

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА ТЕ7

## Електричні кола змінного струму з паралельним з'єднанням елементів

### 7.1. Мета роботи

Вивчення особливостей розрахунку електричних кіл з паралельним з'єднанням елементів. Результатом засвоєння роботи повинно бути вміння будувати часові і векторні діаграми струмів і напруги в електричному колі з паралельним з'єднанням елементів. Необхідно також урозуміти й вміти використовувати явище резонансу струмів.

### 7.2. Основні теоретичні положення

При паралельному з'єднанні елементів струми в гілках обчислюються за формулами:

$$\dot{I}_1 = \dot{U} \dot{Y}_1; \quad \dot{I}_2 = \dot{U} \dot{Y}_2; \quad \dot{I} = \dot{U} \dot{Y} = \dot{U} (\dot{Y}_1 + \dot{Y}_2).$$

Тут ми використовуємо параметр схеми, що називається провідністю  $\dot{Y} = \dot{Z}^{-1}$ , який має активну  $G$  і реактивну  $B$  складові, тобто

$$\dot{Y} = G + jB.$$

Явища резонансу струму в розгалуженому колі синусоїдального струму можливо характеризувати складовими струмів і потужностей. Коли загальні струми та напруги співпадають по фазі, реактивні складові струму індуктивної та ємнісної віток рівні по величині та протилежні по фазі.

$$I_C = I_L \quad I = GU \quad I_L = B_L U \quad I_C = B_C U,$$

тобто умова резонансу струмів буде  $B_L = B_C$ .

Виконання умов резонансу струмів забезпечується за умовою не тільки  $B_L = B_C$ , а також  $G_1 = G_2$ , тобто необхідне забезпечення рівності не тільки модулів реактивних складових, а й активних складових паралельних віток.

Звідси можна записати:

$$I = U \sqrt{G^2 + (B_L - B_C)^2}$$

Струми у вітках з реактивними елементами можуть значно перевищувати струм у нерозгалуженій ділянці кола.

Як і при резонансі напруг, при резонансі струмів мають місце співвідношення:

$$\varphi = 0 \quad \cos \varphi = 1 \quad \omega_0 = 1 / \sqrt{LC}.$$

Якщо активні опори  $R_1$  і  $R_2$  (опори індуктивної та ємнісної віток) будуть малими, тобто  $R_1 = R_2 = 0$  то будемо мати

$$B_L = B_C = \sqrt{C / L} = \gamma.$$

Величина  $\gamma$  – зворотна величині хвильового опору  $\rho$ , називається хвильовою провідністю.

Відношення  $I$  до  $I_C$  та  $I_L$  при резонансі буде дорівнювати:

$$I/I_L = I/I_C = GU/B_L U = GU/B_C U = G/\gamma = d$$

Відношення  $d = G/\gamma$  – називається згасанням кола.

### 7.3. Використання віртуальної лабораторії EWB для виконання роботи

Для виконання лабораторної роботи використовуються ті ж складові віртуальної лабораторії, які використовувались в попередніх дослідженнях.

#### 7.4. Порядок виконання роботи

7.4.1. Зібрати електричне коло з джерела змінної напруги, активного опору й індуктивності (Рис.7.1.) з параметрами, що задаються відповідно до варіанта. Заміряти напруги і струм, що показують електронні прилади, за допомогою осцилографа зняти осцилограми напруги, а також заміряти кут зрушення фаз між напругами в т.23 і т.24.

7.4.2. Повторити дослід, але індуктивність замінити конденсатором і провести аналогічні вимірювання.

