

**Міністерство освіти України**  
**Національний технічний університет України**  
**“Київський політехнічний інститут”**  
*Кафедра ТОЕ*

***Розрахунково-графічна робота***  
*“Розрахунок однофазного кола синусоїдного струму”*  
*Варіант № 203*

Виконав: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Перевірив: \_\_\_\_\_

### Умова завдання

В електричному колі діє джерело синусоїдної ЄРС:

#### Необхідно:

#### 1. ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО КОЛА БЕЗ ВЗАЄМНОЇ ІНДУКЦІЇ:

- 1.1. Розрахувати струми віток символічним методом скласти баланс активних і реактивних потужностей кола;
- 1.2. Побудувати діаграму струмів і топографічну діаграму напруг, показати кут зсуву фаз;
- 1.3. Приймаючи активний опір  $R_2$  за нульовий і вважаючи реактивний опір цієї вітки невідомий, розрахувати його за умови резонансу струмів;
- 1.4. Розрахувати струму для резонансного стану кола; визначити покази вольтметра;
- 1.5. Перевірити правильність розрахунків за балансом потужностей;
- 1.6. Розрахувати (знайти нулі і полюси) і побудувати частотну характеристику вхідного опору частини кола, розміщеної справа від перерізу А-А. Для одержання реактивного двополюсника активні опори закоротити.

#### 2. ПРИ НАЯВНОСТІ МАГНІТНОГО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ІНДУКТИВНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ $L_1$ ТА $L_2$ (ОДНОЙМЕННІ ПОЧАТКИ ПОЗНАЧЕНІ НА СХЕМІ ТОЧКАМИ):

- 2.1. Перетворивши схему до двох незалежних контурів, розрахувати струми у всіх вітках схеми методом контурних струмів, визначити покази вольтметра;
- 2.2. Перевірити правильність розрахунків за балансом потужностей, визначити активну і реактивну потужності магнітного зв'язку;
- 2.3. Побудувати сумісну векторну діаграму струмів і топографічну діаграму напруг (на діаграмі показати напруги взаємної індукції).

#### 3. ВІДКИНУВШИ ВІТКУ МІЖ ЗАТИСКАЧАМИ 2-2", ВИКОНАТИ ЕКВІВАЛЕНТУВАННЯ ВЗАЄМОІНДУКТИВНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ВІТОК. ОДЕРЖАНУ СХЕМУ РОЗГЛЯДАТИ ЯК ЧОТИРИПОЛЮСНИК З ЗАТИСКАЧАМИ 1-1" ТА 2-2" :

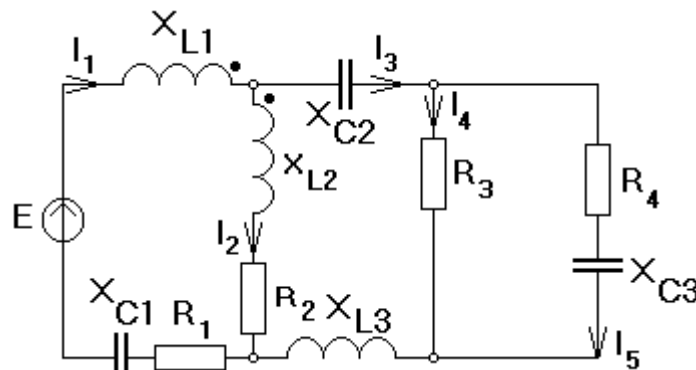
3.1 Розрахувати коефіцієнти чотирьополусника **A,B,C,D**;

3.2 Розрахувати параметри  $R,L,C$  віток схеми ("T" чи "П") заміщення.

$$E := 120 \quad \psi := -30 \quad R_1 := 7 \quad R_2 := 9 \quad R_3 := 11 \quad R_4 := 13 \quad X_{L1} := 37 \quad X_{L2} := 27 \quad X_{L3} := 20$$

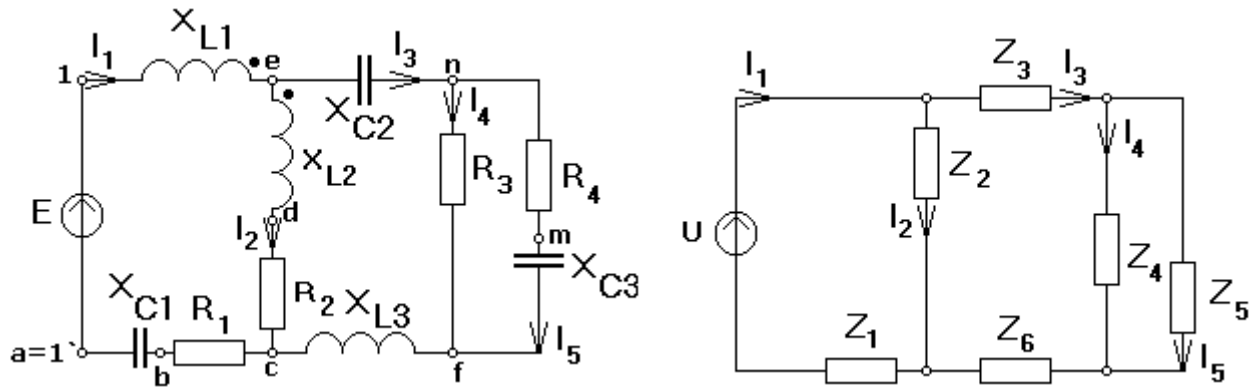
$$X_{C1} := 13 \quad X_{C2} := 10 \quad X_{C3} := 6 \quad X_M := 15 \quad f := 50$$

$$U := E \cdot e^{j \cdot \psi \cdot \frac{\pi}{180}} \quad U = 103.923 - 60i \quad F(U) = (120 \quad -30)$$



