

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

***Розрахунково-графічна робота***  
*“Розрахунок однофазного кола синусоїдного струму”*  
*Варіант № 303*

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" :

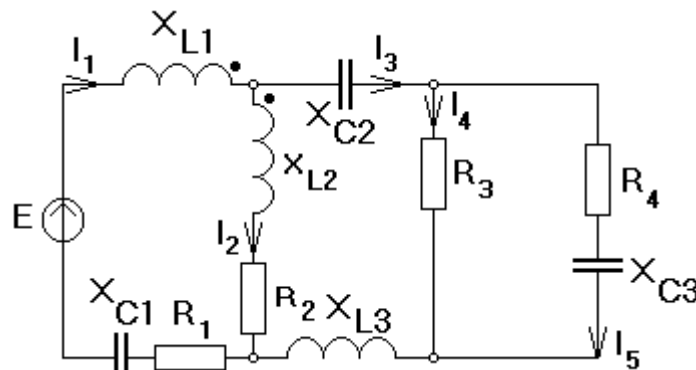
3.1 Розрахувати коефіцієнти чотиріполосника **A,B,C,D**;

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

$$E := 140 \quad \psi := -45 \quad R_1 := 9 \quad R_2 := 11 \quad R_3 := 13 \quad R_4 := 15 \quad X_{L1} := 37 \quad X_{L2} := 27 \quad X_{L3} := 20$$

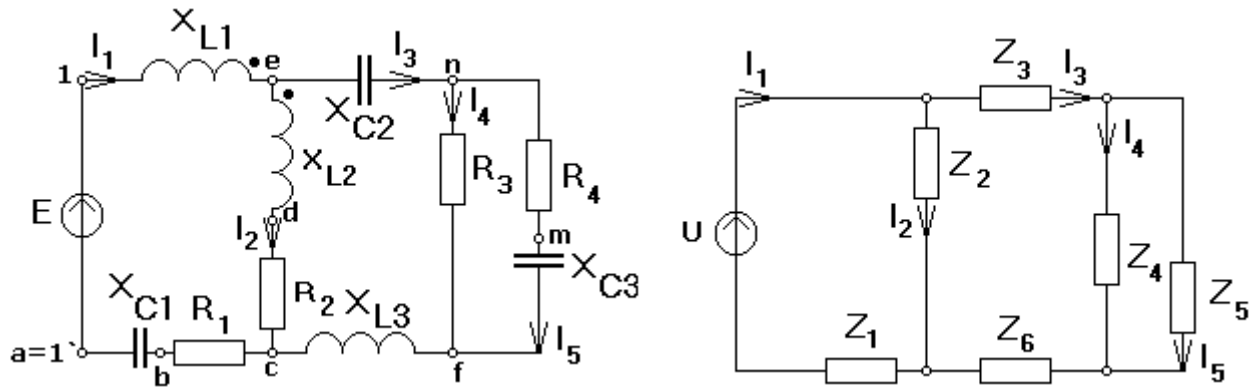
$$X_{C1} := 13 \quad X_{C2} := 10 \quad X_{C3} := 6 \quad X_M := 15 \quad f := 50$$

$$U := E \cdot e^{j \cdot \psi \cdot \frac{\pi}{180}} \quad U = 98.995 - 98.995i \quad F(U) = (140 \quad -45)$$



**Для електричного кола без взаємної індукції:**

**Розрахувати всі струми символьним методом**



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_{C1}) \rightarrow 9 + 24 \cdot i$$

$$Z_4 := R_3 \rightarrow 13$$

$$Z_2 := R_2 + i \cdot (X_{L2}) \rightarrow 11 + 27 \cdot i$$

$$Z_5 := R_4 - i \cdot X_{C3} \rightarrow 15 - 6 \cdot i$$

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

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

$$Z_E := \frac{\left( \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6 \right) \cdot Z_2}{Z_2 + \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6} + Z_1 \quad Z_E = 13.695 + 30.785i$$