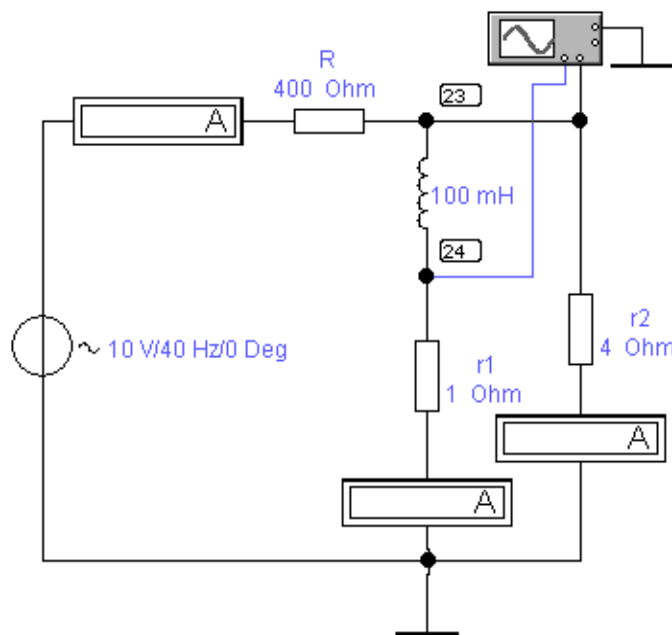


Рис. 7.1.

7.4.3. Провести дослід з паралельним з'єднанням конденсатора і індуктивності (послідовно з кожним реактивним елементом встановити активний опір, відповідно до варіанту). Заміряти і записати напруги й струми в гілках схеми, зняти осцилограми напруги. Змінюючи частоту джерела, знайти таке її значення, при якому буде мати місце резонанс струмів в колі. Експеримент по визначенню резонансу струмів проводиться за рис. 7.2. На цьому ж рисунку можна бачити як виглядає графік резонансу струмів у вікні Vode-plotter.

7.4.4. Встановивши однаковими активні опори в гілках електричної схеми, провести дослід по визначенню залежності величини струмів у гілках резонансного контуру від величини активних опорів.

7.4.5. Не змінюючи резонансну частоту і збільшивши величину індуктивності дроселя в 10 раз, повторити дослід 7.4.4.

7.4.6. Повторити дослід 7.4.3, замінивши в схемі джерело напруги джерелом струму.

## 7.5. Вимоги до звіту

- 7.5.1. Виконати розрахунки напруги і струмів в гілках електричного кола для кожного з проведених дослідів.
- 7.5.2. Побудувати векторні діаграми.
- 7.5.3. Обчислити резонансну частоту і порівняти її з отриманою експериментально.
- 7.5.4. Побудувати векторні і часові діаграми для режиму резонансу.
- 7.5.5. Привести схему, в якій використовується Vode-plotter. Показати, який вигляд має графік на Vode-plotter при резонансі струмів.

