

Лабораторна робота №5

„Дослідження паралельного кола змінного струму і резонансу струмів”

Мета роботи: Аналізуючи дослідні дані вивчити електромагнітні процеси в колі з паралельним з'єднанням віток які містять індуктивність і ємність. Вивчити суть, особливості і умови резонансу струмів в досліджуваному колі. Вияснити суть коефіцієнту потужності і його значення.

Прилади і обладнання.

1. Лабораторний стенд ЛЕС-5.
2. Амперметр Э 537 – 3 шт.
3. Вольтметр Э 545 – 1 шт.
4. Ватметр Д 5067 – 1 шт.
5. Котушка індуктивності (дросьель).

Методичні вказівки.

При паралельному з'єднанні віток з індуктивністю і ємністю (рис 1) до віток підводиться однакова (загальна) напруга U .

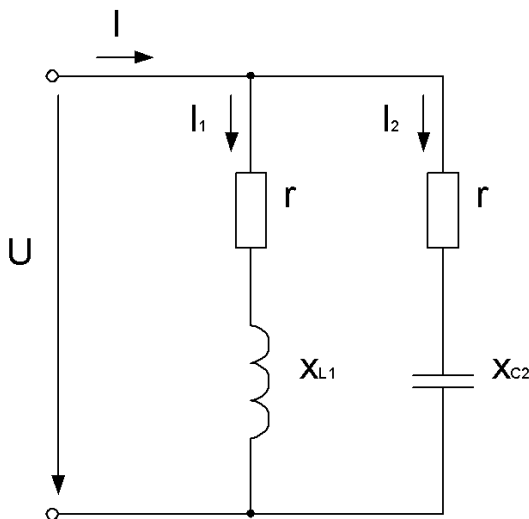


Рис.1.

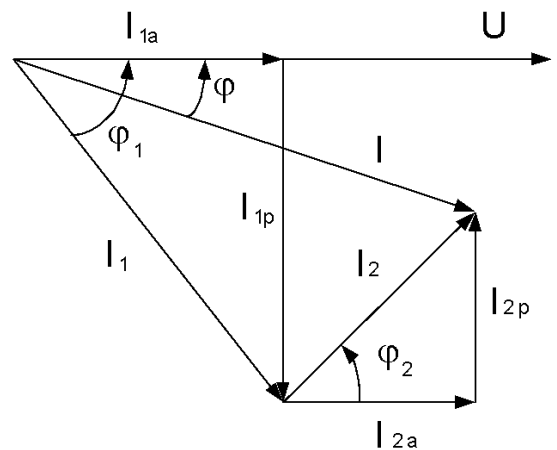


Рис.2.

Загальний струм споживаний колом рівний геометричній сумі струмів віток:

$$\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2$$

Алгебраїчно загальний струм можна знайти знаючи його активну I_a і реактивну I_p складові:

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_p^2}.$$

Щоб знайти складові загального струму необхідно визначити складові струмів у вітках, що можна зробити за формулами:

$$I_{1a} = I_1 \cdot \cos \varphi_1 = I_1 \cdot \frac{r_1}{Z_1}; \quad I_{1p} = I_1 \cdot \sin \varphi_1 = I_1 \cdot \frac{X_{L1}}{Z_1};$$

(для даного кола $X_{C1}=0$).

$$I_{2a} = I_2 \cdot \cos \varphi_2 = I_2 \cdot \frac{r_2}{Z_2}; \quad I_{2p} = I_2 \cdot \sin \varphi_2 = I_2 \cdot \frac{-x_{C1}}{Z_1};$$

(для даного кола $x_{L2}=0$).