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

$$I_1 = -1.49 - 3.879i$$

$$F(I_1) = (4.155 \quad -111.019)$$

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

$$I_2 = -0.65 - 0.98i$$

$$F(I_2) = (1.176 \quad -123.53)$$

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

$$I_3 = -0.841 - 2.898i$$

$$F(I_3) = (3.018 \quad -106.176)$$

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

$$I_4 = -0.743 - 1.532i$$

$$F(I_4) = (1.703 \quad -115.883)$$

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

$$I_5 = -0.098 - 1.367i$$

$$F(I_5) = (1.37 \quad -94.081)$$

**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:**

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

$$I_2 \cdot (R_2 + i \cdot X_{L2}) - I_4 \cdot R_3 - I_3 \cdot (-i \cdot X_{C2} + i \cdot X_{L3}) = -3.553i \times 10^{-15}$$

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

# Перевірка за балансом потужностей

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

$$S_1 = 236.429 + 531.492i$$

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

$$P = 236.429$$

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

$$Q = 531.492$$

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

$$\phi_a := 0$$

$$\phi_b := \phi_a + I_1 \cdot (-i \cdot X_{C1}) \quad \phi_b = -50.422 + 19.374i$$

$$F(\phi_b) = (54.016 \quad 158.981)$$

$$\phi_c := \phi_b + I_1 \cdot R_1 \quad \phi_c = -63.834 - 15.533i$$

$$F(\phi_c) = (65.697 \quad -166.323)$$

$$\phi_d := \phi_c + I_2 \cdot R_2 \quad \phi_d = -70.979 - 26.316i$$

$$F(\phi_d) = (75.701 \quad -159.657)$$

$$\phi_e := \phi_d + I_2 \cdot i \cdot X_{L2} \quad \phi_e = -44.513 - 43.854i$$

$$F(\phi_e) = (62.487 \quad -135.427)$$