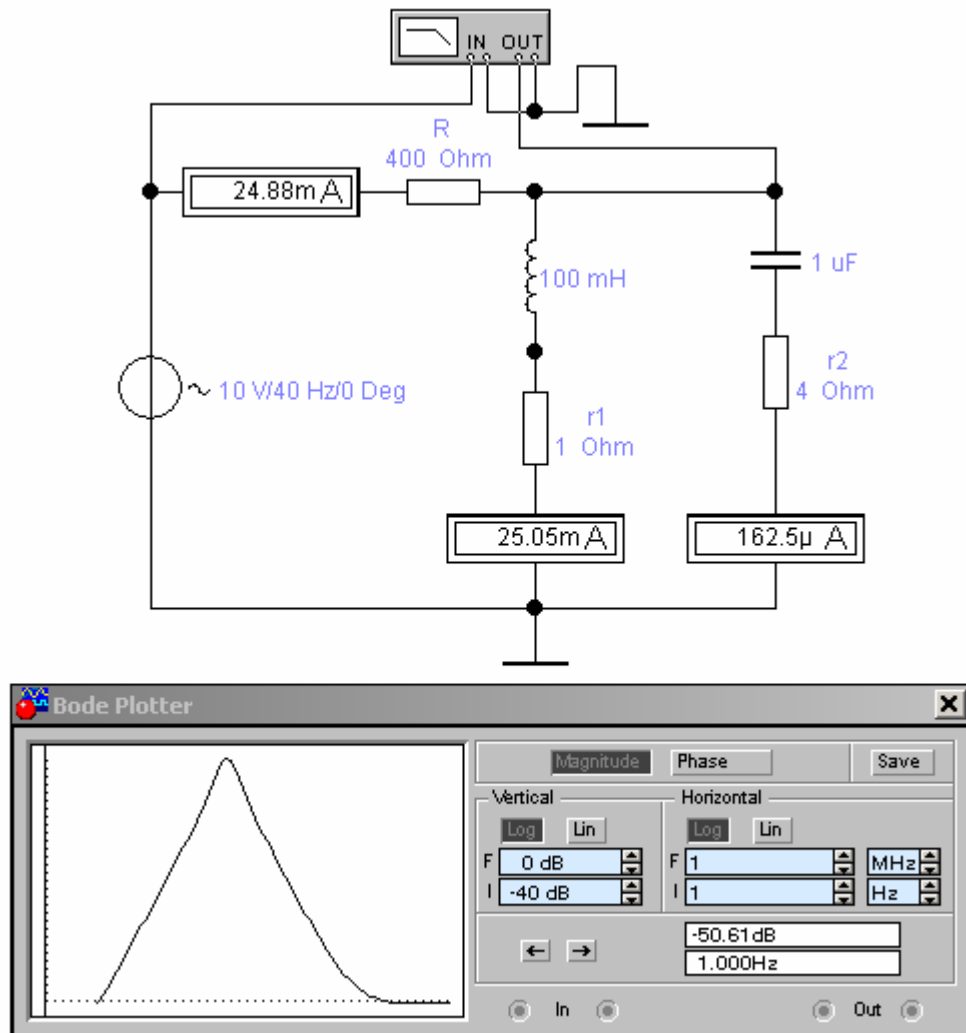


Рис. 7.2.

## 7.6. Питання до атестації

- 7.6.1. Пояснити векторні (часові) діаграми розподілу напруги і струмів у гілках при паралельному з'єднанні активного опору з індуктивністю (конденсатором) при живленні електричного кола від джерела напруги (струму).
- 7.6.2. Пояснити, в чому полягає фізична сутність резонансу струмів в електричному колі. Якими шляхами можна досягти резонансу струмів в електричному колі.
- 7.6.3. Пояснить, чим відрізняється резонанс струмів від резонансу напруг.
- 7.6.4. Назвіть складові провідності кола синусоїдального струму.

7.6.5. Пояснити, від чого залежать величини струмів у реактивних елементах електричного кола при резонансі струмів.

7.6.6. Пояснити, чим визначається добротність реактивного елемента й добротність електричного кола при резонансі струмів.

7.6.7. Привести приклади позитивних і негативних сторін резонансу струмів.

### 7.7. Задачі

7.7.1. Параметри схеми на рис.7.3 при частоті  $f$  становлять:  $G=0,6\text{См}$ ,  $B_C=1,3\text{См}$ ,  $B_L=0,5\text{См}$ . Обчисліть повну провідність кола.

7.7.2. Параметри схеми на рис.7.3 при частоті  $f$  становлять:  $G=0,3\text{См}$ ,  $B_C=1,2\text{См}$ ,  $B_L=0,5\text{См}$ . Обчисліть повну провідність кола при частоті, зменшеній у два рази.

7.7.3. Параметри схеми на рис.7.3 при частоті  $f$  становлять:  $G=0,3\text{См}$ ,  $B_C=1,2\text{См}$ ,  $B_L=0,5\text{См}$ . Обчисліть повну провідність кола при частоті, збільшеній у два рази.

7.7.4. Параметри схеми на рис.7.3 при частоті  $f$  становлять:  $G=0,12\text{См}$ ,  $B_C=0,2\text{См}$ ,  $B_L=0,04\text{См}$ . Обчисліть повну провідність кола.

7.7.5. Параметри схеми на рис.7.3 при частоті  $f$  становлять:  $G=0,12\text{См}$ ,  $B_C=0,2\text{См}$ ,  $B_L=0,04\text{См}$ . Обчисліть повний опір кола.