Тоді:

$$I_a = I_{1a} + I_{2a}; \quad I_p = I_{1p} + I_{2p}.$$

На рис.2 приведена векторна діаграма розгалуженого кола, де вектори струмів віток побудовані по їх активних і реактивних складових, тобто згідно векторних рівнянь:

$$\vec{I}_a = \vec{I}_{1a} + \vec{I}_{2a}; \quad \vec{I}_p = \vec{I}_{1p} + \vec{I}_{2p}.$$

При побудові векторних діаграм необхідно врахувати, що в вітках з індуктивністю реактивна складова струму відстає від напруги по фазі на 90° (в нашому випадку I_{1p}), а в вітці з ємністю реактивна складова струму опередає напругу по фазі на 90° (в нашому випадку I_{2p}).

В розглядуваному колі коли індуктивність виступає як споживач, тобто в ній формується магнітне поле і запасається енергія, то в цей час ємність розряджається, тобто виступає як джерело і віддає запасену в електричному полі енергію, і навпаки. При певних параметрах кола реактивні потужності індуктивності і ємності можуть виявитися рівними і обмін енергією буде проходити тільки між цими різнохарактерними елементами, а джерело живлення в цьому обміні не буде брати участі. В цьому випадку коло не споживає від джерела реактивної потужності і в цілому веде себе як активний опір, при цьому $\cos \varphi = 1$.

Такий режим у досліджуваному колі називається **резонансом струму**.

При резонансі струмів в розглядуваному колі, повинні бути рівні між собою по величині реактивні складові струмів віток $|I_{1p}| = |I_{2p}|$, а оскільки ці струми знаходяться в протифазі, то загальний реактивний струм $I_p = I_{1p} - I_{2p} = 0$. Струм, споживаний колом у даному випадку, буде мінімальним і буде мати тільки активну складову

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_p^2} = I_a.$$

Оскільки струм паралельного кола при резонансі мінімальний, то можна зробити висновок, що при резонансі паралельний контур має максимальний опір.

Резонансу струмів в розглядуваному колі можна досягнути зміною ємності C , індуктивності L , або частоти f , або зміною опорів r_1 і r_2 .

Робоче завдання

1. Зібрати схему зображену на рис.3. і після перевірки її керівником занять подати на зажими кола напругу 140 В.

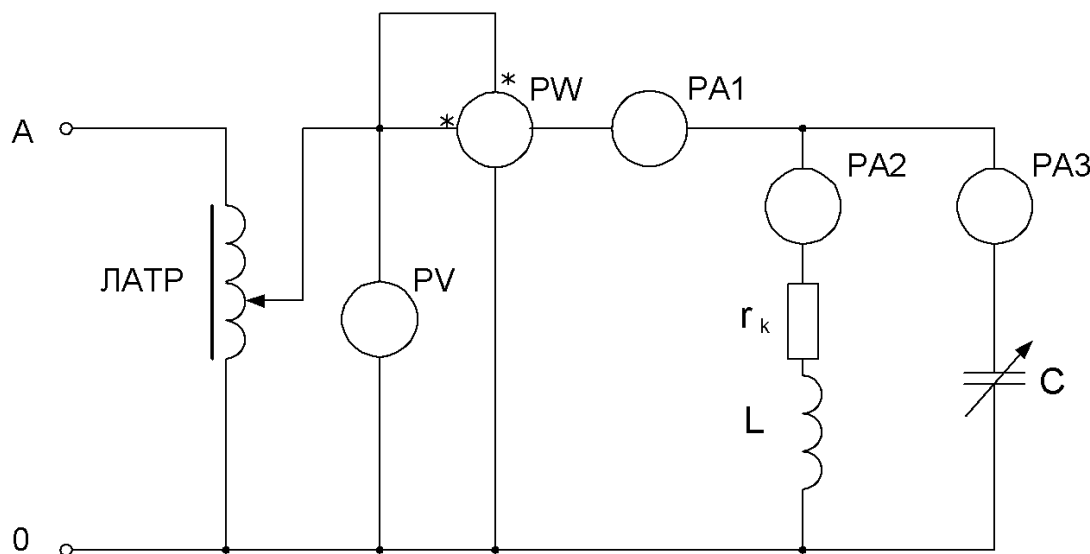


Рис.3.