$$\phi_1 := \phi_e + I_1 \cdot i \cdot X_{L1} \quad \phi_1 = 98.995 - 98.995i$$

$$F(\phi_1) = (140 \quad -45)$$

$$\phi_{1'} := \phi_1 - U \quad \phi_{1'} = 2.842 \times 10^{-14}$$

$$\phi_f := \phi_c + I_3 \cdot i \cdot X_{L3} \quad \phi_f = -5.867 - 32.348i$$

$$F(\phi_f) = (32.876 \quad -100.281)$$

$$\phi_n := \phi_f + I_4 \cdot R_3 \quad \phi_n = -15.529 - 52.262i$$

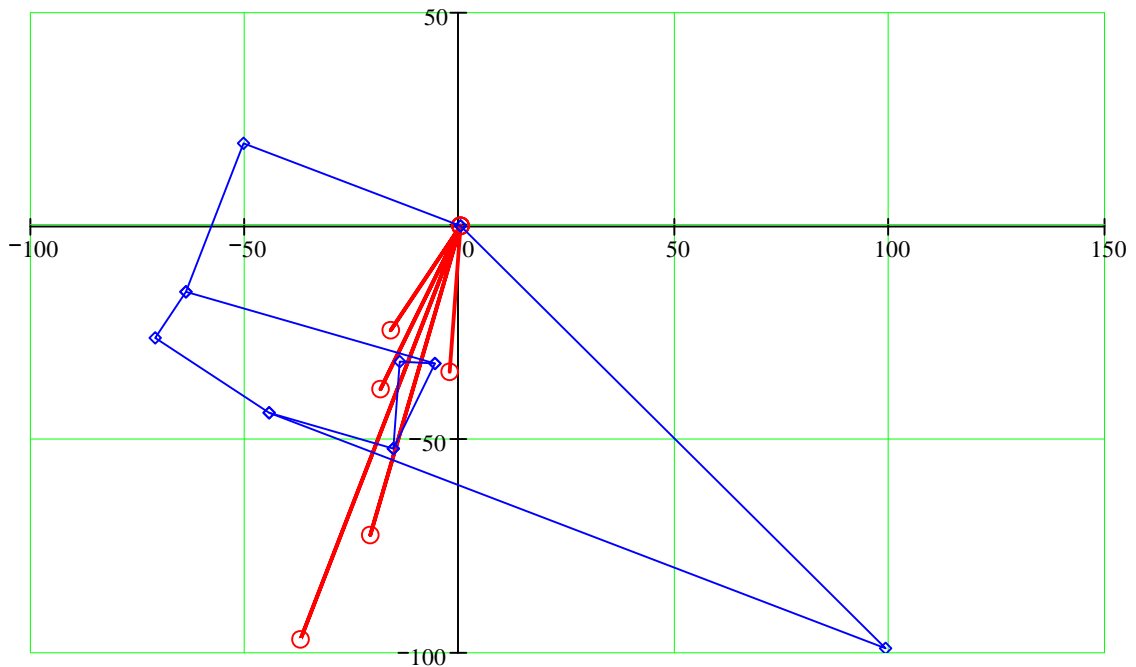
$$F(\phi_n) = (54.52 \quad -106.549)$$

$$\phi_m := \phi_f + I_5 \cdot (-i \cdot X_{C3}) \quad \phi_m = -14.067 - 31.763i$$

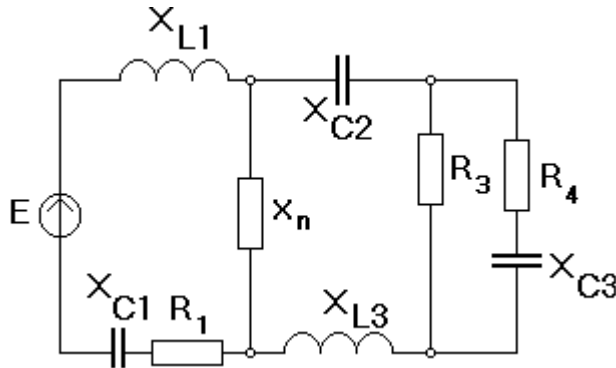
$$F(\phi_m) = (34.739 \quad -113.887)$$

$$\phi_n := \phi_m + I_5 \cdot R_4 \quad \phi_n = -15.529 - 52.262i$$

$$F(\phi_n) = (54.52 \quad -106.549)$$



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



$$Z_E := \frac{R_3 \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3})}{R_3 + R_4 + i \cdot (-X_{C3})} - i \cdot (X_{C2} + X_{L3}) \quad Z_E = 7.229 - 31.237i$$

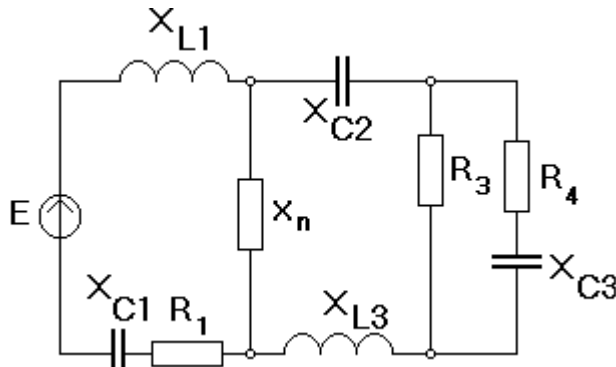
$$Z_E = R_E - j \cdot X_E \quad R_E := \operatorname{Re}(Z_E) \quad R_E = 7.229 \quad X_E := \operatorname{Im}(Z_E) \quad X_E = -31.237$$

За умовою резонансу:

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

$$B_n := \frac{-X_E}{X_E^2 + R_E^2} \quad B_n = 0.03 \quad \text{Реактивний опір вітки: } X_n := \frac{1}{B_n} \quad X_n = 32.91$$

Розрахувати струми для резонансного стану кола;



$$Z_1 := R_1 - X_{C1} \cdot i + X_{L1} \cdot i \quad Z_1 = 9 + 24i$$

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

$$Z_4 := R_3 \quad Z_4 = 13$$

$$Z_5 := R_4 - X_{C3} \cdot i \quad Z_5 = 15 - 6i$$

$$Z_{345} := \frac{Z_4 \cdot Z_5}{Z_4 + Z_5} + Z_3 \quad Z_{345} = 7.229 + 8.763i$$

