роботи ми набули навички визначення параметрів ланцюга змінного струму за допомогою вимірювальних приладів, а саме: активного опору резистора, активного і реактивного опорів реальної котушки індуктивності і реального конденсатора; дослідили різні комбінації послідовного включення в ланцюг активного резистора, котушки індуктивності і конденсатора; дослідили резонанс у послідовному контурі.