

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

Розрахунково-графічна робота
“Розрахунок однофазного кола синусоїдного струму”
Варіант № 802

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 закортити.

2. ПРИ НАЯВНОСТІ МАГНІТНОГО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ІНДУКТИВНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ L_1 ТА L_2 (ОДНОЇМЕННІ 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 А, В, С, D чотириполосника;
- 3.2. Розрахувати параметри R, L, C віток схеми заміщення.

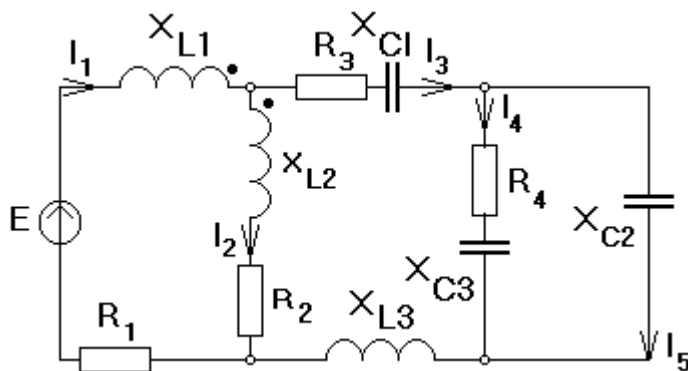
$$E := 240 \quad \psi := 70 \quad R_1 := 18 \quad R_2 := 16 \quad R_3 := 14 \quad R_4 := 12 \quad X_{L1} := 37 \quad X_{L2} := 27 \quad X_{L3} := 20$$

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

$$U := E \cdot e^{j \cdot \psi \cdot \frac{\pi}{180}}$$

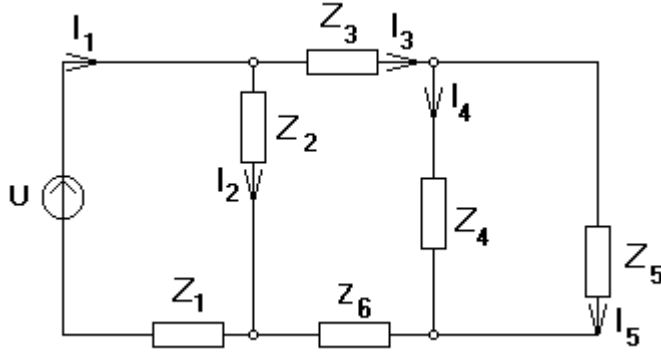
$$U = 82.085 + 225.526i$$

$$F(U) = (240 \quad 70)$$



Для електричного кола без взаємної індукції:

Розрахувати всі струми символьним методом



$$Z_1 := R_1 + i \cdot X_{L1} \rightarrow 18 + 37 \cdot i$$

$$Z_2 := R_2 + i \cdot X_{L2} \rightarrow 16 + 27 \cdot i$$

$$Z_3 := R_3 - i \cdot X_{C1} \rightarrow 14 - 13 \cdot i$$

$$Z_4 := R_4 - i \cdot X_{C3} \rightarrow 12 - 6 \cdot i$$

$$Z_5 := -i \cdot X_{C2} \rightarrow -10 \cdot i$$

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

$$Z_E := \frac{\left(\frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6 \right) \cdot Z_2}{Z_2 + \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6} + Z_1 \quad Z_E = 29.418 + 41.706i$$

$$I_1 := \frac{U}{Z_E} \quad I_1 = 4.538 + 1.233i \quad F(I_1) = (4.702 \quad 15.197)$$

$$I_2 := \frac{I_1 \cdot \left(\frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6 \right)}{Z_2 + \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6} \quad I_2 = 1.719 - 0.686i \quad F(I_2) = (1.85 \quad -21.75)$$

$$I_3 := \frac{I_1 \cdot Z_2}{\left(Z_2 + \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6 \right)} \quad I_3 = 2.819 + 1.918i \quad F(I_3) = (3.41 \quad 34.232)$$

$$I_4 := I_3 \cdot \frac{Z_5}{Z_5 + Z_4} \quad I_4 = 1.703 - 0.078i \quad F(I_4) = (1.705 \quad -2.637)$$

$$I_5 := I_3 \cdot \frac{Z_4}{Z_4 + Z_5} \quad I_5 = 1.116 + 1.997i \quad F(I_5) = (2.288 \quad 60.797)$$

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:

$$-I_1 \cdot [R_1 + i \cdot (X_{L1})] + U - I_2 \cdot (R_2 + i \cdot X_{L2}) = -2.132 \times 10^{-14} - 2.842i \times 10^{-14}$$

$$I_2 \cdot (R_2 + i \cdot X_{L2}) - I_4 \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3}) - I_3 \cdot (-i \cdot X_{C1} + i \cdot X_{L3} + R_3) = 7.105 \times 10^{-15} - 7.105i \times 10^{-15}$$

$$I_4 \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3}) - I_5 \cdot (-i \cdot X_{C2}) = 1.776i \times 10^{-15}$$