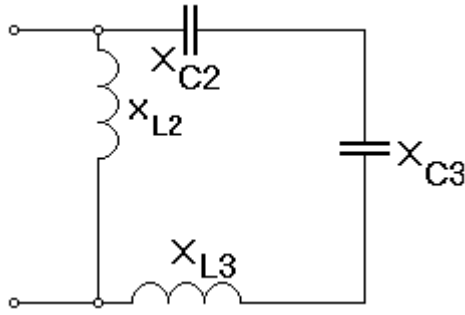
$$\text{Вхідний опір кола: } Z_{VX}(X_N) := \frac{Z_{345} \cdot i \cdot X_N}{Z_{345} + i \cdot X_N} + Z_1$$

$$Z_{VX}(X_N) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{simplify} \end{array} \right. \rightarrow \frac{(129348 \cdot X_N + 13308 \cdot X_N^2 + 952461 + 450757 \cdot i \cdot X_N + 26866 \cdot i \cdot X_N^2 + 2539896 \cdot i)}{(105829 + 14372 \cdot X_N + 820 \cdot X_N^2)}$$

$$X_N := \operatorname{Im}(Z_{VX}(X_N)) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{solve, } X_N \rightarrow \\ \text{float, 5} \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} -8.3890 + 4.9157 \cdot i \\ -8.3890 - 4.9157 \cdot i \end{pmatrix}$$

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



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

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

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

$$L_2 := \frac{X_{L2}}{\omega} \rightarrow \frac{7}{20 \cdot \pi} \quad L_2 = 0.111$$

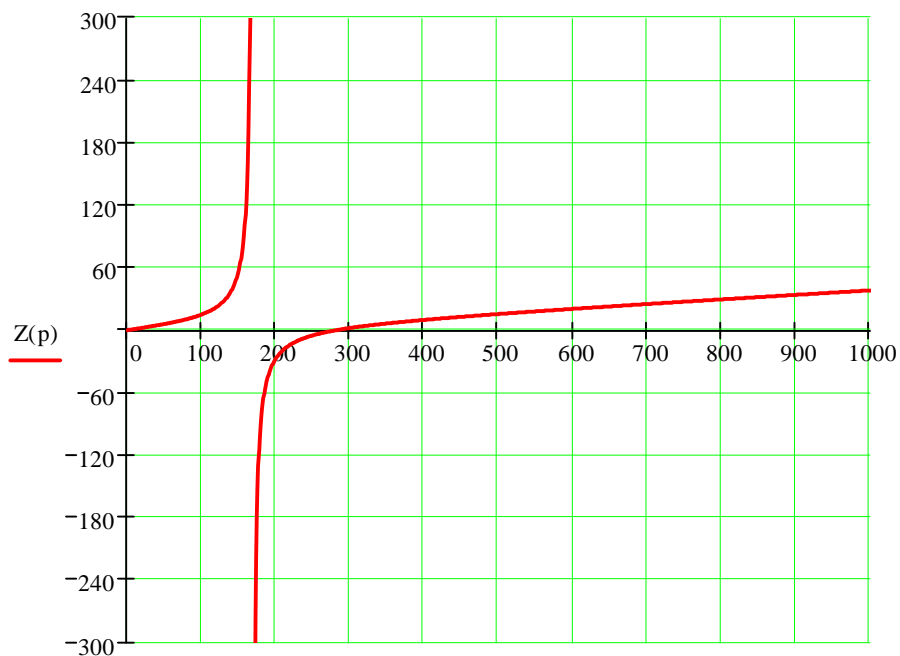
$$Z(p) := \frac{\left( \frac{-1}{C_2 \cdot p} - \frac{1}{C_3 \cdot p} + L_3 \cdot p \right) \cdot L_2 \cdot p}{L_2 \cdot p + \frac{-1}{C_2 \cdot p} - \frac{1}{C_3 \cdot p} + L_3 \cdot p} \rightarrow \frac{7}{20} \cdot \frac{\left( \frac{-1600}{p} \cdot \pi + \frac{1}{5} \cdot \frac{p}{\pi} \right)}{\pi} \cdot \frac{p}{\left( \frac{11}{20} \cdot \frac{p}{\pi} - \frac{1600}{p} \cdot \pi \right)}$$

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:

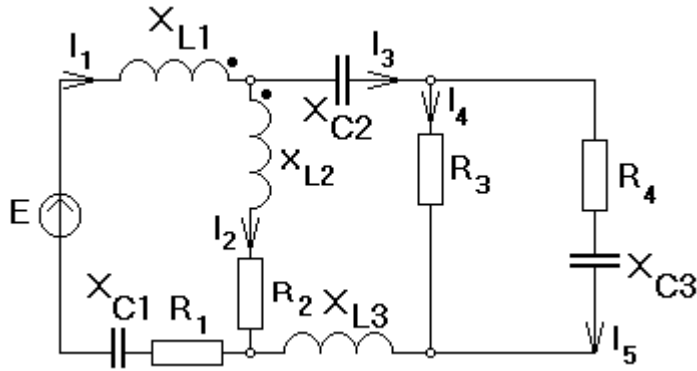
$$p'' := \frac{1}{Z(p)} \text{ solve, } p \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{1}{\frac{80}{11} \cdot 55^2 \cdot \pi} \\ \frac{1}{-\frac{80}{11} \cdot 55^2 \cdot \pi} \end{pmatrix} \quad p'' = \begin{pmatrix} 169.445 \\ -169.445 \end{pmatrix} \quad p'' := p''_0 \quad p'' = 169.445$$



p

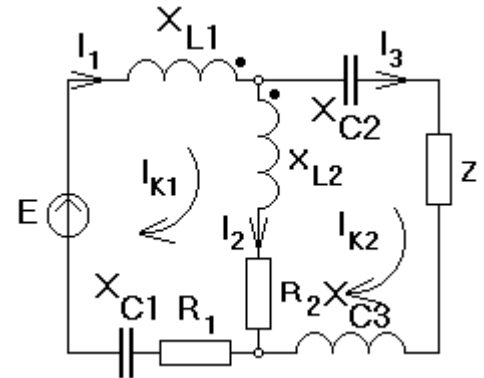
### При наявності магнітного зв'язку між індуктивними елементами

- 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



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

$$Z = 7.229 - 1.237i$$



$$Z_{11} := R_1 + R_2 + i \cdot (X_{L1} - X_{C1} + X_{L2} - 2 \cdot X_M) \rightarrow 20 + 21 \cdot i$$

$$Z_{12} := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M) \rightarrow 11 + 12 \cdot i$$

$$Z_{22} := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_{C2} + X_{L3}) + Z \rightarrow \frac{3737}{205} + \frac{14663}{410} \cdot i$$

Given

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

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

$$\begin{pmatrix} I_{K1} \\ I_{K2} \end{pmatrix} := \text{Find}(I_{K1}, I_{K2}) \text{ float, 15} \rightarrow \begin{pmatrix} -0.597770923003937 - 6.14776432000136 \cdot i \\ -0.899935113855673 - 2.33766409552045 \cdot i \end{pmatrix}$$

$$I_{K1} = -0.598 - 6.148i$$

$$I_{K2} = -0.9 - 2.338i$$

$$I_1 := I_{K1}$$

$$I_1 = -0.598 - 6.148i$$

$$F(I_1) = (6.177 \quad -95.554)$$

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

$$I_2 = 0.302 - 3.81i$$

$$F(I_2) = (3.822 \quad -85.466)$$

$$I_3 := I_{K2}$$

$$I_3 = -0.9 - 2.338i$$

$$F(I_3) = (2.505 \quad -111.055)$$

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

$$I_4 = -0.723 - 1.214i$$

$$F(I_4) = (1.413 \quad -120.762)$$

$$I_5 := I_3 - I_4$$

$$I_5 = -0.177 - 1.123i$$

$$F(I_5) = (1.137 \quad -98.961)$$

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:

$$-I_1 \cdot [R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_{C1} - X_M)] + U - I_2 \cdot [R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M)] = -1.705 \times 10^{-13} + 2.132i \times 10^{-13}$$

$$I_2 \cdot [R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M)] - I_4 \cdot R_3 - I_3 \cdot (-i \cdot X_{C2} + i \cdot X_M + i \cdot X_{L3}) = -2.913 \times 10^{-13} + 1.776i \times 10^{-13}$$

$$I_4 \cdot R_3 - I_5 \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3}) = -3.553 \times 10^{-15} - 1.776i \times 10^{-15}$$