**Для електричного кола без взаємної індукції:**

**Розрахувати всі струми символьним методом**



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_{C1}) \rightarrow 7 + 24 \cdot i$$

$$Z_4 := R_3 \rightarrow 11$$

$$Z_2 := R_2 + i \cdot (X_{L2}) \rightarrow 9 + 27 \cdot i$$

$$Z_5 := R_4 - i \cdot X_{C3} \rightarrow 13 - 6 \cdot i$$

$$Z_3 := -i \cdot X_{C2} \rightarrow -10 \cdot i$$

$$Z_6 := i \cdot X_{L3} \rightarrow 20 \cdot i$$

$$Z_E := \frac{\left( \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6 \right) \cdot Z_2}{Z_2 + \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6} + Z_1 \quad Z_E = 11.037 + 30.792i$$

$$I_1 := \frac{U}{Z_E}$$

$$I_1 = -0.655 - 3.61i$$

$$F(I_1) = (3.669 \quad -100.28)$$

$$I_2 := \frac{I_1 \cdot \left( \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6 \right)}{Z_2 + \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6}$$

$$I_2 = -0.391 - 0.941i$$

$$F(I_2) = (1.019 \quad -112.571)$$

$$I_3 := \frac{I_1 \cdot Z_2}{\left( Z_2 + \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6 \right)}$$

$$I_3 = -0.264 - 2.669i$$

$$F(I_3) = (2.682 \quad -95.644)$$

$$I_4 := I_3 \cdot \frac{Z_5}{Z_5 + Z_4}$$

$$I_4 = -0.438 - 1.489i$$

$$F(I_4) = (1.552 \quad -106.383)$$

$$I_5 := I_3 \cdot \frac{Z_4}{Z_4 + Z_5}$$

$$I_5 = 0.174 - 1.18i$$

$$F(I_5) = (1.193 \quad -81.607)$$

**Перевірка за першим законом Кіргофа:**  $I_1 - I_2 - I_3 = 0$      $I_3 - I_4 - I_5 = 0$      $I_2 + I_5 + I_4 - I_1 = 0$

**Перевірка за другим законом Кіргофа:**

$$-I_1 \cdot [R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_{C1})] + U - I_2 \cdot (R_2 + i \cdot X_{L2}) = -7.105 \times 10^{-15} + 7.105i \times 10^{-15}$$

$$I_2 \cdot (R_2 + i \cdot X_{L2}) - I_4 \cdot R_3 - I_3 \cdot (-i \cdot X_{C2} + i \cdot X_{L3}) = -2.665i \times 10^{-15}$$

$$I_4 \cdot R_3 - I_5 \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3}) = 3.553i \times 10^{-15}$$

# Перевірка за балансом потужностей

$$S_1 := U \cdot \overline{I_1}$$

$$S_1 = 148.539 + 414.405i$$

$$P := (|I_1|)^2 \cdot R_1 + (|I_2|)^2 \cdot R_2 + (|I_4|)^2 \cdot R_3 + (|I_5|)^2 \cdot R_4$$

$$P = 148.539$$

$$Q := (|I_1|)^2 \cdot (-X_{C1} + X_{L1}) + (|I_2|)^2 \cdot X_{L2} + (|I_3|)^2 \cdot (-X_{C2} + X_{L3}) + (|I_5|)^2 \cdot (-X_{C3})$$