Перевірка за балансом потужностей

$$S_1 := U \cdot \overline{I_1} \quad S_1 = 650.508 + 922.25i$$

$$P := (|I_1|)^2 \cdot R_1 + (|I_2|)^2 \cdot R_2 + (|I_3|)^2 \cdot R_3 + (|I_4|)^2 \cdot R_4 \quad P = 650.508$$

$$Q := (|I_1|)^2 \cdot (X_{L1}) + (|I_2|)^2 \cdot (X_{L2}) + (|I_3|)^2 \cdot (X_{L3} - X_{C1}) + (|I_4|)^2 \cdot (-X_{C3}) + (|I_5|)^2 \cdot (-X_{C2}) \quad Q = 922.25$$

Будуємо сумісну векторну діаграму струмів та топографічну діаграму напруг

Знаходимо потенціали точок:

$$\phi_a := 0$$

$$\phi_b := \phi_a + I_1 \cdot R_1 \quad \phi_b = 81.684 + 22.189i \quad F(\phi_b) = (84.644 \ 15.197)$$

$$\phi_c := \phi_b + I_2 \cdot R_2 \quad \phi_c = 109.182 + 11.218i \quad F(\phi_c) = (109.756 \ 5.866)$$

$$\phi_d := \phi_c + I_2 \cdot i \cdot X_{L2} \quad \phi_d = 127.695 + 57.621i \quad F(\phi_d) = (140.093 \ 24.287)$$

$$\phi_l := \phi_d + I_1 \cdot i \cdot X_{L1} \quad \phi_l = 82.085 + 225.526i \quad F(\phi_l) = (240 \ 70)$$

$$\phi_{l'} := \phi_l - U \quad \phi_{l'} = 2.842 \times 10^{-14} + 2.842i \times 10^{-14}$$

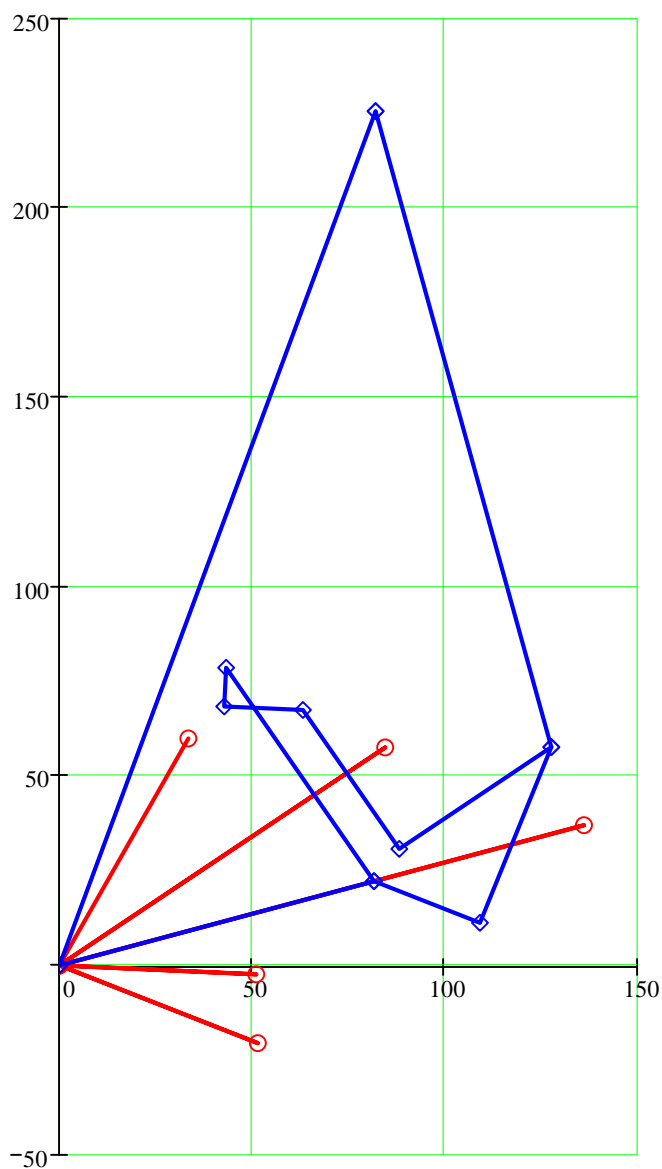
$$\phi_e := \phi_b + I_3 \cdot i \cdot X_{L3} \quad \phi_e = 43.316 + 78.576i \quad F(\phi_e) = (89.725 \ 61.134)$$

$$\phi_m := \phi_e + I_4 \cdot (-i \cdot X_{C3}) \quad \phi_m = 42.846 + 68.357i \quad F(\phi_m) = (80.674 \ 57.921)$$

