

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

Розрахунково-графічна робота
“Розрахунок однофазного кола синусоїдного струму”
Варіант № 137

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;
- 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 (ОДНОЙМЕННІ ПОЧАТКИ ПОЗНАЧЕНІ НА СХЕМІ ТОЧКАМИ):

- 2.1. Перетворивши схему до двох незалежних контурів, розрахувати струми у всіх вітках схеми методом контурних струмів;
- 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 чотириполусника;
- 3.2. Розрахувати параметри R, L, C віток схеми заміщення.

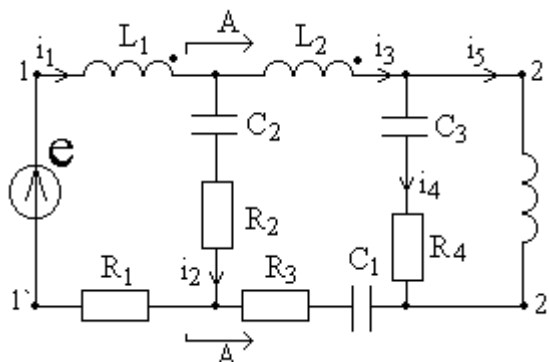
$$E := 100 \quad \psi := -20 \quad R_1 := 5 \quad R_2 := 7 \quad R_3 := 9 \quad R_4 := 12 \quad X_{L1} := 40 \quad X_{L2} := 45 \quad X_{L3} := 50$$

$$X_{C1} := 20 \quad X_{C2} := 25 \quad X_{C3} := 30 \quad X_M := 25 \quad f := 50$$

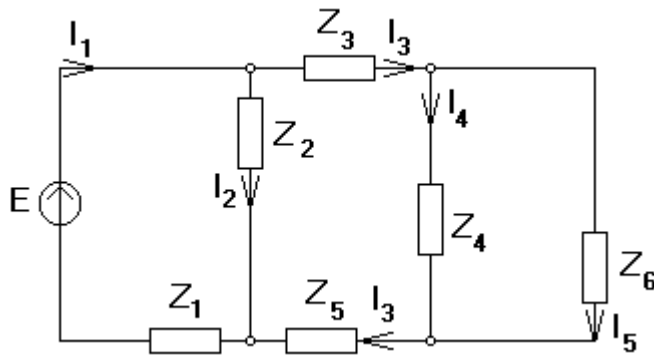
$$U := E \cdot e^{j \cdot \psi \cdot \frac{\pi}{180}}$$

$$U = 93.969 - 34.202i$$

$$F(U) = (100 \quad -20)$$



Розрахувати всі струми символічним методом



$$Z_1 := R_1 + j \cdot X_{L1} \quad Z_1 = 5 + 40i$$

$$Z_2 := R_2 - j \cdot X_{C2} \quad Z_2 = 7 - 25i$$

$$Z_5 := R_3 - j \cdot X_{C1} \quad Z_5 = 9 - 20i$$

$$Z_3 := j \cdot X_{L2} \quad Z_3 = 45i$$

$$Z_4 := R_4 - j \cdot X_{C3} \quad Z_4 = 12 - 30i$$

$$Z_6 := j \cdot X_{L3} \quad Z_6 = 50i$$

$$Z_E := \frac{\left(\frac{Z_6 \cdot Z_4}{Z_6 + Z_4} + Z_3 + Z_5 \right) \cdot Z_2}{Z_2 + \frac{Z_6 \cdot Z_4}{Z_6 + Z_4} + Z_3 + Z_5} + Z_1 \quad Z_E = 15.859 + 22.193i \quad F(Z_E) = (27.277 \quad 54.45)$$

$$I_1 := \frac{U}{Z_E} \quad I_1 = 0.983 - 3.532i \quad F(I_1) = (3.666 \quad -74.45)$$

$$I_2 := I_1 \cdot \frac{\left(\frac{Z_6 \cdot Z_4}{Z_6 + Z_4} + Z_3 + Z_5 \right)}{\left(Z_2 + \frac{Z_6 \cdot Z_4}{Z_6 + Z_4} + Z_3 + Z_5 \right)} \quad I_2 = 1.529 - 2.517i \quad F(I_2) = (2.945 \quad -58.718)$$

$$I_3 := I_1 - I_2 \quad I_3 = -0.547 - 1.015i \quad F(I_3) = (1.153 \quad -118.306)$$

$$I_4 := I_3 \cdot \frac{Z_6}{Z_6 + Z_4} \quad I_4 = 0.115 - 2.468i \quad F(I_4) = (2.471 \quad -87.343)$$

$$I_5 := I_3 - I_4 \quad I_5 = -0.661 + 1.453i \quad F(I_5) = (1.597 \quad 114.459)$$