Примітка. В першій вітці ввімкнений дросель, який має значний активний опір, тому на рис.3. він показаний схемою заміщення, яка складається з активного опору дроселя r_k і індуктивності L . Тобто струм в даній вітці буде мати як активну I_{1a} так і реактивну I_{1p} складові. В другій вітці ввімкнено тільки конденсатори, які з великою ступінню точності можна вважати ідеальною ємністю, тобто в другій вітці буде тільки реактивна складова струму $I=I_{2p}$.

2. Змінюючи ємність конденсаторів, встановити при якому її значенні настає резонанс струмів (загальний струм кола при цьому мінімальний).
3. Змінюючи ємність конденсаторів для різних їх значень виміряти: загальний струм I . Струми у вітках I_1 і I_2 , активну потужність споживану колом P . (Необхідно провести 4-5 вимірів до резонансу, обов'язково при резонансі і 4-5 вимірів після резонансу).
4. По результатах вимірів розрахувати:

$$r_1 = r_k = \frac{P}{I_1^2}$$

- активний опір котушки (враховано, що в нашому випадку коло споживає активну потужність тільки за рахунок активного опору котушки).

$$z_1 = z_k = \frac{U}{I_1};$$

- повний опір першої вітки (котушки)

- індуктивний опір першої вітки (котушки) $x_{L1} = \sqrt{z_1^2 - r_1^2};$

$$I_{1a} = I_1 \cdot \frac{r_1}{z_1};$$

- активну складову струму першої вітки

$$I_{lp} = I_1 \cdot \frac{x_{L1}}{z_1};$$

- реактивну складову струму першої вітки

- реактивну потужність споживану першою віткою $Q_1 = Q_L = I_1^2 \cdot x_{L1};$

- реактивну потужність споживану другою віткою $Q_2 = Q_C = I_2^2 \cdot (-x_{C2});$

- загальну потужність споживану колом $S=U \cdot I;$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}.$$

- коефіцієнт потужності кола

- Дані вимірів і розрахунків записати в табл. 1 і табл. 2. (Оскільки величини U ; P ; I_1 ; r_1 ; x_{L1} ; z_1 ; I_{1a} ; I_{lp} Q_1 залишаються в нашому випадку постійними, то недоцільно записувати їх в таблицю при всіх значеннях ємності, тому для них виділена окрема таблиця).
- По результатах вимірів і розрахунків побудувати залежності: $I=f(C)$; $I_{lp}=f(C)$; $I_{2p}=I_2=f(C)$.
- Для трьох випадків: до резонансу, при резонансі і після резонансу побудувати векторні діаграми кола.

Табл. 1.

Виміри			Розрахунки					
U, В	P, Вт	I ₁ , А	r ₁ , Ом	z ₁ , Ом	x _{L1} , Ом	I _{1a} , А	I _{lp} , А	Q ₁ , вар

Табл. 2.

C, мкф										В и м і р и
I, А										
I ₂ =I _{2p} , А										
Q ₁ =Q _L , вар										Р о з р а х у н к и
Q ₂ =Q _C , вар										
S, ВА										
cosφ										

Контрольні питання

- Як визначається загальний струм в колі при паралельному з'єднанні віток?
- Який порядок побудови векторних діаграм струмів при паралельному з'єднанні віток?
- Де і при яких умовах виникає резонанс струмів?
- Чим характерний режим резонансу струму в колі?

5. Як на досліді можна визначити резонанс струмів?
6. Який опір кола при резонансі струмів?
7. Яким чином в паралельних вітках можна досягнути резонансу струмів?
8. Чому при зміні ємності в одній із віток проходить зміна загального струму?
Чому не змінюються струм в іншій вітці?
9. Як змінюється фаза загального струму при переході кола через резонанс?