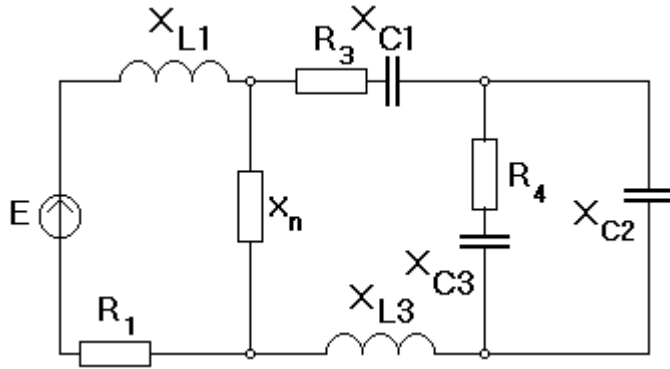
$$\phi_n := \phi_m + I_4 \cdot R_4 \quad \phi_n = 63.285 + 67.415i \quad F(\phi_n) = (92.465 \ 46.81)$$

$$\phi_k := \phi_n + I_3 \cdot (-i \cdot X_{C1}) \quad \phi_k = 88.224 + 30.763i \quad F(\phi_k) = (93.433 \ 19.223)$$

$$\phi_n := \phi_e + I_5 \cdot (-i \cdot X_{C2}) \quad \phi_n = 63.285 + 67.415i \quad F(\phi_n) = (92.465 \ 46.81)$$



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



$$Z_E := \frac{(R_4 - i \cdot X_{C3}) \cdot (-i \cdot X_{C2})}{R_4 - i \cdot (X_{C2} + X_{C3})} + i \cdot X_{L3} + R_3 - i \cdot X_{C1} \quad Z_E = 17 + i$$

$$Z_E = R_E + j \cdot X_E \quad R_E := \operatorname{Re}(Z_E) \quad R_E = 17 \quad X_E := \operatorname{Im}(Z_E) \quad X_E = 1$$

За умовою резонансу:

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

$$B_n := \frac{-X_E}{X_E^2 + R_E^2} \quad B_n = -3.448 \times 10^{-3} \quad \text{Реактивний опір вітки: } X_n := \frac{1}{B_n} \quad X_n = -290$$

Розрахувати струми для резонансного стану кола;

$$Z_1 := R_1 + X_{L1} \cdot i \quad Z_1 = 18 + 37i$$

$$Z_3 := R_3 + X_{L3} \cdot i - X_{C1} \cdot i \quad Z_3 = 14 + 7i$$

$$Z_4 := R_4 - X_{C3} \cdot i \quad Z_4 = 12 - 6i$$

$$Z_5 := -X_{C2} \cdot i \quad Z_5 = -10i$$

$$Z_{345} := \frac{Z_4 \cdot Z_5}{Z_4 + Z_5} + Z_3 \quad Z_{345} = 17 + i$$

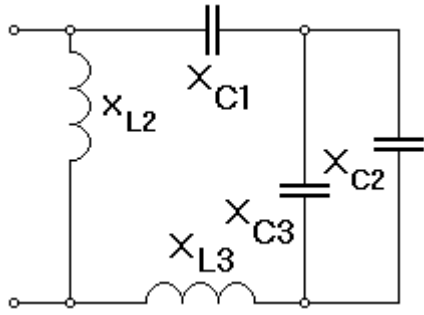
$$\text{Вхідний опір кола: } Z_{VX}(X_N) := \frac{Z_{345} \cdot i \cdot X_N}{Z_{345} + i \cdot X_N} + Z_1$$

$$Z_{VX}(X_N) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{simplify} \end{array} \right. \rightarrow \frac{(36 \cdot X_N + 35 \cdot X_N^2 + 5220 + 364 \cdot i \cdot X_N + 38 \cdot i \cdot X_N^2 + 10730 \cdot i)}{(290 + 2 \cdot X_N + X_N^2)}$$

$$X_N := \operatorname{Im}(Z_{VX}(X_N)) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{solve, } X_N \rightarrow \\ \text{float, 6} \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} -4.78947 + 16.1068 \cdot i \\ -4.78947 - 16.1068 \cdot i \end{pmatrix}$$

$$\text{Отже резонанс кола не може бути, так як: } X_N = \begin{pmatrix} -4.789 + 16.107i \\ -4.789 - 16.107i \end{pmatrix}$$