$$Q = 414.405$$

**Будуємо сумісну векторну діаграму струмів та топографічну діаграму напруг**

$$\phi_a := 0$$

$$\phi_b := \phi_a + I_1 \cdot (-i \cdot X_{C1})$$

$$\phi_b = -46.925 + 8.511i$$

$$F(\phi_b) = (47.691 \quad 169.72)$$

$$\phi_c := \phi_b + I_1 \cdot R_1$$

$$\phi_c = -51.508 - 16.756i$$

$$F(\phi_c) = (54.165 \quad -161.98)$$

$$\phi_d := \phi_c + I_2 \cdot R_2$$

$$\phi_d = -55.026 - 25.221i$$

$$F(\phi_d) = (60.531 \quad -155.376)$$

$$\phi_e := \phi_d + I_2 \cdot i \cdot X_{L2}$$

$$\phi_e = -29.633 - 35.776i$$

$$F(\phi_e) = (46.455 \quad -129.635)$$

$$\phi_1 := \phi_e + I_1 \cdot i \cdot X_{L1}$$

$$\phi_1 = 103.923 - 60i$$

$$F(\phi_1) = (120 \quad -30)$$

$$\phi_{1'} := \phi_1 - U$$

$$\phi_{1'} = 1.421 \times 10^{-14} - 7.105i \times 10^{-15}$$

$$\phi_f := \phi_c + I_3 \cdot i \cdot X_{L3}$$

$$\phi_f = 1.874 - 22.031i$$

$$F(\phi_f) = (22.111 \quad -85.137)$$

$$\phi_n := \phi_f + I_4 \cdot R_3$$

$$\phi_n = -2.942 - 38.414i$$

$$F(\phi_n) = (38.526 \quad -94.379)$$

$$\phi_m := \phi_f + I_5 \cdot (-i \cdot X_{C3})$$

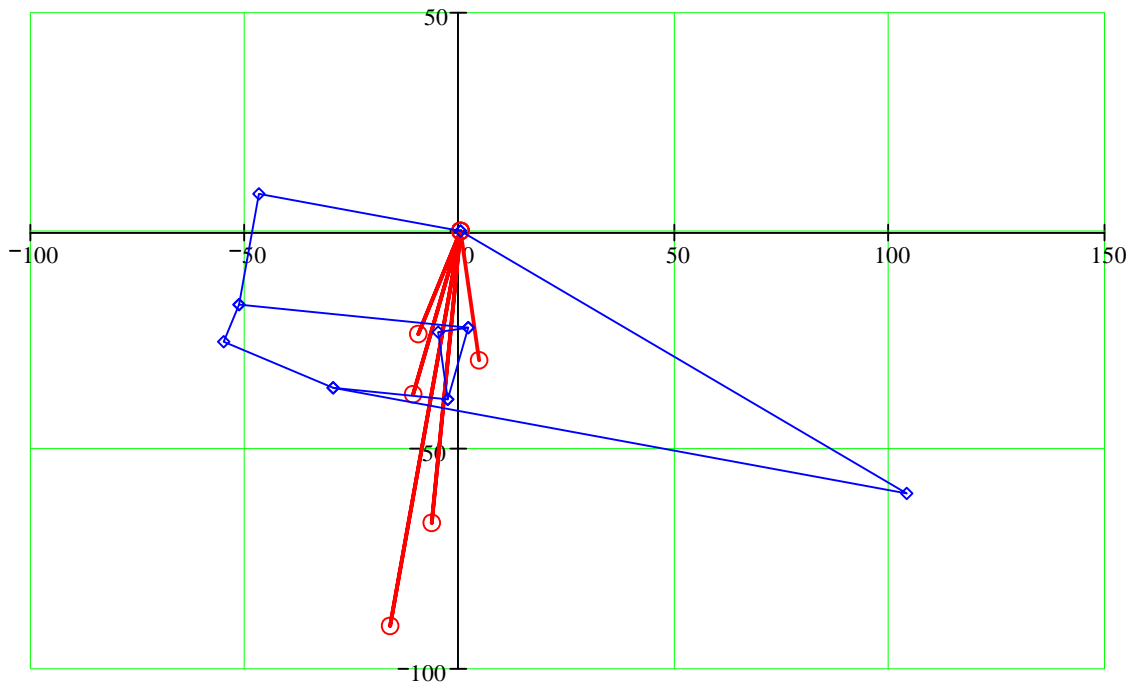
$$\phi_m = -5.205 - 23.076i$$

$$F(\phi_m) = (23.656 \quad -102.71)$$

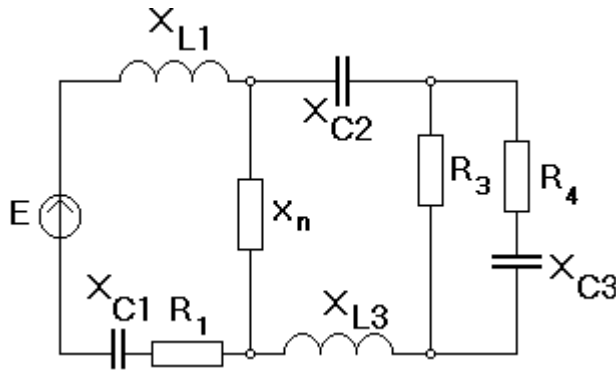
$$\phi_n := \phi_m + I_5 \cdot R_4$$

$$\phi_n = -2.942 - 38.414i$$

$$F(\phi_n) = (38.526 \quad -94.379)$$



Прийняти опір  $R_2 = 0$  і, вважаючи реактивний опір цієї вітки невідомим, визначити його за умовою резонансу струмів.



$$Z_E := \frac{R_3 \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3})}{R_3 + R_4 + i \cdot (-X_{C3})} - i \cdot (X_{C2} + X_{L3}) \quad Z_E = 6.255 - 31.186i$$

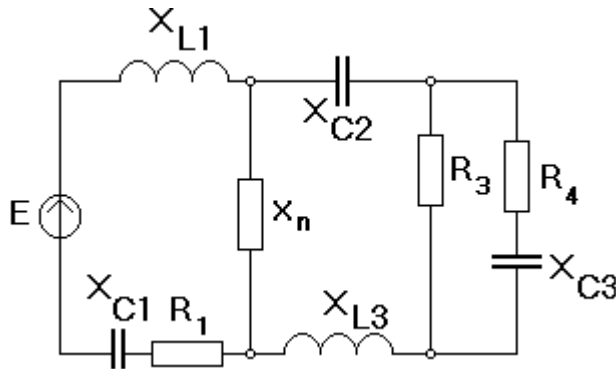
$$Z_E = R_E - j \cdot X_E \quad R_E := \text{Re}(Z_E) \quad R_E = 6.255 \quad X_E := \text{Im}(Z_E) \quad X_E = -31.186$$

За умовою резонансу:

$$B_{ab} = B_n + B_E \quad B_n = -B_E = \frac{-X_E}{X_E^2 + R_E^2}$$

$$B_n := \frac{-X_E}{X_E^2 + R_E^2} \quad B_n = 0.031 \quad \text{Реактивний опір вітки: } X_n := \frac{1}{B_n} \quad X_n = 32.441$$

