

## Лабораторна робота № 25

### РЕЗОНАНС СТРУМІВ

#### Мета роботи

- Ознайомлення з явищем резонансу, яке має місце в електричному колі з паралельним з'єднанням індуктивної котушки та конденсатора.
- Дослідження умов виникнення резонансу.
- Побудова резонансних кривих та частотних характеристик кола.
- Використання, для аналітичних розрахунків, співвідношень, що характеризують резонансний режим.

#### Підготовка до роботи

При підготовці до роботи студенти мають скласти протокол звіту, ознайомитись з методичними вказівками, робочим завданням та відповісти на такі запитання:

1. Яке фізичне явище називають резонансом?
2. Чому явище резонансу в паралельному коливальному контурі називають резонансом струмів?
3. Зміною яких параметрів досягається резонанс в паралельному коливальному контурі?
4. Які енергетичні процеси мають місце в коливальному контурі при резонансі струмів?
5. Чому дорівнює повна провідність паралельного коливального контуру при резонансі струмів?
6. Що називають хвильовою провідністю, добротністю та згасанням паралельного резонансного контура?
7. Як визначити наявність резонансного стану в електричному колі за показом приладів?

#### Робоче завдання

1. Скласти електричне коло з паралельним сполученням конденсатора і індуктивної котушки (рис.25.1).

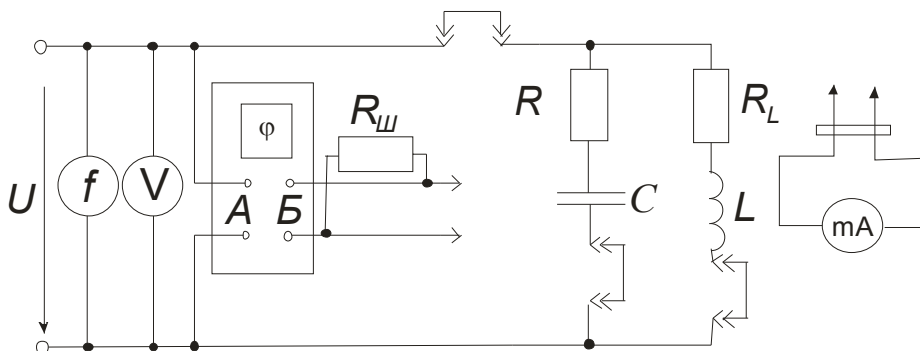


Рис. 25.1

2. Для живлення електричного кола використати джерело синусоїдної напруги регульованої частоти; величину робочої напруги та діапазон робочої частоти задає викладач.
3. Вважаючи відомими середнє значення діапазону робочої частоти та одне із значень змінної індуктивності котушки, розрахувати резонансну ємність, користуючись умовою резонансу в ідеальному коливальному контурі. Перевірити результати розрахунків експериментом та пояснити розбіжність експериментальних та дослідних значень
4. Занотувати значення резонансної ємності  $C_o$ , індуктивності  $L_o$  та частоти  $f_o$ .
5. Виміряти величини, зазначені в таблиці 25.1, для трьох дослідів:
  - а) змінюючи в можливих межах індуктивність котушки при незмінних резонансних ємності  $C_o$  та частоті  $f_o$ ;
  - б) змінюючи в можливих межах ємність конденсатора при незмінних резонансних індуктивності  $L_o$  та частоті  $f_o$ ;
  - в) змінюючи в межах, визначених викладачем, частоту джерела живлення при незмінних резонансних ємності  $C_o$  та індуктивності  $L_o$ .