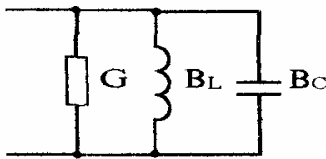


Рис. 7.3.

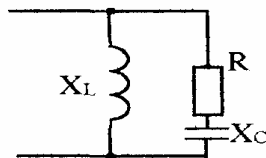


Рис. 7.4.

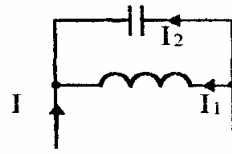


Рис. 7.5.

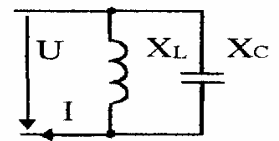


Рис. 7.6.

7.7.6. Для схеми на рис.7.4 обчислити повну провідність кола, якщо  $R=6\text{ Ом}$ ,  $X_C=8\text{ Ом}$ ,  $X_L=10\text{ Ом}$ .

7.7.7. Для схеми на рис.7.4 обчислити  $X_L$  для випадку резонансу струмів, якщо  $X_C=12,5\text{ Ом}$ ,  $R=6\text{ Ом}$ .

7.7.8. Для схеми на рис.7.4 обчислити  $R$  для випадку резонансу струмів, якщо  $X_C=12,5\text{ Ом}$ ,  $X_L=6\text{ Ом}$ .

7.7.9. В схемі на рис.7.5 обчислити  $I$ , якщо  $I_1=3\text{ А}$ ,  $I_2=4\text{ А}$ .

7.7.10. Для схеми, що зображена на рис.7.6, обчислити загальний струм  $I$ , якщо  $u=141\sin\omega t$ , а  $X_L=X_C$ .

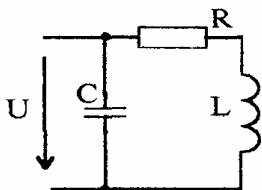


Рис. 7.7.

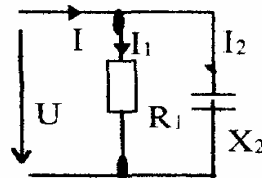


Рис. 7.8.

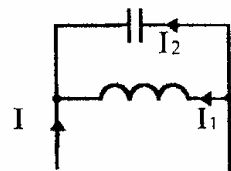


Рис. 7.9.

7.7.11. Чи споживається енергія контуром, що на рис.7.7, при резонансі струмів, якщо  $R=0$ ?

7.7.12. Чи споживається енергія контуром, що на рис.7.7, при резонансі струмів, якщо  $R \neq 0$ ?

7.7.13. Напруга  $U=380\text{ В}$ , струм  $I=24\text{ А}$ , частота  $f=50\text{ Гц}$ ,  $\cos\phi = 0,866$ . Визначте ємність  $C$  батареї конденсаторів, якщо необхідно отримати  $\cos\phi = 1$ .

- 7.7.14. Визначте струм  $I$ , якщо  $U=6\text{В}$ ,  $R_1=55,8\ \text{Ом}$ ,  $X_2=48,7\ \text{Ом}$  (Рис.7.8).  
 7.7.15. Визначте струм  $I$ , якщо  $U=6\text{В}$ ,  $R_1=83,1\ \text{Ом}$ ,  $X_2=39\ \text{Ом}$  (Рис.7.8).  
 7.7.16. Визначте струм  $I$ , якщо  $U=5\text{В}$ ,  $R_1=77,4\ \text{Ом}$ ,  $X_2=41,2\ \text{Ом}$  (Рис.7.8).  
 7.7.17. Визначте струм  $I$ , якщо  $U=5\text{В}$ ,  $R_1=77,4\ \text{Ом}$ ,  $X_2=41,2\ \text{Ом}$  (Рис.7.8).  
 7.7.18. Визначте струм  $I$ , якщо  $U=5\text{В}$ ,  $R_1=77,4\ \text{Ом}$ ,  $X_2=41,2\ \text{Ом}$  (Рис.7.8).  
 7.7.19. Визначте струм  $I$ , якщо  $I_1=4\text{А}$ ,  $R=5\ \text{Ом}$ ,  $C=300\ \mu\text{Ф}$ ,  $f=50\ \text{Гц}$  (Рис.7.8).  
 7.7.20. Визначте струм  $I$ , якщо  $U=20\text{В}$ ,  $R=6\ \text{Ом}$ ,  $X_C=8\ \text{Ом}$ ,  $f=50\ \text{Гц}$  (Рис.7.8).  
 7.7.21. Обчислити  $I_2$ , якщо  $I=2\text{А}$ ,  $I_1=6\text{А}$ , якщо  $X_L < X_C$  (Рис.7.9).