Розрахувати струми для резонансного стану кола;



$$Z_1 := R_1 - X_{C1} \cdot i + X_{L1} \cdot i \quad Z_1 = 7 + 24i$$

$$Z_3 := -X_{C2} \cdot i + X_{L3} \cdot i \quad Z_3 = 10i$$

$$Z_4 := R_3 \quad Z_4 = 11$$

$$Z_5 := R_4 - X_{C3} \cdot i \quad Z_5 = 13 - 6i$$

$$Z_{345} := \frac{Z_4 \cdot Z_5}{Z_4 + Z_5} + Z_3 \quad Z_{345} = 6.255 + 8.814i$$

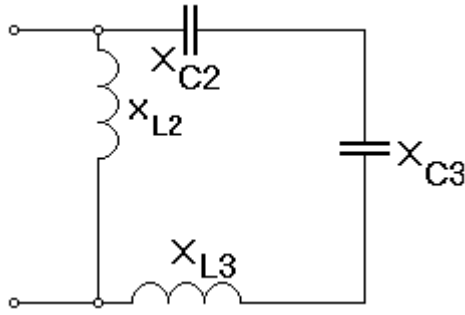
$$\text{Вхідний опір кола: } Z_{VX}(X_N) := \frac{Z_{345} \cdot i \cdot X_N}{Z_{345} + i \cdot X_N} + Z_1$$

$$Z_{VX}(X_N) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{simplify} \end{array} \right. \rightarrow \frac{(75516 \cdot X_N + 8112 \cdot X_N^2 + 500395 + 330397 \cdot i \cdot X_N + 20082 \cdot i \cdot X_N^2 + 1715640 \cdot i)}{(71485 + 10788 \cdot X_N + 612 \cdot X_N^2)}$$

$$X_N := \text{Im}(Z_{VX}(X_N)) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{solve, } X_N \rightarrow \\ \text{float, 5} \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} -8.2262 + 4.2144 \cdot i \\ -8.2262 - 4.2144 \cdot i \end{pmatrix}$$

Отже резонанс кола неможливий

Розрахувати (знайти нулі і полюси) і побудувати частотну характеристику вхідного опору частини кола, розміщеної справа від перерізу **A-A**. Активні опори закоротити



$$L_3 := \frac{X_{L3}}{\omega} \rightarrow \frac{1}{5 \cdot \pi} \quad L_3 = 0.064$$

$$C_2 := \frac{1}{X_{C2} \cdot \omega} \rightarrow \frac{1}{1000 \cdot \pi} \quad C_2 = 3.183 \times 10^{-4}$$

$$C_3 := \frac{1}{\omega \cdot X_{C3}} \rightarrow \frac{1}{600 \cdot \pi} \quad C_3 = 5.305 \times 10^{-4}$$

$$L_2 := \frac{X_{L2}}{\omega} \rightarrow \frac{27}{100 \cdot \pi} \quad L_2 = 0.086$$

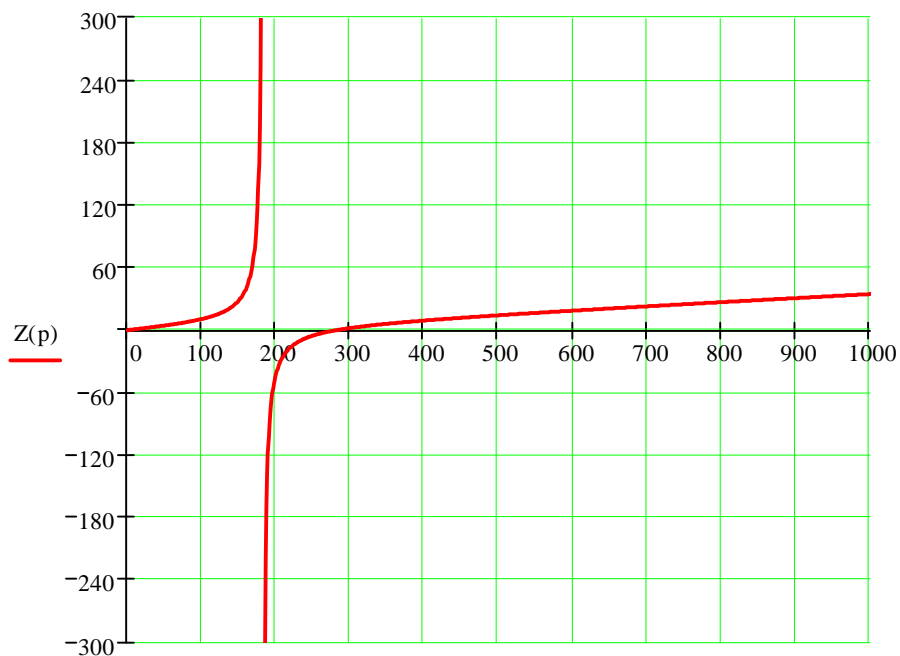
$$Z(p) := \frac{\left( \frac{-1}{C_2 \cdot p} - \frac{1}{C_3 \cdot p} + L_3 \cdot p \right) \cdot L_2 \cdot p}{L_2 \cdot p + \frac{-1}{C_2 \cdot p} - \frac{1}{C_3 \cdot p} + L_3 \cdot p} \rightarrow \frac{27}{100} \cdot \frac{\left( -1600 \cdot \frac{\pi}{p} + \frac{1}{5 \cdot \pi} \cdot p \right)}{\pi} \cdot \frac{p}{\left( \frac{47}{100 \cdot \pi} \cdot p - 1600 \cdot \frac{\pi}{p} \right)}$$