Таблиця 25.1

Д о с л і д	$L$	$C$	$f$	$U$	$U_L$	$U_C$	$I$	$P$	$\varphi$
Змінюється $L$									
Змінюється $C$									
Змінюється $f$									

6. За результатами вимірів п.5 побудувати резонансні криві струму кола  $I$ , струмів в котушці індуктивності  $I_L$  та конденсаторі  $I_C$ , куту зсуву фаз кола  $\varphi$  для кожного із трьох дослідів *a*, *б*, *с*.
7. За результатами вимірів п.5б побудувати векторні діаграми кола для випадків  $C < C_o$ ;  $C = C_o$ ;  $C > C_o$ .
8. Розрахувати хвильову провідність  $\gamma$ , добротність  $Q$  та згасання контуру  $d$ .
9. Зробити і записати у протоколі звіту висновки по роботі.

### Завдання на навчально-дослідну роботу студентів

1. Побудувати частотні характеристики паралельного коливного контуру.
2. Довести, що при  $R_1 = R_2 = \rho$  в контурі спостерігається резонанс при будь-якій частоті джерела енергії.
3. Пояснити можливість досягнення в колі резонанса струмів при двох різних значеннях індуктивності та незмінній ємності.
4. Проаналізувати, чи завжди можна досягти резонансу в реальному паралельному контурі, змінюючи лише частоту вхідної напруги.
5. Побудувати резонансні характеристики паралельного коливального контуру, що живиться від джерела струму, частота якого змінюється.

### Методичні вказівки

Для виявлення особливостей резонансних режимів в електричних колах синусоїдного струму слід спочатку ознайомитись з методичними вказівками до лабораторної роботи № 24.

Резонанс струмів спостерігається в електричному колі з паралельним з'єднанням індуктивної котушки і конденсатора (рис.25.2). Якщо  $R_1 = 0$  і  $R_2 = 0$ , коло розглядається, як ідеальний коливний контур.

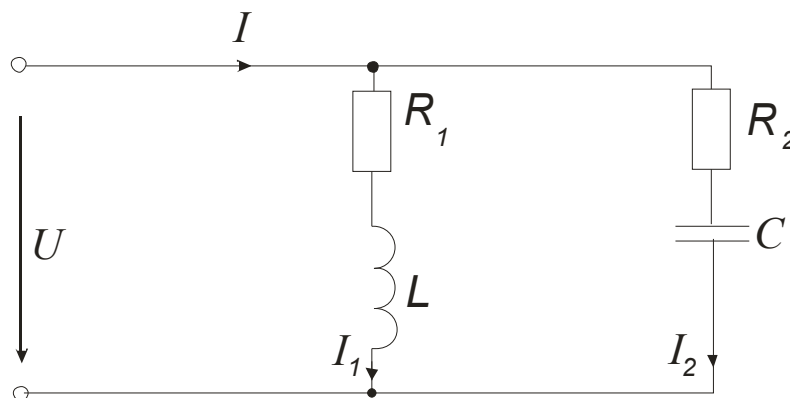


Рис.25.2

Умова резонансу в електричному колі при паралельному з'єднанні його віток

$$B_{BX} = B_L - B_C = 0.$$

Для електричного кола рис.25.2, користуючись методом провідностей, можна записати:

$$\frac{\omega_o L}{R_1^2 + (\omega_o L)^2} - \frac{1}{R_2^2 + (\frac{1}{\omega_o C})^2} = 0 \quad (25.1)$$

З виразу (25.1) випливає, що резонансу в такому колі можна досягти, змінюючи одну з п'яти величин:  $\omega$ ,  $L$ ,  $C$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ . Розв'язання цього рівняння відносно кутової частоти:

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}} \sqrt{\frac{L}{C} - R_1^2} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \sqrt{\rho^2 - R_2^2}$$

В ідеальному паралельному коливальному контурі (рис.25.3) резонансу можна досягти, змінюючи  $L$ ,  $C$  чи  $\omega$ , як і в ідеальному послідовному коливальному контурі; так само визначається і резонансна частота:

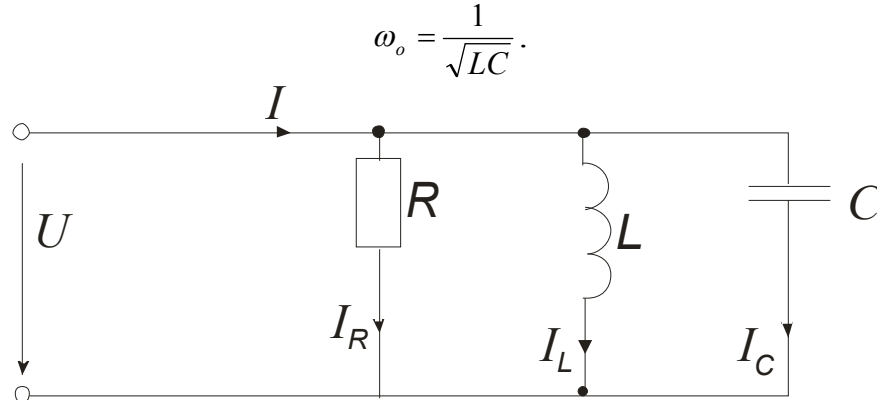


Рис.25.3

При резонансі струмів повна провідність кола  $Y = G$  є активною за характером та найменш можливою за величиною. При цьому струм, що споживається від джерела  $I_o = YU = GU$  і досягає мінімального значення. Струми віток  $I_L = B_L U$  та  $I_C = B_C U$ , залежно від значень  $B_L$  чи  $B_C$ , можуть досягати теоретично досить великих значень, що набагато перевищують значення струму в нерозгалуженій частині кола.

Перевищення струмів у реактивних елементах над струмом у нерозгалуженій частині кола, настає за умови:

$$\gamma = \frac{1}{\omega_o L} = \omega_o C = \sqrt{\frac{C_o}{L_o}},$$

де  $\gamma$  - хвильова провідність кола.

Величина  $Q = \frac{I_{Co}}{I_o} = \frac{I_{Lo}}{I_o} = \frac{\omega_o C}{G} = \frac{1}{\omega_o L G} = \frac{\sqrt{C}}{G} = \frac{\gamma}{G}$

називається добротністю кола, вона визначає перевищення реактивної складової струму в індуктивній котушці або конденсаторі над загальним струмом у колі при резонансі. Користуються також оберненою величиною – згасанням контуру

$$d = \frac{1}{Q}.$$

Частотні характеристики параметрів кола виражаються залежностями:

$$G(\omega) = \frac{1}{R} = const; \quad B_L(\omega) = \frac{1}{\omega C}; \quad B_C(\omega) = \omega C;$$

$$B(\omega) = B_L(\omega) - B_C(\omega); \quad Y(\omega) = \sqrt{G^2 + \frac{1}{\omega C} - \omega C)^2};$$

$$\varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{\frac{1}{\omega L} - \omega C}{G}.$$

Резонансні характеристики кола будуються за такими виразами:

$$I(\omega) = UY = U \cdot \sqrt{G^2 + \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right)^2};$$

$$I_R(\omega) = UG; \quad I_L(\omega) = \frac{U}{\omega L}; \quad I_C(\omega) = U\omega C.$$

### **Література**

1. Теоретичні основи електротехніки: Підручник: У 3 т. / В.С. Бойко, Ю.Ф. Видолоб та ін.; За заг.ред. І.М. Чиженка, В.С. Бойка. – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2004. – Т.1: Усталені режими лінійних електричних кіл із зосередженими параметрами. – С. 147-158.
2. В.С.Бойко, В.В.Бойко, Ю.Ф.Видолоб, І.А.Курило, В.І.Шеховцов, Н.А.Шидловська; Теоретичні основи електротехніки-Т1: Київ „Політехніка” , 2004. -272с. – С.268-272
3. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротех-ники. Т.1 - Л.: Энергоатомиздат, 1981.- 536 с. – С. 130-133, 180-183.
4. Каплянский А. Е., Лысенко А.П., Полотовский Л.С. Теоретические основы электротехники. - М.: Высш. шк., 1972. – 447 с. – С.149-152.