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



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

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

$$C_1 := \frac{1}{\omega \cdot X_{C1}} \rightarrow \frac{1}{1300 \cdot \pi} \quad C_1 = 2.449 \times 10^{-4}$$

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

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

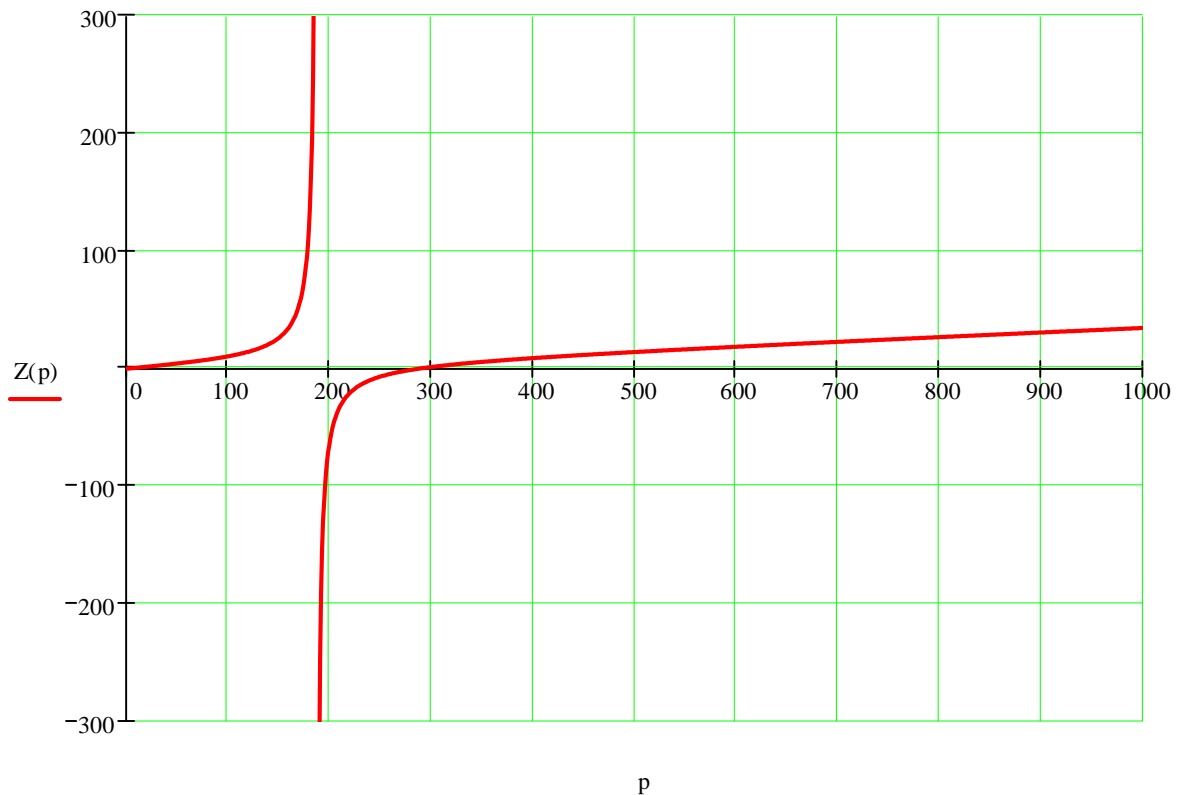
$$Z(p) := \frac{\left[\frac{\frac{-1}{p \cdot C_3} \cdot \frac{-1}{p \cdot C_2}}{\left(\frac{-1}{p \cdot C_3} - \frac{1}{p \cdot C_2} \right)} + p \cdot L_3 - \frac{1}{p \cdot C_1} \right] \cdot p \cdot L_2}{p \cdot L_2 + \frac{\frac{-1}{p \cdot C_3} \cdot \frac{-1}{p \cdot C_2}}{\left(\frac{-1}{p \cdot C_3} - \frac{1}{p \cdot C_2} \right)} + p \cdot L_3 - \frac{1}{p \cdot C_1}}$$

Знаходимо нулі:

$$\omega := Z(p) \left| \begin{array}{l} \text{solve, p} \\ \text{float, 11} \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} 287.50293366 \\ -287.50293366 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 287.503 \\ -287.503 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \omega := \begin{pmatrix} \omega_0 \\ \omega_2 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 287.503 \\ 0 \end{pmatrix}$$