Знаходимо нулі:

$$p' := Z(p) \text{ solve, } p \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{1}{40 \cdot 5^2 \cdot \pi} \\ \frac{1}{-40 \cdot 5^2 \cdot \pi} \\ 0 \end{pmatrix} \quad p' = \begin{pmatrix} 280.993 \\ -280.993 \\ 0 \end{pmatrix} \quad p' := \begin{pmatrix} p'_0 \\ p'_2 \end{pmatrix} \quad p' = \begin{pmatrix} 280.993 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Знаходимо полюси:

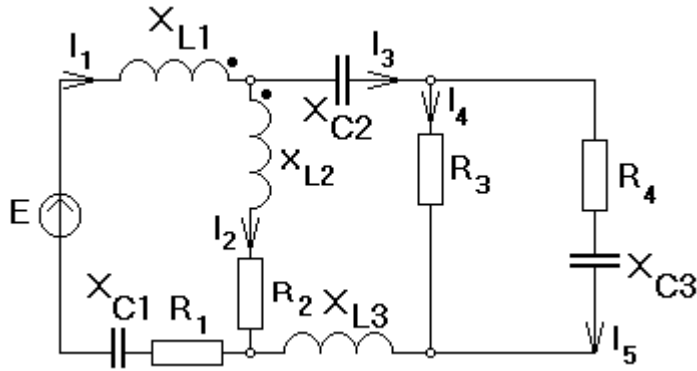
$$p'' := \frac{1}{Z(p)} \text{ solve, } p \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{1}{\frac{400}{47} \cdot 47^2 \cdot \pi} \\ \frac{1}{-\frac{400}{47} \cdot 47^2 \cdot \pi} \end{pmatrix} \quad p'' = \begin{pmatrix} 183.299 \\ -183.299 \end{pmatrix} \quad p'' := p''_0 \quad p'' = 183.299$$



p

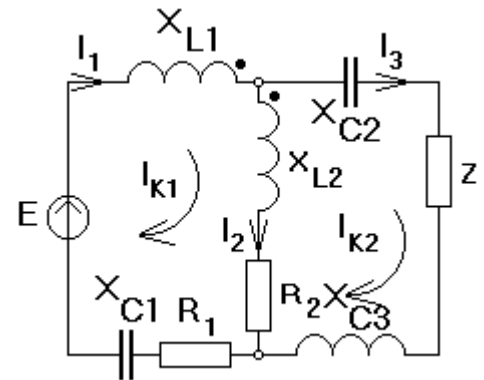
### При наявності магнітного зв'язку між індуктивними елементами

- 1) Перетворити схему до двох незалежних контурів, розрахувати струми у всіх вітках методом контурних струмів, визначити покази вольметра;
- 2) Перевірити правильність розрахунків за балансом потужностей, визначити активну і реактивну потужності магнітного зв'язку;
- 3) Побудувати сумісну векторну діаграму струмів та топографічну діаграму напруг



$$Z := \frac{(R_4 - i \cdot X_{C3}) \cdot R_3}{R_4 + R_3 + i \cdot (-X_{C3})}$$

$$Z = 6.255 - 1.186i$$



$$Z_{11} := R_1 + R_2 + i \cdot (X_{L1} - X_{C1} + X_{L2} - 2 \cdot X_M) \rightarrow 16 + 21 \cdot i$$

$$Z_{12} := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M) \rightarrow 9 + 12 \cdot i$$

$$Z_{22} := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_{C2} + X_{L3}) + Z \rightarrow \frac{778}{51} + \frac{3653}{102} \cdot i$$

Given

$$I_{K1} \cdot Z_{11} - I_{K2} \cdot Z_{12} = U$$

$$-I_{K1} \cdot Z_{12} + I_{K2} \cdot Z_{22} = 0$$

$$\begin{pmatrix} I_{K1} \\ I_{K2} \end{pmatrix} := \text{Find}(I_{K1}, I_{K2}) \text{ float, 15} \rightarrow \begin{pmatrix} .36439770185553 - 5.75210790655294 \cdot i \\ -.392276754986932 - 2.18600596733748 \cdot i \end{pmatrix}$$

$$I_{K1} = 0.364 - 5.752i$$

$$I_{K2} = -0.392 - 2.186i$$

$$I_1 := I_{K1}$$

$$I_1 = 0.364 - 5.752i$$

$$F(I_1) = (5.764 \quad -86.375)$$

$$I_2 := I_{K1} - I_{K2}$$

$$I_2 = 0.757 - 3.566i$$

$$F(I_2) = (3.645 \quad -78.02)$$

$$I_3 := I_{K2}$$

$$I_3 = -0.392 - 2.186i$$

$$F(I_3) = (2.221 \quad -100.173)$$

$$I_4 := I_3 \cdot \frac{R_4 - i \cdot X_{C3}}{R_4 + R_3 + i \cdot (-X_{C3})}$$

$$I_4 = -0.459 - 1.201i$$

$$F(I_4) = (1.285 \quad -110.912)$$

$$I_5 := I_3 - I_4$$

$$I_5 = 0.067 - 0.985i$$

$$F(I_5) = (0.988 \quad -86.137)$$

Перевірка за першим законом Кіргофа:  $I_1 - I_2 - I_3 = 0$       $I_3 - I_4 - I_5 = 0$       $I_2 + I_5 + I_4 - I_1 = 0$