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

Перевірка за другим законом Кіргофа:

$$-I_1 \cdot (R_1 + j \cdot X_{L1}) + U - I_2 \cdot (R_2 - j \cdot X_{C2}) = -2.132 \times 10^{-14}$$

$$-I_2 \cdot (R_2 - j \cdot X_{C2}) + I_3 \cdot [R_3 + j \cdot (X_{L2} - X_{C1})] + I_4 \cdot (R_4 - j \cdot X_{C3}) = 1.421 \times 10^{-14} + 7.105i \times 10^{-15}$$

$$I_4 \cdot (R_4 - j \cdot X_{C3}) - I_5 \cdot j \cdot X_{L3} = -7.105i \times 10^{-15}$$

Перевірка за балансом потужностей

$$S := U \cdot \overline{I_1} \quad S = 213.153 + 298.282i$$

$$P := (|I_1|)^2 \cdot R_1 + (|I_2|)^2 \cdot R_2 + (|I_3|)^2 \cdot R_3 + (|I_4|)^2 \cdot R_4 \quad P = 213.153$$

$$Q := (|I_1|)^2 \cdot X_{L1} + (|I_2|)^2 \cdot (-X_{C2}) + (|I_3|)^2 \cdot (X_{L2} - X_{C1}) + (|I_4|)^2 \cdot (-X_{C3}) + (|I_5|)^2 \cdot X_{L3} \quad Q = 298.282$$

Визначимо потенціали всіх точок позначених на схемі:

$$\phi_a := 0$$

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

$$F(\phi_b) = (18.331 \quad -74.45)$$

$$\phi_b = 4.914 - 17.66i$$

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

$$F(\phi_c) = (38.583 \quad -66.119)$$

$$\phi_c = 15.62 - 35.28i$$

$$\phi_d := \phi_c + I_2 \cdot (-X_{C2} \cdot i)$$

$$F(\phi_d) = (87.421 \quad -122.763)$$

$$\phi_d = -47.309 - 73.514i$$

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

$$F(\phi_1) = (100 \quad -20)$$

$$\phi_1 = 93.969 - 34.202i$$

$$\phi_A := \phi_1 - U$$

$$\phi_A = 7.105i \times 10^{-15}$$

$$\phi_e := \phi_b + I_3 \cdot R_3$$

$$F(\phi_e) = (26.793 \quad -90.011)$$

$$\phi_e = -5.126 \times 10^{-5} - 26.793i$$

$$\phi_k := \phi_e + I_3 \cdot (-X_{C1} \cdot i)$$

$$F(\phi_k) = (25.763 \quad -141.999)$$

$$\phi_k = -20.301 - 15.862i$$

$$\phi_m := \phi_k + I_4 \cdot R_4$$

$$F(\phi_m) = (49.262 \quad -112.594)$$

$$\phi_m = -18.927 - 45.481i$$

$$\phi_z := \phi_m + I_4 \cdot (-X_{C3} \cdot i)$$

$$F(\phi_z) = (105.059 \quad -152.249)$$

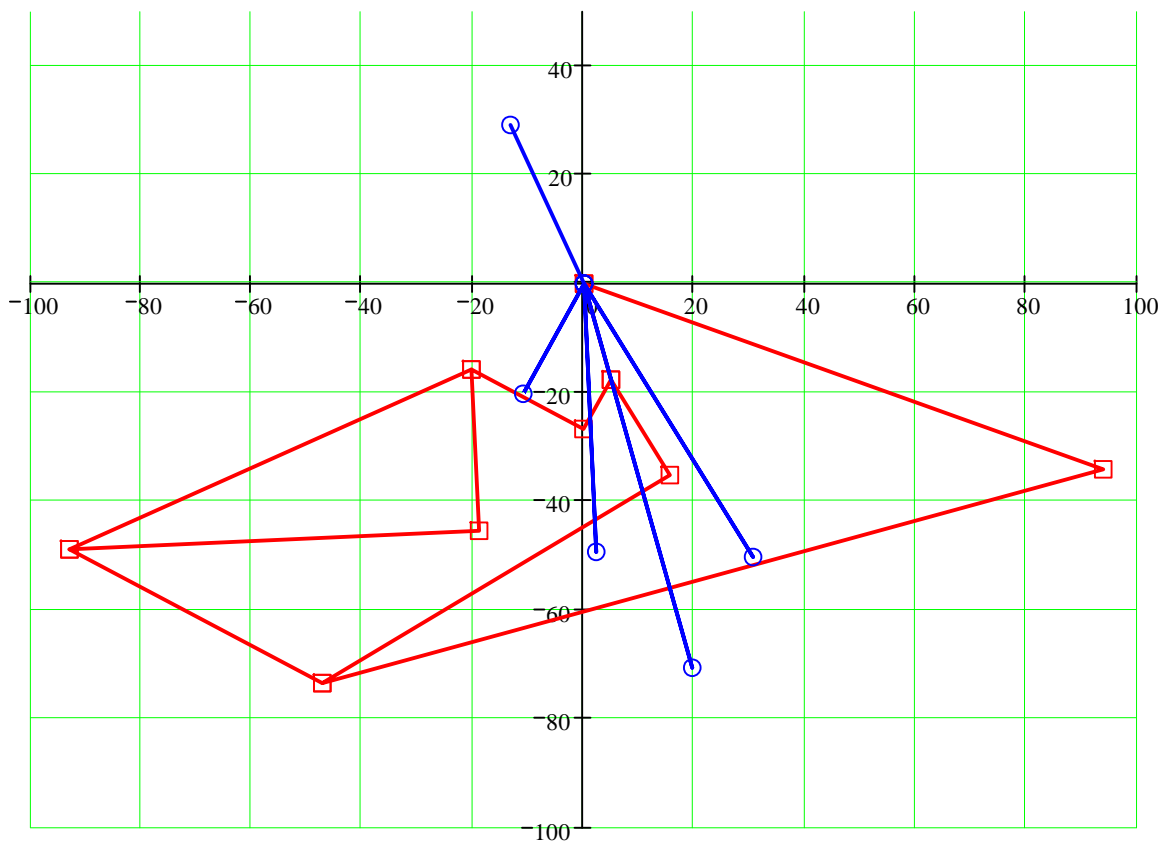
$$\phi_z = -92.976 - 48.918i$$

$$\phi_d := \phi_z + I_3 \cdot X_{L2} \cdot i$$

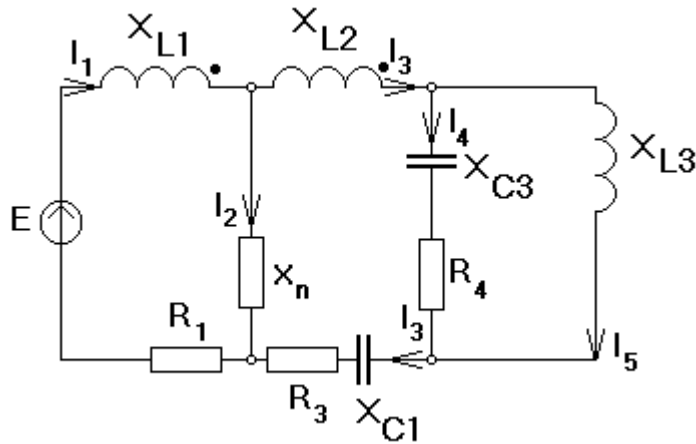
$$F(\phi_d) = (87.421 \quad -122.763)$$

$$\phi_d = -47.309 - 73.514i$$

Суміщена векторна діаграма струмів і топографічна діаграма напруг:



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



$$Z_{45} := \frac{(R_4 - i \cdot X_{C3}) \cdot i \cdot X_{L3}}{R_4 - i \cdot X_{C3} + i \cdot X_{L3}}$$

$$Z_{45} = 55.147 - 41.912i$$

$$Z_E := R_3 + i \cdot (X_{L2} - X_{C1}) + Z_{45}$$

$$Z_E = 64.147 - 16.912i$$

$$Z_E = R_E - j \cdot X_E$$

$$R_E := \operatorname{Re}(Z_E) \quad R_E = 64.147$$

$$X_E := \operatorname{Im}(Z_E)$$

$$X_E = -16.912$$

За умовою резонансу:

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

$$B_n := \frac{-X_E}{X_E^2 + R_E^2}$$

$$B_n = 3.843 \times 10^{-3}$$

$$\text{Реактивний опір вітки: } X_n := \frac{1}{B_n}$$

$$X_n = 260.224$$

Розрахувати струми для резонансного стану кола

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

$$Z_1 = 5 + 40i$$

$$Z_3 := R_3 + X_{L2} \cdot i - X_{C1} \cdot i$$

$$Z_3 = 9 + 25i$$

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

$$Z_4 = 12 - 30i$$

$$Z_5 := X_{L3} \cdot i$$

$$Z_5 = 50i$$

$$Z_{345} := \frac{Z_4 \cdot Z_5}{Z_4 + Z_5} + Z_3 \quad Z_{345} = 64.147 - 16.912i$$