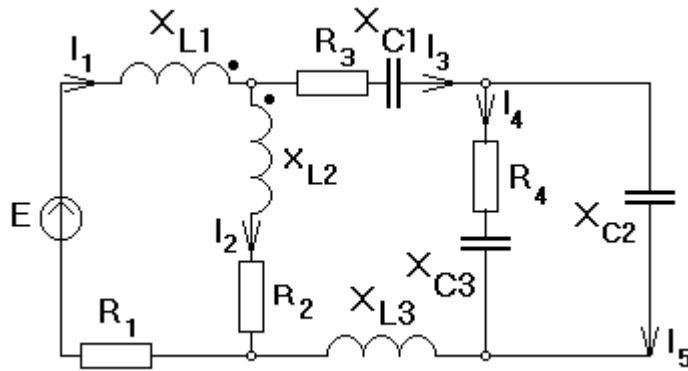
Знаходимо полюси:

$$\omega_1 := \frac{1}{Z(p)} \left| \begin{array}{l} \text{solve, p} \\ \text{float, 11} \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} 187.54623470 \\ -187.54623470 \end{pmatrix} \quad \omega_1 = \begin{pmatrix} 187.546 \\ -187.546 \end{pmatrix} \quad \omega_1 := \omega_{10} \quad \omega_1 = 187.546$$



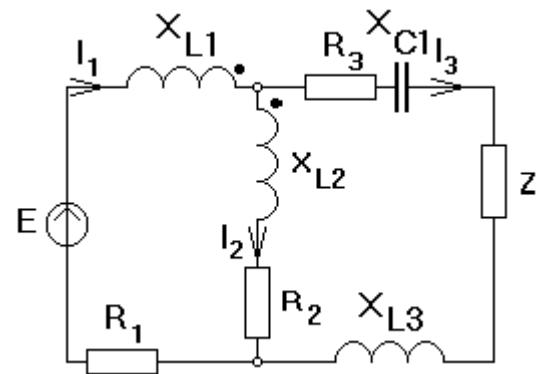
При наявності магнітного зв'язку між індуктивними елементами

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



$$Z := \frac{-i \cdot X_{C2} \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3})}{R_4 - i \cdot X_{C2} - i \cdot X_{C3}}$$

$$Z = 3 - 6i$$



$$Z_{11} := R_1 + R_2 + i \cdot (X_{L1} + X_{L2} - 2 \cdot X_M) \rightarrow 34 + 34 \cdot i$$

$$Z_{12} := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M) \rightarrow 16 + 12 \cdot i$$

$$Z_{22} := R_2 + R_3 + i \cdot (X_{L2} + X_{L3} - X_{C1}) + Z \text{ float, 7} \rightarrow 33. + 28.00000 \cdot i$$

Given

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

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

$$\begin{pmatrix} I_{K1} \\ I_{K2} \end{pmatrix} := \text{Find}(I_{K1}, I_{K2}) \rightarrow \begin{pmatrix} 5.6838302323710823930 + 2.3287556390648110970 \cdot i \\ 2.6865587901761801199 + .91643657238051281547 \cdot i \end{pmatrix}$$

$$I_{K1} = 5.684 + 2.329i$$

$$I_{K2} = 2.687 + 0.916i$$

$$I_1 := I_{K1}$$

$$I_1 = 5.684 + 2.329i$$

$$F(I_1) = (6.142 \quad 22.28)$$

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

$$I_2 = 2.997 + 1.412i$$

$$F(I_2) = (3.313 \quad 25.23)$$

$$I_3 := I_{K2}$$

$$I_3 = 2.687 + 0.916i$$

$$F(I_3) = (2.839 \quad 18.835)$$

$$I_4 := \frac{I_3 \cdot Z}{R_4 - i \cdot X_{C3}}$$

$$I_4 = 1.35 - 0.439i$$

$$F(I_4) = (1.419 \quad -18.034)$$

$$I_5 := \frac{I_3 \cdot Z}{-i \cdot X_{C2}}$$

$$I_5 = 1.337 + 1.356i$$

$$F(I_5) = (1.904 \quad 45.401)$$

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:

$$-I_1 \cdot [R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_M)] + U - I_2 \cdot [R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M)] = 1.066 \times 10^{-14} - 3.553i \times 10^{-14}$$

$$I_2 \cdot [R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M)] - I_4 \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3}) - I_3 \cdot (R_3 + i \cdot X_{L3} - i \cdot X_{C1} + i \cdot X_M) = -1.421i \times 10^{-14}$$

$$I_5 \cdot (-i \cdot X_{C2}) - I_4 \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3}) = 0$$