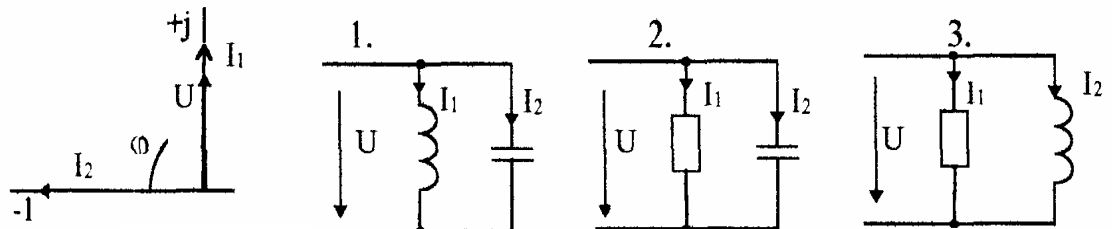


Рис. 7.10.

- 7.7.22. Якому колу відповідає векторна діаграма на рис.7.10?

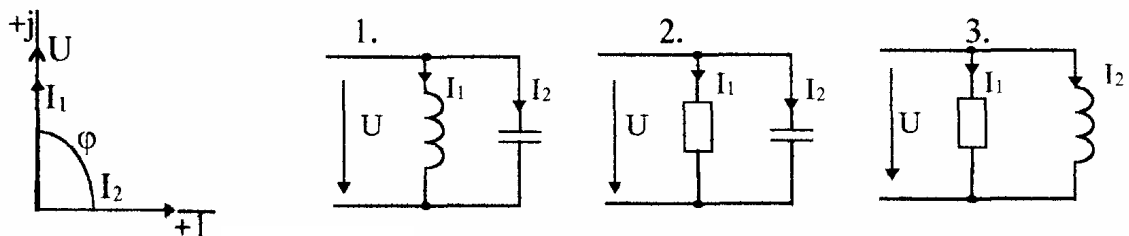


Рис. 7.11.

- 7.7.23. Якому колу відповідає векторна діаграма на рис.7.11?

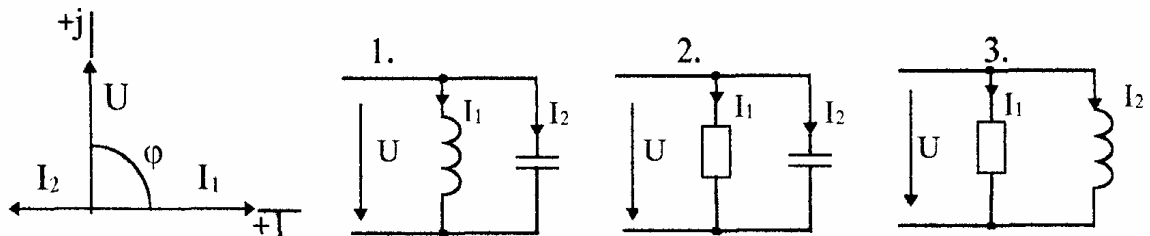


Рис. 7.12.

- 7.7.24. Якому колу відповідає векторна діаграма на рис.7.12?  
 7.7.25. Паралельно котушці з параметрами  $R=4\ \text{Ом}$ ,  $L=0,01\ \text{Гн}$  приєднано конденсатор, ємність якого  $C=100\ \mu\text{Ф}$ . Визначити резонансну частоту електричного кола.  
 7.7.26. Паралельно котушці з параметрами  $R=4\ \text{Ом}$ ,  $L=0,01\ \text{Гн}$  приєднано конденсатор, ємність якого  $100\ \mu\text{Ф}$ . Визначити резонансну частоту.