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

$$S_{M1} = -62.028 - 348.645i$$

$$F(S_{M1}) = (354.119 \quad -100.088)$$

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

$$S_{M2} = 62.028 - 348.645i$$

$$F(S_{M2}) = (354.119 \quad -79.912)$$

Перевірка за балансом потужностей

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

$$S_1 = 549.421 + 667.774i$$

$$P := (|I_1|)^2 \cdot R_1 + (|I_2|)^2 \cdot R_2 + (|I_4|)^2 \cdot R_3 + (|I_5|)^2 \cdot R_4 \quad P = 549.421$$

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

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

$$Q = 667.774i$$

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

$$\phi_a := 0$$

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

$$\phi_b = -79.921 + 7.771i$$

$$F(\phi_b) = (80.298 \quad 174.446)$$

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

$$\phi_c = -85.81 - 53.559i$$

$$F(\phi_c) = (101.153 \quad -148.029)$$

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

$$\phi_d = -81.977 - 89.47i$$

$$F(\phi_d) = (121.347 \quad -132.498)$$

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

$$\phi_{d'} = 20.896 - 81.312i$$

$$F(\phi_{d'}) = (83.954 \quad -75.588)$$

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

$$\phi_e = -71.321 - 72.345i$$

$$F(\phi_e) = (101.59 \quad -134.592)$$

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

$$\phi_{e'} = -128.472 - 76.877i$$

$$F(\phi_{e'}) = (149.717 \quad -149.104)$$

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

$$\phi_1 = 98.995 - 98.995i$$

$$F(\phi_1) = (140 \quad -45)$$

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