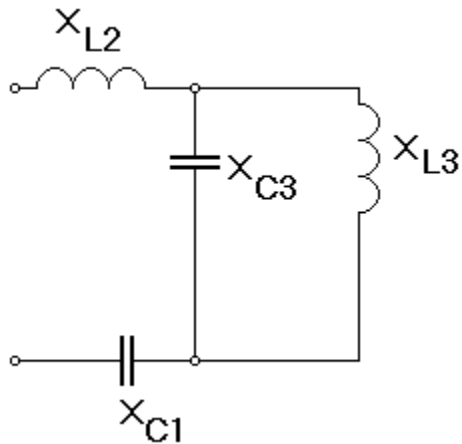
$$\text{Вхідний опір кола: } Z_{VX}(X_N) := \frac{Z_{345} \cdot i \cdot X_N}{Z_{345} + i \cdot X_N} + Z_1$$

$$Z_{VX}(X_N) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{simplify} \end{array} \right. \rightarrow \frac{(-5750 \cdot X_N + 2351 \cdot X_N^2 + 748145 + 103629 \cdot i \cdot X_N + 785 \cdot i \cdot X_N^2 + 5985160 \cdot i)}{(149629 - 1150 \cdot X_N + 34 \cdot X_N^2)}$$

$$X_N := \operatorname{Im}(Z_{VX}(X_N)) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{solve, } X_N \rightarrow \\ \text{float, 5} \end{array} \right. \left(\begin{array}{l} -66.006 + 57.163 \cdot i \\ -66.006 - 57.163 \cdot i \end{array} \right)$$

Отже резонанс неможливий

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



$$L_2 := \frac{X_{L2}}{\omega} \rightarrow \frac{9}{20 \cdot \pi} \quad L_2 = 0.143$$

$$L_3 := \frac{X_{L3}}{\omega} \rightarrow \frac{1}{2 \cdot \pi} \quad L_3 = 0.159$$

$$C_1 := \frac{1}{\omega \cdot X_{C1}} \rightarrow \frac{1}{2000 \cdot \pi} \quad C_1 = 1.592 \times 10^{-4}$$

$$C_3 := \frac{1}{\omega \cdot X_{C3}} \rightarrow \frac{1}{3000 \cdot \pi} \quad C_3 = 1.061 \times 10^{-4}$$

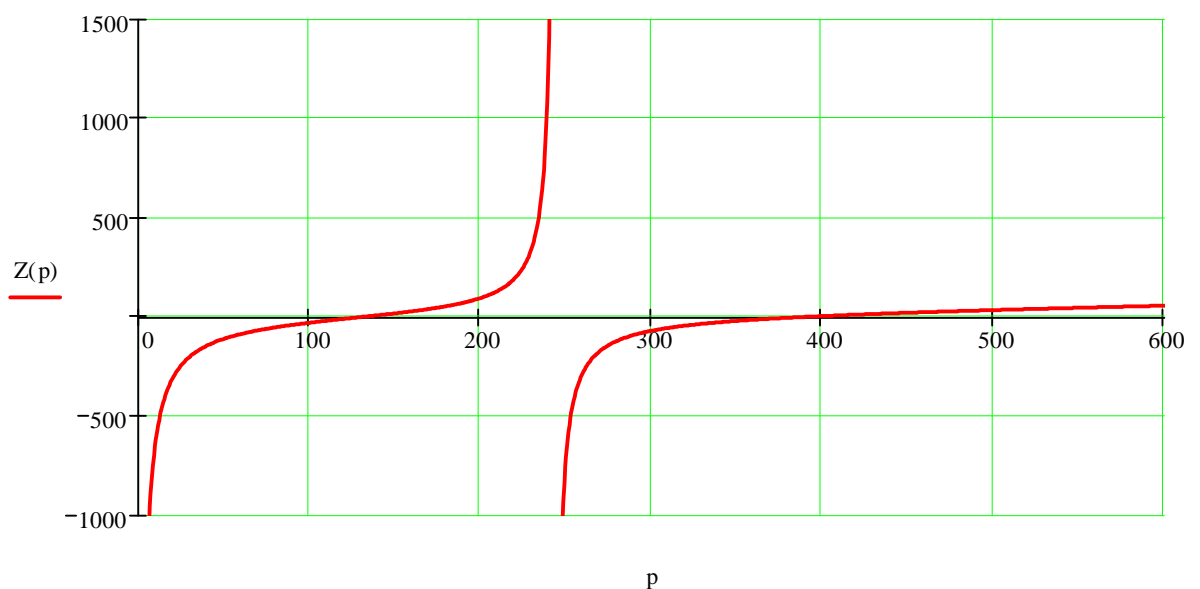
$$Z(p) := \frac{p \cdot L_3 \cdot \frac{-1}{p \cdot C_3}}{p \cdot L_3 + \frac{-1}{p \cdot C_3}} + p \cdot L_2 + \frac{-1}{p \cdot C_1} \rightarrow \frac{-1500}{\left(\frac{1}{2} \cdot \frac{p}{\pi} - \frac{3000}{p} \cdot \pi\right)} + \frac{9}{20} \cdot \frac{p}{\pi} - \frac{2000}{p} \cdot \pi$$