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

$$S_{M1} = -15.712 - 304.874i$$

$$F(S_{M1}) = (305.279 \quad -92.95)$$

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

$$S_{M2} = 15.712 - 304.874i$$

$$F(S_{M2}) = (305.279 \quad -87.05)$$

Перевірка за балансом потужностей

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

$$S_1 = 991.752 + 1.091i \times 10^3$$

$$P := (|I_1|)^2 \cdot R_1 + (|I_2|)^2 \cdot R_2 + (|I_3|)^2 \cdot R_3 + (|I_4|)^2 \cdot R_4$$

$$P = 991.752$$

$$Q := (|I_1|)^2 \cdot i \cdot X_{L1} + (|I_2|)^2 \cdot i \cdot (X_{L2}) + (|I_3|)^2 \cdot (X_{L3} \cdot i - i \cdot X_{C1}) + (|I_4|)^2 \cdot (-X_{C3} \cdot i) + (|I_5|)^2 \cdot (-X_{C2} \cdot i)$$

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

$$Q = 1.091i \times 10^3$$

Будуємо сумісну векторну діаграму струмів та топографічну діаграму напруг

Знаходимо потенціали точок:

$$\phi_a := 0$$

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

$$\phi_b = 102.309 + 41.918i$$

$$F(\phi_b) = (110.563 \quad 22.28)$$

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

$$\phi_c = 150.265 + 64.515i$$

$$F(\phi_c) = (163.529 \quad 23.236)$$

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

$$\phi_{d'} = 112.133 + 145.441i$$

$$F(\phi_{d'}) = (183.649 \quad 52.368)$$

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

$$\phi_d = 147.064 + 60.184i$$

$$F(\phi_d) = (158.902 \quad 22.256)$$

$$\phi_{1''} := \phi_d - I_2 \cdot i \cdot X_M$$

$$\phi_{1''} = 168.249 + 15.225i$$

$$F(\phi_{1''}) = (168.936 \quad 5.171)$$

$$\phi_1 := \phi_{1''} + I_1 \cdot i \cdot X_{L1}$$

$$\phi_1 = 82.085 + 225.526i$$

$$F(\phi_1) = (240 \quad 70)$$

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

$$\phi_{1'} = -1.421 \times 10^{-14} + 2.842i \times 10^{-14}$$

$$\phi_e := \phi_b + I_3 \cdot i \cdot X_{L3}$$