$$\phi_{1'} = -5.684 \times 10^{-14} - 2.203i \times 10^{-13}$$

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

$$\phi_f = -38.548 - 65.558i$$

$$F(\phi_f) = (76.051 \quad -120.455)$$

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

$$\phi_n = -47.944 - 81.344i$$

$$F(\phi_n) = (94.422 \quad -120.515)$$

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

$$\phi_e = -71.321 - 72.345i$$

$$F(\phi_e) = (101.59 \quad -134.592)$$

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

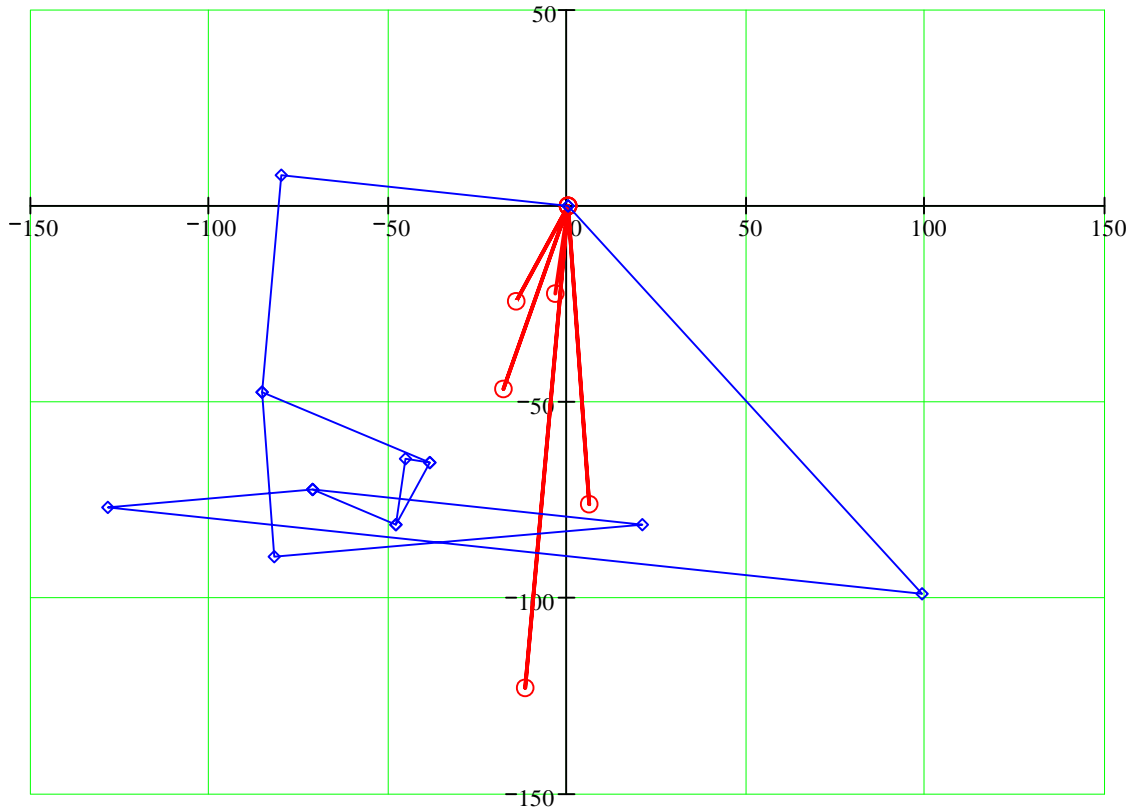
$$\phi_m = -45.287 - 64.495i$$

$$F(\phi_m) = (78.807 \quad -125.076)$$

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

$$\phi_n = -47.944 - 81.344i$$

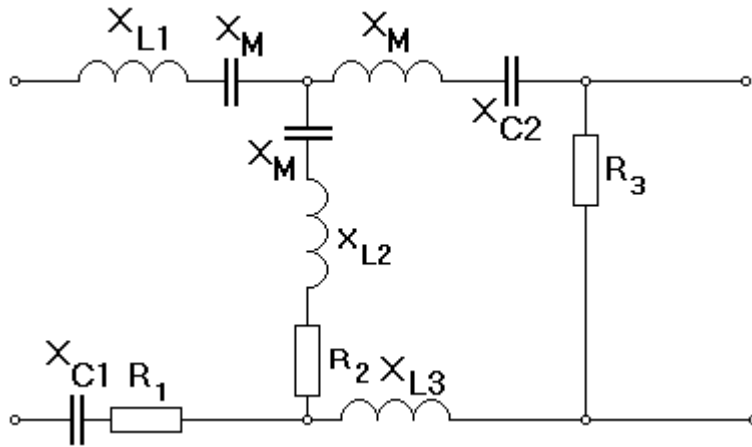
$$F(\phi_n) = (94.422 \quad -120.515)$$





**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":**

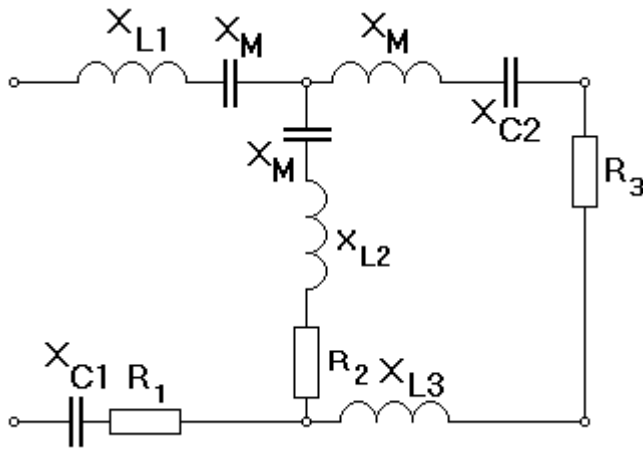
**1) Розрахувати коефіцієнти чотириполюсника A, B, C, D**



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

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

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



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

$$Z_2 := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M) \rightarrow 11 + 12 \cdot i$$

$$Z_3 := R_3 + i \cdot (X_{L3} - X_{C2} + X_M) \rightarrow 13 + 25 \cdot i$$

$$Z_{10} := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_{10} = 15.262 + 17.305i \quad Z_{20} := \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} + Z_3 \quad Z_{20} = 17.955 + 30.147i$$

$$I_{10} := \frac{U_{10}}{Z_{10}} \quad I_{10} = -0.38 - 6.056i \quad F(I_{10}) = (6.068 \quad -93.59)$$