Знаходимо нулі:

$$\omega := Z(p) \left| \begin{array}{l} \text{solve, p} \\ \text{float, 16} \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} 389.5690051100316 \\ -389.5690051100316 \\ 130.8277026754327 \\ -130.8277026754327 \end{pmatrix} \omega = \begin{pmatrix} 389.569 \\ -389.569 \\ 130.828 \\ -130.828 \end{pmatrix} \quad \omega := \begin{pmatrix} \omega_0 \\ \omega_2 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 389.569 \\ 130.828 \end{pmatrix}$$

Знаходимо полюси:

$$\omega_1 := \frac{1}{Z(p)} \text{ solve, p} \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{1}{20 \cdot 15^2 \cdot \pi} \\ \frac{1}{-20 \cdot 15^2 \cdot \pi} \\ 0 \end{pmatrix} \omega_1 = \begin{pmatrix} 243.347 \\ -243.347 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \omega_1 := \begin{pmatrix} \omega_{10} \\ \omega_{12} \end{pmatrix} \quad \omega_1 = \begin{pmatrix} 243.347 \\ 0 \end{pmatrix}$$



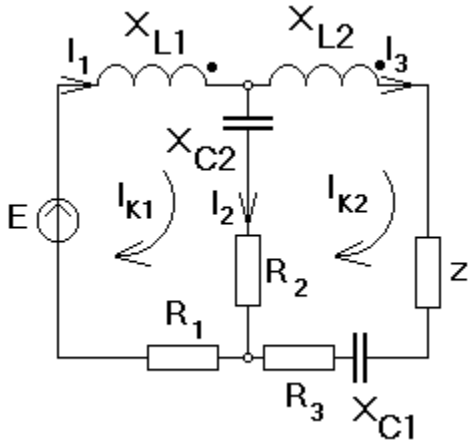
2. ПРИ НАЯВНОСТІ МАГНІТНОГО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ІНДУКТИВНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ L1 T/ L2 (ОДНОЙМЕННІ ПОЧАТКИ ПОЗНАЧЕНІ НА СХЕМІ ТОЧКАМИ):

2.1. Перетворивши схему до двох незалежних контурів, розрахувати струми у всіх вітках схеми методом контурних струмів, визначити покази вольметра;

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).

Спростимо схему до двох незалежних контурів



$$Z := \frac{(R_4 - j \cdot X_{C3}) \cdot j \cdot X_{L3}}{R_4 + j \cdot (X_{L3} - X_{C3})} \quad Z = 55.147 - 41.912i$$

$$Z_{11} := R_1 + j \cdot X_{L1} + R_2 - j \cdot X_{C2}$$

$$Z_{22} := Z + R_3 + j \cdot (X_{L2} - X_{C1} - X_{C2}) + R_2$$

$$Z_{12} := R_2 - j \cdot (X_{C2} + X_M)$$

$$Z_{11} = 12 + 15i \quad Z_{22} = 71.147 - 41.912i \quad Z_{12} = 7 - 50i$$

Given

$$I_{K1} \cdot Z_{11} - I_{K2} \cdot Z_{12} = U \quad -I_{K1} \cdot Z_{12} + I_{K2} \cdot Z_{22} = 0$$

$$\begin{pmatrix} I_{K1} \\ I_{K2} \end{pmatrix} := \text{Find}(I_{K1}, I_{K2}) \quad \left| \begin{array}{l} \text{expand} \\ \text{float}, 10 \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} .7383264051 - 1.857211031 \cdot i \\ -.6081903332 - 1.059876949 \cdot i \end{pmatrix}$$

$$I_{K1} = 0.738 - 1.857i \quad I_{K2} = -0.608 - 1.06i$$

$$I_1 := I_{K1} \quad I_1 = 0.738 - 1.857i \quad F(I_1) = (1.999 \quad -68.32)$$

$$I_2 := I_{K1} - I_{K2} \quad I_2 = 1.347 - 0.797i \quad F(I_2) = (1.565 \quad -30.632)$$

$$I_3 := I_{K2} \quad I_3 = -0.608 - 1.06i \quad F(I_3) = (1.222 \quad -119.849)$$