Перевірка за другим законом Кіргофа:

$$-I_1 \cdot [R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_{C1} - X_M)] + U - I_2 \cdot [R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M)] = -2.061 \times 10^{-13} + 4.121i \times 10^{-13}$$

$$I_2 \cdot [R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M)] - I_4 \cdot R_3 - I_3 \cdot (-i \cdot X_{C2} + i \cdot X_M + i \cdot X_{L3}) = 2.629 \times 10^{-13} - 4.761i \times 10^{-13}$$

$$I_4 \cdot R_3 - I_5 \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3}) = 0$$

$$S_{M1} := -\overline{I_1} \cdot I_2 \cdot i \cdot X_M$$

$$S_{M1} = -45.795 - 311.825i$$

$$F(S_{M1}) = (315.17 \quad -98.355)$$

$$S_{M2} := -\overline{I_1} \cdot I_2 \cdot i \cdot X_M$$

$$S_{M2} = 45.795 - 311.825i$$

$$F(S_{M2}) = (315.17 \quad -81.645)$$

# Перевірка за балансом потужностей

$$S_1 := U \cdot \overline{I_1}$$

$$S_1 = 382.996 + 575.913i$$

$$P := (|I_1|)^2 \cdot R_1 + (|I_2|)^2 \cdot R_2 + (|I_4|)^2 \cdot R_3 + (|I_5|)^2 \cdot R_4 \quad P = 382.996$$

$$Q := (|I_1|)^2 \cdot i \cdot (-X_{C1} + X_{L1}) + (|I_2|)^2 \cdot i \cdot X_{L2} + (|I_3|)^2 \cdot (-X_{C2} \cdot i + X_{L3} \cdot i) + (|I_5|)^2 \cdot (-X_{C3} \cdot i)$$