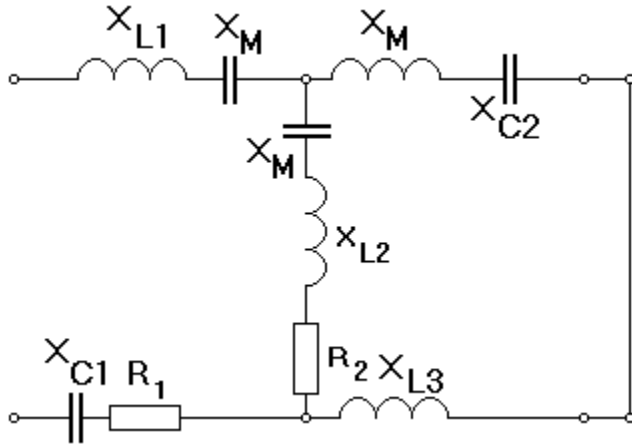
$$I_{30} := I_{10} \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3} \quad I_{30} = -0.509 - 2.181i \quad F(I_{30}) = (2.24 \quad -103.131)$$

$$U_{20} := I_{30} \cdot R_3 \quad U_{20} = -6.614 - 28.354i \quad F(U_{20}) = (29.116 \quad -103.131)$$

$$A := \frac{U_{10}}{U_{20}} \quad A = 2.539 + 4.084i \quad F(A) = (4.808 \quad 58.131)$$

$$C := \frac{I_{10}}{U_{20}} \quad C = 0.206 + 0.035i \quad F(C) = (0.208 \quad 9.541)$$

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



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

$$Z_2 := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M) \rightarrow 11 + 12 \cdot i$$

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

$$Z_K := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_K = 13.614 + 18.48i$$

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

$$I_{1K} = -0.914 - 6.03i$$

$$F(I_{1K}) = (6.099 \quad -98.621)$$

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

$$I_{3K} = -1.46 - 2.118i$$

$$F(I_{3K}) = (2.572 \quad -124.574)$$

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

$$B = 9.849 + 53.528i$$

$$F(B) = (54.427 \quad 79.574)$$

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

$$D = 2.132 + 1.038i$$

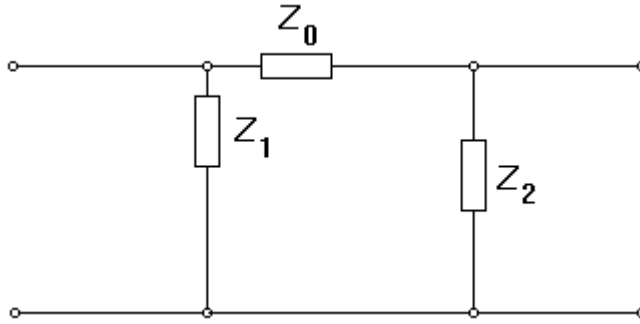
$$F(D) = (2.371 \quad 25.953)$$

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

$$F(A) = (4.808 \quad 58.131) \quad F(B) = (54.427 \quad 79.574)$$

$$F(C) = (0.208 \quad 9.541) \quad F(D) = (2.371 \quad 25.953)$$

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



$$Z_0 := B \quad Z_0 = 9.849 + 53.528i \quad F(Z_0) = (54.427 \quad 79.574)$$

$$Y_1 := \frac{D - 1}{B} \quad Y_1 = 0.023 - 0.017i \quad F(Y_1) = (0.028 \quad -37.064)$$

$$Y_2 := \frac{A - 1}{B} \quad Y_2 = 0.079 - 0.014i \quad F(Y_2) = (0.08 \quad -10.221)$$

$$R_0 := \operatorname{Re}(Z_0) \quad R_0 = 9.849 \quad X_{L0} := \operatorname{Im}(Z_0) \quad X_{L0} = 53.528$$

$$Z_1 := \frac{1}{Y_1} \quad Z_1 = 28.28 + 21.36i \quad R_1 := \operatorname{Re}(Z_1) \quad R_1 = 28.28 \quad X_{L1} := \operatorname{Im}(Z_1) \quad X_{L1} = 21.36$$

$$Z_2 := \frac{1}{Y_2} \quad Z_2 = 12.274 + 2.213i \quad R_2 := \operatorname{Re}(Z_2) \quad R_2 = 11.076 \quad X_{L2} := \operatorname{Im}(Z_2) \quad X_{L2} = 2.213$$

$$L_1 := \frac{X_{L1}}{\omega} \quad L_1 = 0.068$$

$$L_2 := \frac{X_{L2}}{\omega} \quad L_2 = 7.045 \times 10^{-3}$$

$$L_0 := \frac{X_{L0}}{\omega} \quad L_0 = 0.17$$