$$I_4 := I_3 \cdot \frac{j \cdot X_{L3}}{R_4 + j \cdot (X_{L3} - X_{C3})} \quad I_4 = 0.051 - 2.619i \quad F(I_4) = (2.62 \quad -88.885)$$

$$I_5 := I_3 - I_4 \quad I_5 = -0.659 + 1.559i \quad F(I_5) = (1.693 \quad 112.917)$$

$$\text{Перевірка за першим законом Кіргофа:} \quad I_1 - I_2 - I_3 = 0 \quad I_3 - I_4 - I_5 = 0 \quad I_2 + I_4 + I_5 - I_1 = 0$$

Перевірка за другим законом Кіргофа:

$$-I_1 \cdot [R_1 + j \cdot (X_{L1} + X_M)] + U - I_2 \cdot [R_2 - j \cdot (X_{C2} + X_M)] = -3.001 \times 10^{-8} - 2.007i \times 10^{-8}$$

$$-I_2 \cdot [R_2 - j \cdot (X_{C2} + X_M)] + I_3 \cdot [R_3 + j \cdot (X_{L2} - X_{C1} + X_M)] + I_4 \cdot (R_4 - j \cdot X_{C3}) = -1.459 \times 10^{-9} - 2.274i \times 10^{-9}$$

$$I_4 \cdot (R_4 - j \cdot X_{C3}) - I_5 \cdot j \cdot X_{L3} = 0$$

$$S_{M1} := \bar{I}_1 \cdot I_3 \cdot X_M \quad S_{M1} = 37.984 - 47.802i \quad F(S_{M1}) = (61.056 \quad -51.529)$$

$$S_{M2} := I_1 \cdot \bar{I}_3 \cdot X_M \quad S_{M2} = 37.984 + 47.802i \quad F(S_{M2}) = (61.056 \quad 51.529)$$

Перевірка за балансом потужностей

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

$$S = 132.9 + 149.268i$$

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

$$Q := (|I_1|)^2 \cdot X_{L1} + (|I_2|)^2 \cdot (-X_{C2}) + (|I_3|)^2 \cdot (X_{L2} - X_{C1}) + (|I_4|)^2 \cdot (-X_{C3}) + (|I_5|)^2 \cdot X_{L3} + S_{M1} + S_{M2}$$

$$S = 132.9 + 149.268i$$

$$P = 132.9$$

$$Q = 149.268$$

Визначимо потенціали всіх точок позначених на схемі:

$$\phi_a := 0$$

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

$$F(\phi_b) = (9.993 \quad -68.32)$$

$$\phi_b = 3.692 - 9.286i$$

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

$$F(\phi_c) = (19.827 \quad -48.579)$$

$$\phi_c = 13.117 - 14.867i$$

$$\phi_d := \phi_c + I_2 \cdot i \cdot (-X_{C2})$$

$$F(\phi_d) = (49.007 \quad -97.995)$$

$$\phi_d = -6.816 - 48.53i$$

$$\phi_{1''} := \phi_d + I_3 \cdot i \cdot X_M$$

$$F(\phi_{1''}) = (66.705 \quad -72.84)$$

$$\phi_{1''} = 19.681 - 63.735i$$

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

$$F(\phi_1) = (100 \quad -20)$$

$$\phi_1 = 93.969 - 34.202i$$

$$\phi_A := \phi_1 - U$$

$$F(\phi_A) = (3.61 \times 10^{-8} \quad 33.77)$$

$$\phi_A = 3.001 \times 10^{-8} + 2.007i \times 10^{-8}$$

$$\phi_e := \phi_b + I_3 \cdot R_3$$

$$F(\phi_e) = (18.909 \quad -95.408)$$

$$\phi_e = -1.782 - 18.825i$$

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

$$F(\phi_m) = (23.926 \quad -163.835)$$

$$\phi_m = -22.98 - 6.661i$$

$$\phi_z := \phi_m + I_3 \cdot \text{Re}(Z)$$

$$F(\phi_z) = (86.219 \quad -130.96)$$

$$\phi_z = -56.52 - 65.11i$$

$$\phi_k := \phi_z + I_3 \cdot i \cdot \text{Im}(Z)$$

$$F(\phi_k) = (108.438 \quad -158.57)$$

$$\phi_k = -100.941 - 39.62i$$

$$\phi_{d'} := \phi_k + I_1 \cdot i \cdot X_M$$

$$F(\phi_{d'}) = (58.474 \quad -158.783)$$

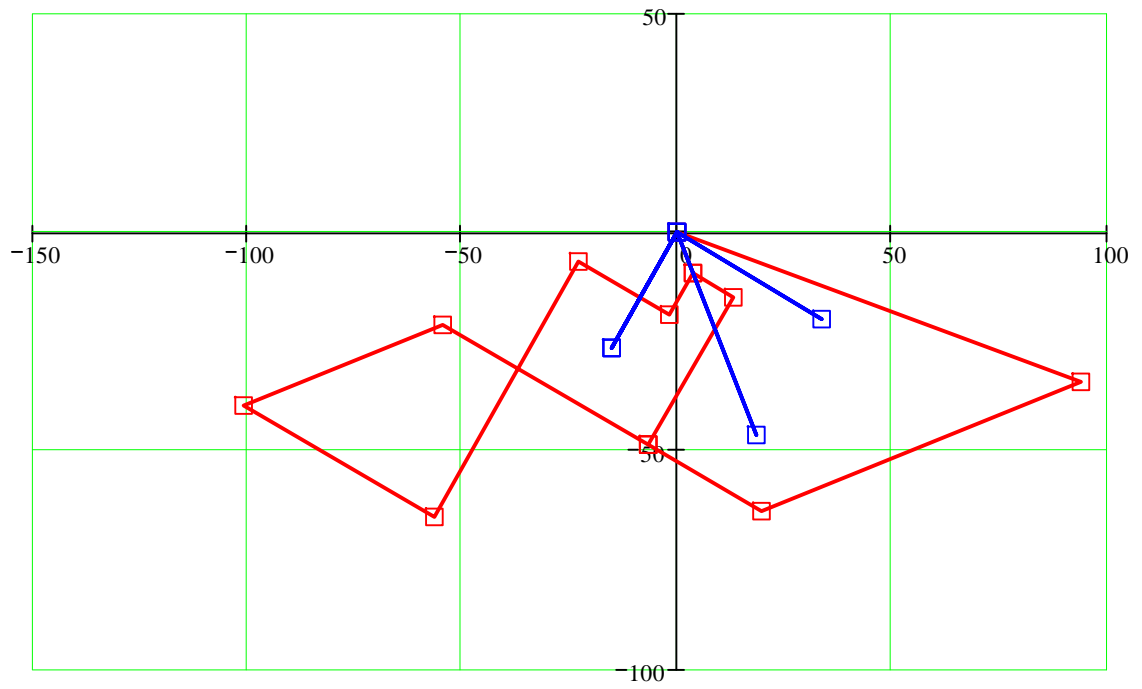
$$\phi_{d'} = -54.511 - 21.162i$$

$$\phi_d := \phi_{d'} + I_3 \cdot i \cdot X_{L2}$$

$$F(\phi_d) = (49.007 \quad -97.995)$$

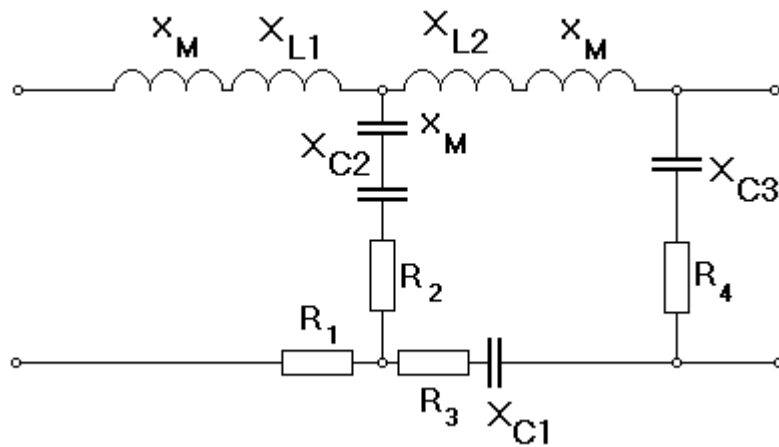
$$\phi_d = -6.816 - 48.53i$$

Суміщена векторна діаграма струмів і топографічна діаграма напруг:



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

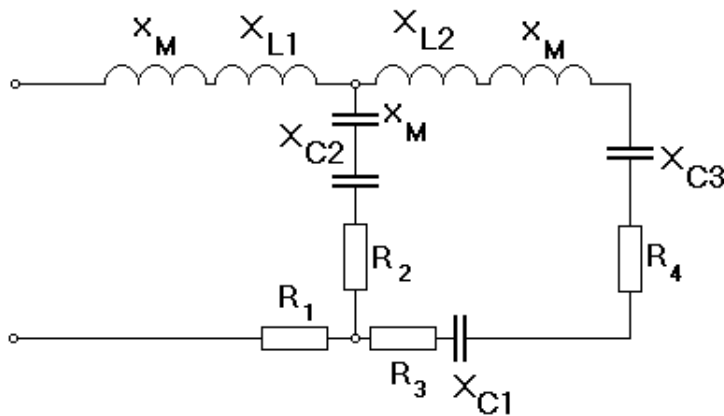
1) Розрахувати коефіцієнти чотириполюсника **A, B, C, D**