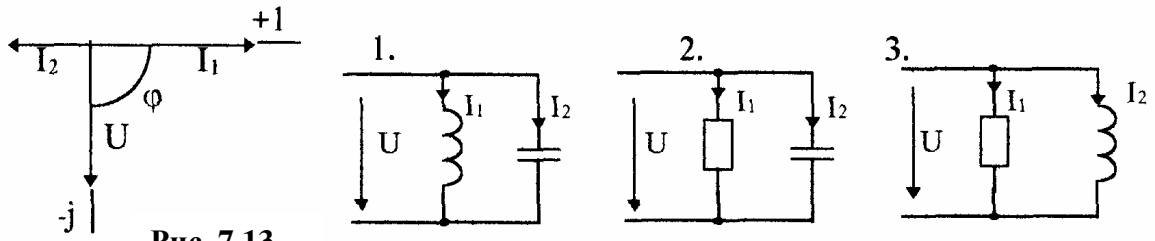
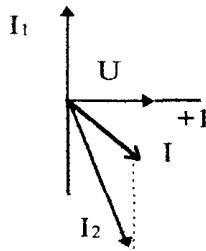
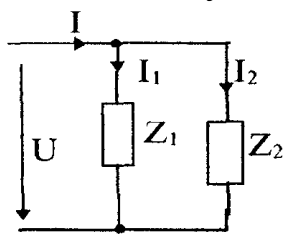


Рис. 7.13.

7.7.27. Якому колу відповідає векторна діаграма на рис.7.13?

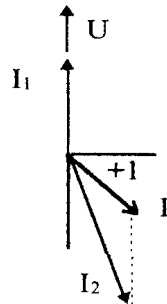
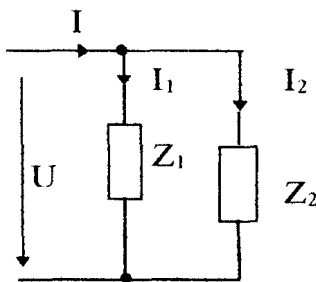
7.7.28. По векторній діаграмі, що на рис.7.14, визначте, який характер навантаження у відгалуженнях схеми заміщення.



1.  $Z_1$  – Активно-індуктивне,  
 $Z_2$  – Активно-ємнісне.
2.  $Z_1$  – Ємнісне,  
 $Z_2$  – Активно-індуктивне.
3.  $Z_1$  – Активне.  
 $Z_2$  – Ємнісне.

Рис. 7.14.

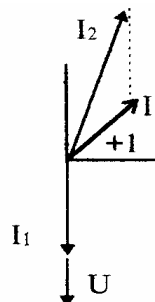
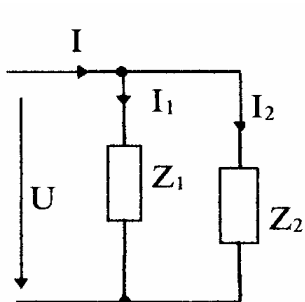
7.7.29. По векторній діаграмі, що на рис.7.15, визначте, який характер навантаження у відгалуженнях схеми заміщення.



1.  $Z_1$  – Активно-індуктивне,  
 $Z_2$  – Активно-ємнісне.
2.  $Z_1$  – Ємнісне,  
 $Z_2$  – Активно-індуктивне.
3.  $Z_1$  – Активне.  
 $Z_2$  – Активно-індуктивне.

Рис. 7.15.

7.7.30. По векторній діаграмі, що на рис.7.16, визначте, який характер навантаження у відгалуженнях схеми заміщення.