$$Q := Q + S_{M1} + S_{M2}$$

$$Q = 575.913i$$

**Будуємо сумісну векторну діаграму струмів та топографічну діаграму напруг**

$$\phi_a := 0$$

$$\phi_b := \phi_a + I_1 \cdot (-i \cdot X_{C1})$$

$$\phi_b = -74.777 - 4.737i$$

$$F(\phi_b) = (74.927 \quad -176.375)$$

$$\phi_c := \phi_b + I_1 \cdot R_1$$

$$\phi_c = -72.227 - 45.002i$$

$$F(\phi_c) = (85.099 \quad -148.074)$$

$$\phi_d := \phi_c + I_2 \cdot R_2$$

$$\phi_d = -65.417 - 77.097i$$

$$F(\phi_d) = (101.11 \quad -130.315)$$

$$\phi_{d'} := \phi_d + I_2 \cdot i \cdot X_{L2}$$

$$\phi_{d'} = 30.868 - 56.667i$$

$$F(\phi_{d'}) = (64.529 \quad -61.421)$$

$$\phi_e := \phi_{d'} - I_1 \cdot i \cdot X_M$$

$$\phi_e = -55.413 - 62.133i$$

$$F(\phi_e) = (83.253 \quad -131.728)$$

$$\phi_{e'} := \phi_e - I_2 \cdot i \cdot X_M$$

$$\phi_{e'} = -108.905 - 73.483i$$

$$F(\phi_{e'}) = (131.377 \quad -145.991)$$

$$\phi_1 := \phi_{e'} + I_1 \cdot i \cdot X_{L1}$$

$$\phi_1 = 103.923 - 60i$$

$$F(\phi_1) = (120 \quad -30)$$

$$\phi_{1'} := \phi_1 - U$$

$$\phi_{1'} = 2.132 \times 10^{-13} - 4.121i \times 10^{-13}$$

$$\phi_f := \phi_c + I_3 \cdot i \cdot X_{L3}$$

$$\phi_f = -28.506 - 52.847i$$

$$F(\phi_f) = (60.046 \quad -118.343)$$

$$\phi_n := \phi_f + I_4 \cdot R_3$$

$$\phi_n = -33.553 - 66.055i$$

$$F(\phi_n) = (74.089 \quad -116.929)$$

$$\phi_e := \phi_n + I_3 \cdot (-i \cdot X_{C2})$$

$$\phi_e = -55.413 - 62.133i$$

$$F(\phi_e) = (83.253 \quad -131.728)$$

$$\phi_m := \phi_f + I_5 \cdot (-i \cdot X_{C3})$$

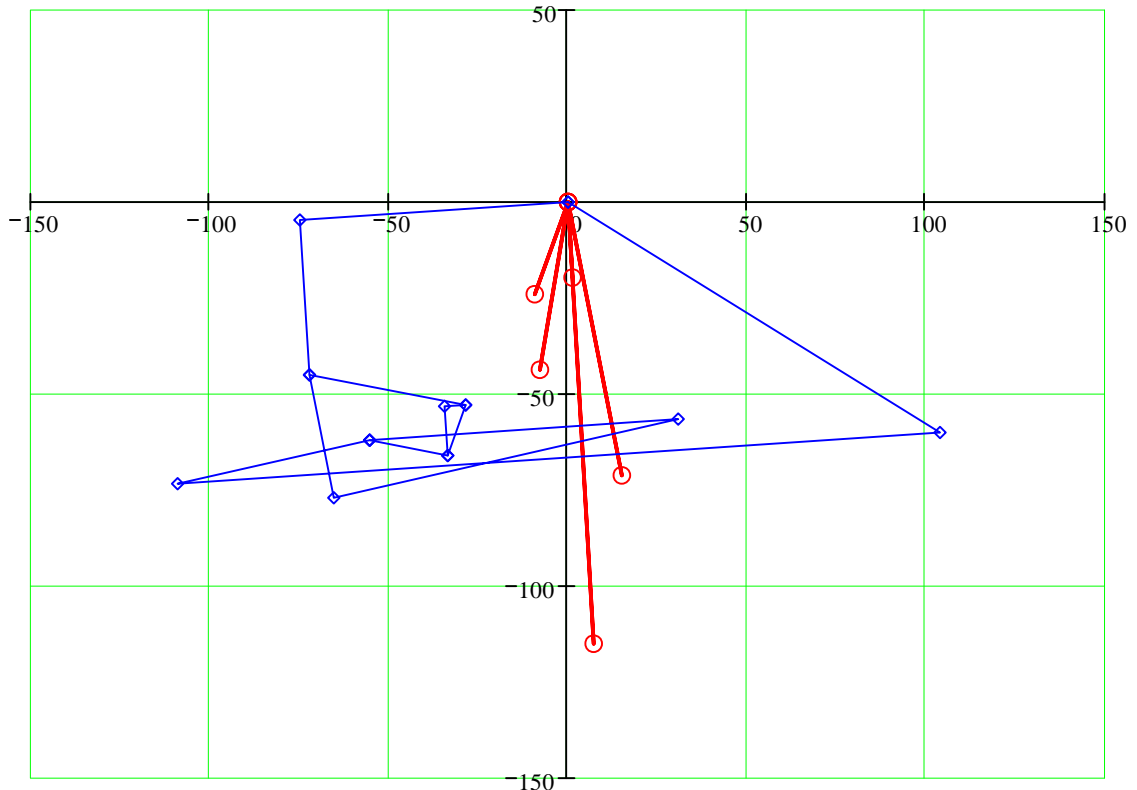
$$\phi_m = -34.418 - 53.247i$$

$$F(\phi_m) = (63.402 \quad -122.878)$$

$$\phi_n := \phi_m + I_5 \cdot R_4$$

$$\phi_n = -33.553 - 66.055i$$

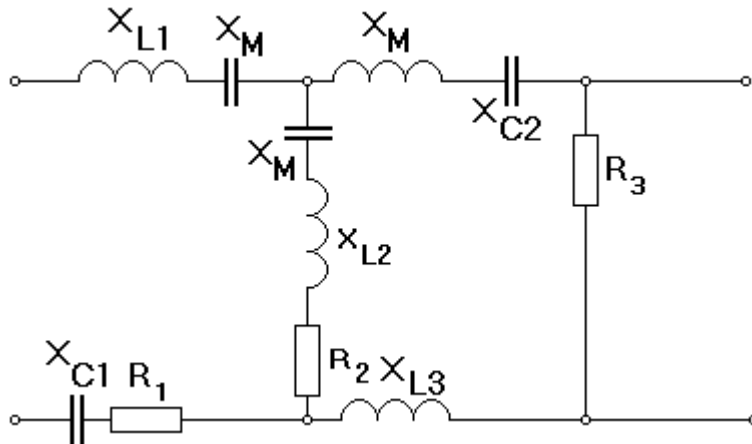
$$F(\phi_n) = (74.089 \quad -116.929)$$





**3. Відкинувши крайню вітку між полбсами 2,2", зробити розв'язку магнітного зв'язку. Одержану схему розглядати як чотириполюсник з полюсами 1,1" та 2,2":**

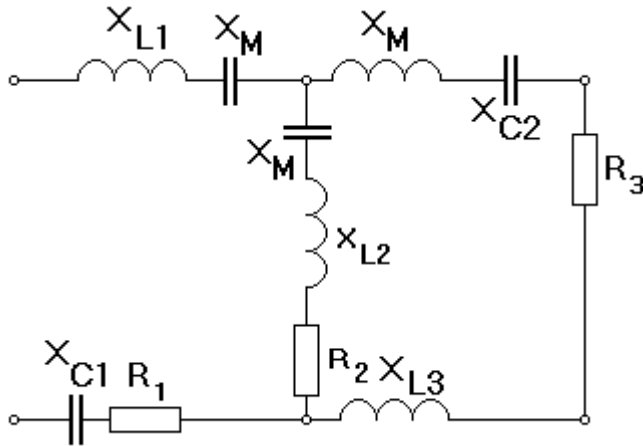
**1) Розрахувати коефіцієнти чотириполюсника A, B, C, D**



$$U_1 = A \cdot U_2 + B \cdot I_2$$

$$I_1 = C \cdot U_2 + D \cdot I_2$$

Неробочий хід:  $I_2 = 0$   $U_{10} := U$   $U_1 = A \cdot U_2$   $I_1 = C \cdot U_2$



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_M - X_{C1}) \rightarrow 7 + 9 \cdot i$$

$$Z_2 := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M) \rightarrow 9 + 12 \cdot i$$

$$Z_3 := R_3 + i \cdot (X_{L3} - X_{C2} + X_M) \rightarrow 11 + 25 \cdot i$$

$$Z_{10} := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_{10} = 12.194 + 17.24i \quad Z_{20} := \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} + Z_3 \quad Z_{20} = 14.938 + 30.143i$$

$$I_{10} := \frac{U_{10}}{Z_{10}} \quad I_{10} = 0.522 - 5.659i \quad F(I_{10}) = (5.683 \quad -84.727)$$