$$\phi_e = 83.98 + 95.649i$$

$$F(\phi_e) = (127.285 \quad 48.717)$$

$$\phi_k := \phi_e + I_3 \cdot \operatorname{Re}(Z)$$

$$\phi_k = 92.04 + 98.398i$$

$$F(\phi_k) = (134.735 \quad 46.912)$$

$$\phi_m := \phi_k + I_3 \cdot \operatorname{Im}(Z) \cdot i$$

$$\phi_m = 97.539 + 82.279i$$

$$F(\phi_m) = (127.607 \quad 40.149)$$

$$\phi_z := \phi_m + I_3 \cdot (-i \cdot X_{C1})$$

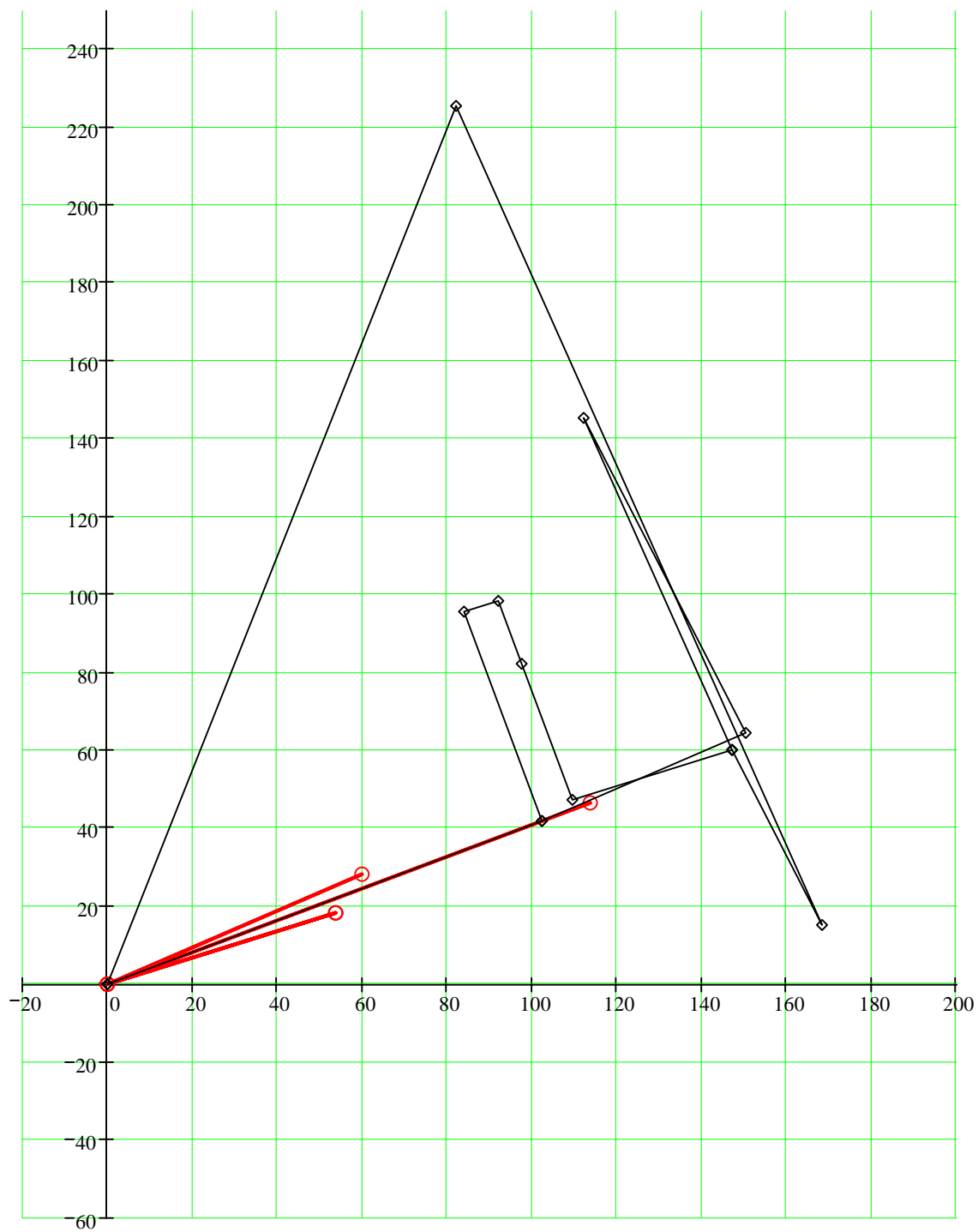
$$\phi_z = 109.452 + 47.353i$$

$$F(\phi_z) = (119.257 \quad 23.395)$$

$$\phi_d := \phi_z + I_3 \cdot R_3$$

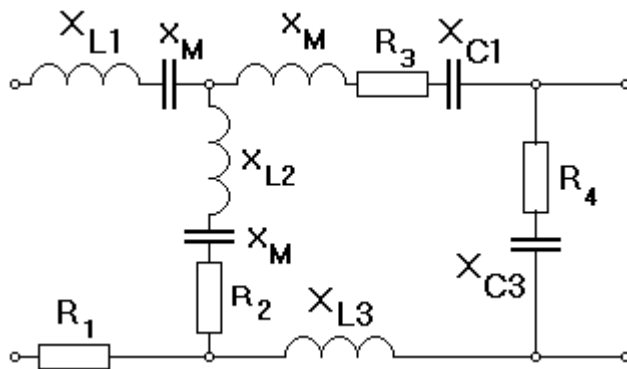
$$\phi_d = 147.064 + 60.184i$$

$$F(\phi_d) = (158.902 \quad 22.256)$$



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":

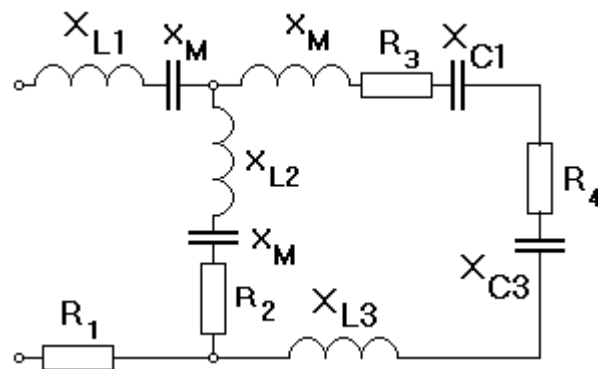
1) Розрахувати коефіцієнти чотириполюсника **A, B, C, D**



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

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

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



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_M) \rightarrow 18 + 22 \cdot i$$

$$Z_2 := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M) \rightarrow 16 + 12 \cdot i$$

$$Z_3 := R_3 + R_4 + i \cdot (X_{L3} - X_{C3} - X_{C1} + X_M) \rightarrow 26 + 16 \cdot i$$

$$Z_{10} := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_{10} = 27.934 + 28.901i$$

$$Z_{20} := \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} + Z_3 \quad Z_{20} = 34.706 + 24i$$

$$I_{10} := \frac{U_{10}}{Z_{10}}$$

$$I_{10} = 5.454 + 2.431i$$

$$F(I_{10}) = (5.971 \quad 24.025)$$

$$I_{30} := I_{10} \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3}$$

$$I_{30} = 2.104 + 1.082i$$

$$F(I_{30}) = (2.366 \quad 27.205)$$

$$U_{20} := I_{30} \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3}) \quad U_{20} = 31.738 + 0.355i$$