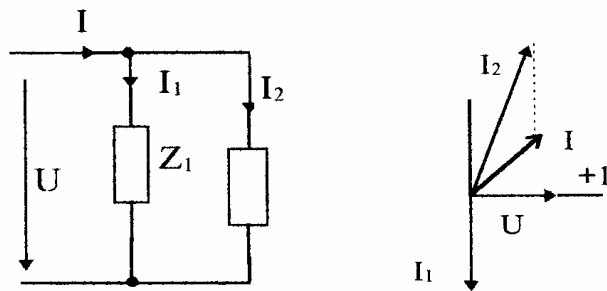


1.  $Z_1$  – Активне,  
 $Z_2$  – Активно-ємнісне.
2.  $Z_1$  – Ємнісне,  
 $Z_2$  – Активно-індуктивне.
3.  $Z_1$  – Активне.  
 $Z_2$  – Активно-індуктивне.

Рис. 7.16.

7.7.31. Ідеальна котушка індуктивності ( $R_K=0$ ) і конденсатор  $C$  з'єднані паралельно і підключені до джерела постійного струму. При деякій частоті  $f_0$  джерела живлення в колі виник резонанс струмів. Чому дорівнює струм в нерозгалуженій частки кола. Як можна виявити момент резонансу?

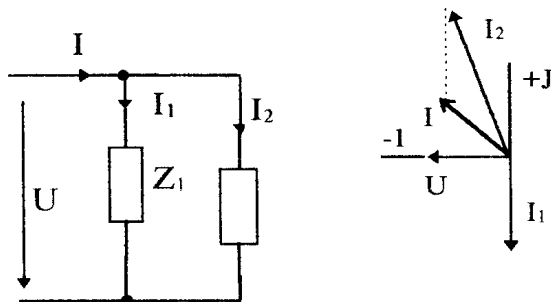
7.7.32. По векторній діаграмі, що на рис.7.17, визначте, який характер навантаження у відгалуженнях схеми заміщення.



1.  $Z_1$  – Активно-індуктивне,  
 $Z_2$  –Активно-ємнісне.
2.  $Z_1$  – Індуктивне,  
 $Z_2$  –Активно- емнісне.
3.  $Z_1$  – Активне.  
 $Z_2$  Ємнісне.

Рис. 7.17.

7.7.33. По векторній діаграмі, що на рис.7.18, визначте, який характер навантаження у відгалуженнях схеми заміщення.



1.  $Z_1$  – Активно-індуктивне,  
 $Z_2$  –Активно-ємнісне.
2.  $Z_1$  – Індуктивне,  
 $Z_2$  –Активно- емнісне.
3.  $Z_1$  – Ємнісне.  
 $Z_2$  – Активно-індуктивне.

Рис. 7.18.

7.7.34. Котушка з індуктивністю  $L=120\text{мГн}$  і конденсатором ємністю  $C=25\text{мкФ}$  з'єднані паралельно і під'єднані до джерела змінної напруги з діючим значенням  $U=75\text{В}$ . Знайти резонансну частоту і діючі значення струмів во всіх гілках.

## 7.8. Додаток

Таблиця варіантів до схеми, яка приведена на рис. 7.1.

Номер варіанту	Е, В	F, Гц	$\phi$ , гр.	J, А	С, мкФ	R, кОм	L, Гн	r1, Ом	r2, Ом
1	10	40	90	0.1	1	0.4	0.1	1	5
2	20	50	120	0.2	2	0.5	0.2	2	4
3	30	60	150	0.3	3	0.6	0.3	3	6
4	40	400	180	0.4	4	0.7	0.4	4	2
5	45	800	210	0.5	5	0.8	0.5	5	1
6	50	1к	240	0.6	6	0.9	0.6	6	2
7	55	2к	270	0.7	7	1	0.7	7	3
8	60	3к	300	0.8	8	2	0.8	8	4
9	65	4к	330	0.9	9	3	0.9	9	5
10	70	5к	0	1.0	10	4	1	7	6
11	75	6к	30	1.1	11	5	1.1	5	7
12	80	7к	60	1.2	12	6	1.2	4	8
13	85	8к	45	1.3	13	7	1.3	3	5
14	90	9к	80	1.4	14	8	1.4	2	4
15	95	10к	100	1.5	15	9	1.5	1	8