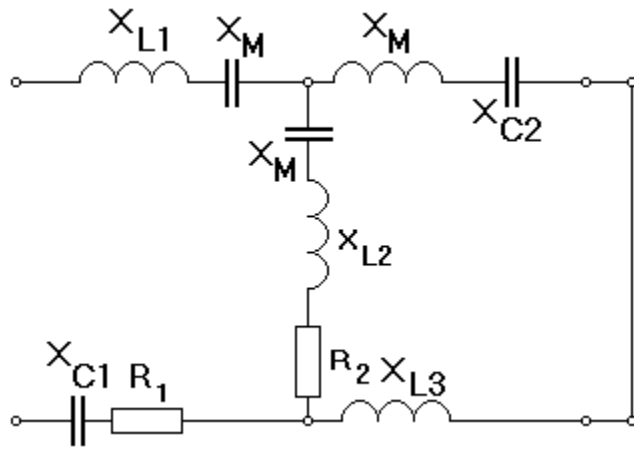
$$I_{30} := I_{10} \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3} \quad I_{30} = -0.113 - 2.023i \quad F(I_{30}) = (2.027 \quad -93.204)$$

$$U_{20} := I_{30} \cdot R_3 \quad U_{20} = -1.246 - 22.258i \quad F(U_{20}) = (22.293 \quad -93.204)$$

$$A := \frac{U_{10}}{U_{20}} \quad A = 2.427 + 4.805i \quad F(A) = (5.383 \quad 63.204)$$

$$C := \frac{I_{10}}{U_{20}} \quad C = 0.252 + 0.038i \quad F(C) = (0.255 \quad 8.477)$$

Коротке замикання:  $U_2 = 0$   $U_K := U$   $U_1 = B \cdot I_2$   $I_1 = D \cdot I_2$



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_M - X_{C1}) \rightarrow 7 + 9 \cdot i$$

$$Z_2 := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M) \rightarrow 9 + 12 \cdot i$$

$$Z_3 := i \cdot (X_{L3} - X_{C2} + X_M) \rightarrow 25 \cdot i$$

$$Z_K := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_K = 10.879 + 18.052i$$

$$I_{1K} := \frac{U_K}{Z_K}$$

$$I_{1K} = 0.107 - 5.693i$$

$$F(I_{1K}) = (5.694 \quad -88.924)$$

$$I_{3K} := I_{1K} \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3}$$

$$I_{3K} = -0.845 - 2.078i$$

$$F(I_{3K}) = (2.243 \quad -112.122)$$

$$B := \frac{U_K}{I_{3K}}$$

$$B = 7.333 + 53i$$

$$F(B) = (53.505 \quad 82.122)$$

$$D := \frac{I_{1K}}{I_{3K}}$$

$$D = 2.333 + i$$

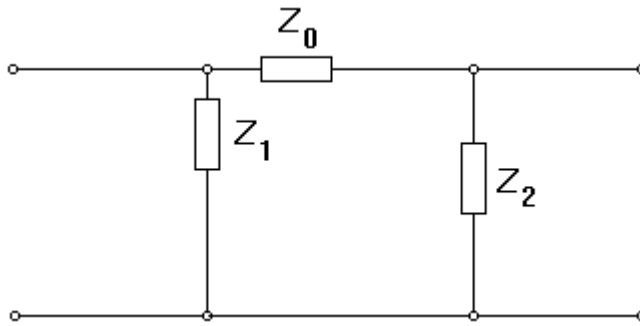
$$F(D) = (2.539 \quad 23.199)$$

Перевірка  $A \cdot D - B \cdot C = 1$

$$F(A) = (5.383 \quad 63.204) \quad F(B) = (53.505 \quad 82.122)$$

$$F(C) = (0.255 \quad 8.477) \quad F(D) = (2.539 \quad 23.199)$$

Розрахувати параметри  $R, L, C$  віток схеми "П" заміщення;



$$Z_0 := B \quad Z_0 = 7.333 + 53i \quad F(Z_0) = (53.505 \quad 82.122)$$

$$Y_1 := \frac{D - 1}{B} \quad Y_1 = 0.022 - 0.022i \quad F(Y_1) = (0.031 \quad -45.252)$$

$$Y_2 := \frac{A - 1}{B} \quad Y_2 = 0.093 - 0.014i \quad F(Y_2) = (0.094 \quad -8.66)$$

$$R_0 := \operatorname{Re}(Z_0) \quad R_0 = 7.333 \quad X_{L0} := \operatorname{Im}(Z_0) \quad X_{L0} = 53$$

$$Z_1 := \frac{1}{Y_1} \quad Z_1 = 22.6 + 22.8i \quad R_1 := \operatorname{Re}(Z_1) \quad R_1 = 22.6 \quad X_{L1} := \operatorname{Im}(Z_1) \quad X_{L1} = 22.8$$

$$Z_2 := \frac{1}{Y_2} \quad Z_2 = 10.553 + 1.607i \quad R_2 := \operatorname{Re}(Z_2) \quad R_2 = 10.553 \quad X_{L2} := \operatorname{Im}(Z_2) \quad X_{L2} = 1.607$$

$$L_1 := \frac{X_{L1}}{\omega} \quad L_1 = 0.073$$

$$L_2 := \frac{X_{L2}}{\omega} \quad L_2 = 5.116 \times 10^{-3}$$

$$L_0 := \frac{X_{L0}}{\omega} \quad L_0 = 0.169$$