$$F(U_{20}) = (31.74 \quad 0.64)$$

$$A := \frac{U_{10}}{U_{20}}$$

$$A = 2.665 + 7.076i$$

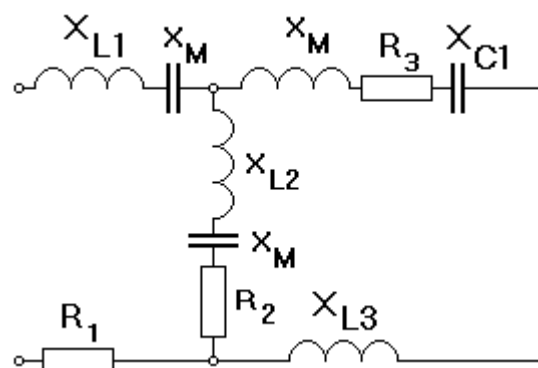
$$F(A) = (7.561 \quad 69.36)$$

$$C := \frac{I_{10}}{U_{20}}$$

$$C = 0.173 + 0.075i$$

$$F(C) = (0.188 \quad 23.385)$$

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



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_M) \rightarrow 18 + 22 \cdot i$$

$$Z_2 := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M) \rightarrow 16 + 12 \cdot i$$

$$Z_3 := R_3 + i \cdot (X_{L3} + X_M - X_{C1}) \rightarrow 14 + 22 \cdot i$$

$$Z_K := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_K = 26.016 + 30.249i$$

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

$$I_{1K} = 5.627 + 2.126i$$

$$F(I_{1K}) = (6.015 \quad 20.697)$$

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

$$I_{3K} = 2.621 + 0.415i$$

$$F(I_{3K}) = (2.653 \quad 8.991)$$

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

$$B = 43.84 + 79.12i$$

$$F(B) = (90.454 \quad 61.009)$$

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

$$D = 2.22 + 0.46i$$

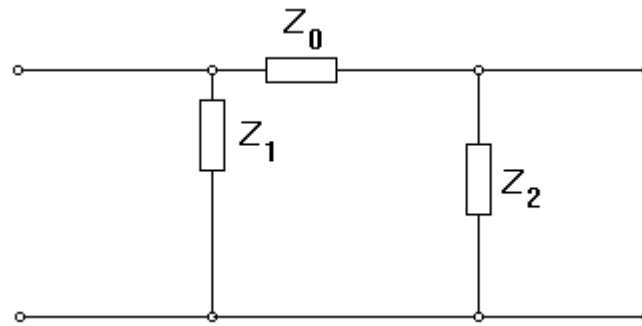
$$F(D) = (2.267 \quad 11.706)$$

Перевірка $A \cdot D - B \cdot C = 1$

$$F(A) = (7.561 \quad 69.36) \quad F(B) = (90.454 \quad 61.009)$$

$$F(C) = (0.188 \quad 23.385) \quad F(D) = (2.267 \quad 11.706)$$

Расчитать параметры R,L,C П - схемы замещения.



$$Z_0 := B$$

$$Z_0 = 43.84 + 79.12i$$

$$F(Z_0) = (90.454 \quad 61.009)$$

$$Y_1 := \frac{D - 1}{B}$$

$$Y_1 = 0.011 - 9.333i \times 10^{-3}$$

$$F(Y_1) = (0.014 \quad -40.35)$$

$$Y_2 := \frac{A - 1}{B}$$

$$Y_2 = 0.077 + 0.022i$$

$$F(Y_2) = (0.08 \quad 15.747)$$

$$R_0 := \operatorname{Re}(Z_0)$$

$$R_0 = 43.84$$

$$X_{L0} := \operatorname{Im}(Z_0)$$

$$X_{L0} = 79.12$$

$$Z_1 := \frac{1}{Y_1}$$

$$Z_1 = 52.871 + 44.918i$$

$$R_1 := \operatorname{Re}(Z_1)$$

$$R_1 = 52.871$$

$$X_{L1} := \operatorname{Im}(Z_1)$$

$$X_{L1} = 44.918$$

$$Z_2 := \frac{1}{Y_2}$$

$$Z_2 = 11.976 - 3.377i$$

$$R_2 := \operatorname{Re}(Z_2)$$

$$R_2 = 11.976$$

$$X_{C2} := -\operatorname{Im}(Z_2)$$

$$X_{C2} = 3.377$$

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

$$L_1 = 0.143$$

$$C_2 := \frac{1}{\omega \cdot X_{C2}}$$

$$C_2 = 9.426 \times 10^{-4}$$

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

$$L_0 = 0.252$$