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

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

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



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_M + X_{L1}) \rightarrow 5 + 65 \cdot i$$

$$Z_2 := R_2 - i \cdot (X_{C2} + X_M) \rightarrow 7 - 50 \cdot i$$

$$Z_3 := R_3 + R_4 + i \cdot (X_{L2} + X_M - X_{C3} - X_{C1}) \rightarrow 21 + 20 \cdot i$$

$$Z_{10} := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_{10} = 40.283 + 70.303i \quad Z_{20} := \frac{Z_2 \cdot Z_1}{Z_2 + Z_1} + Z_3 \quad Z_{20} = 136.163 - 106.87i$$

$$I_{10} := \frac{U_{10}}{Z_{10}} \quad I_{10} = 0.21 - 1.216i \quad F(I_{10}) = (1.234 \quad -80.188)$$

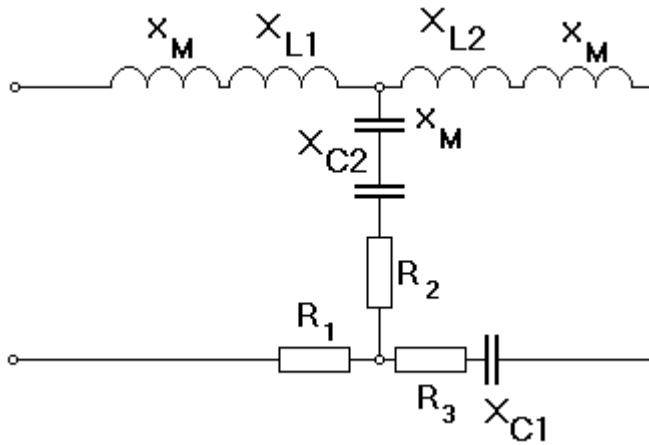
$$I_{30} := I_{10} \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3} \quad I_{30} = -0.648 - 1.373i \quad F(I_{30}) = (1.518 \quad -115.243)$$

$$U_{20} := I_{30} \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3}) \quad U_{20} = -48.973 + 2.945i \quad F(U_{20}) = (49.061 \quad 176.558)$$

$$A := \frac{U_{10}}{U_{20}} \quad A = -1.954 + 0.581i \quad F(A) = (2.038 \quad 163.442)$$

$$C := \frac{I_{10}}{U_{20}} \quad C = -5.767 \times 10^{-3} + 0.024i \quad F(C) = (0.025 \quad 103.254)$$

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



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_{L1} + X_M) \rightarrow 5 + 65 \cdot i$$

$$Z_2 := R_2 + i \cdot (-X_{C2} - X_M) \rightarrow 7 - 50 \cdot i$$

$$Z_3 := R_3 + i \cdot (X_{L2} - X_{C1} + X_M) \rightarrow 9 + 50 \cdot i$$

$$Z_K := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_K = 165.188 + 58.7 \cdot i$$

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

$$I_{1K} = 0.44 - 0.363i$$

$$F(I_{1K}) = (0.57 \quad -39.578)$$

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

$$I_{3K} = -0.943 - 1.533i$$

$$F(I_{3K}) = (1.8 \quad -121.609)$$

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

$$B = -11.18 + 54.425i$$

$$F(B) = (55.562 \quad 101.609)$$

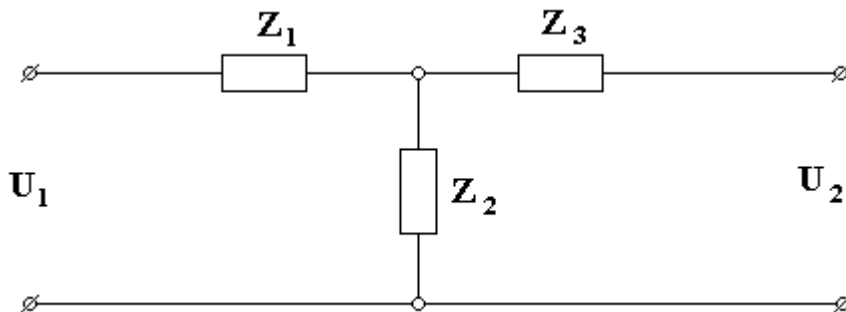
$$D := \frac{I_{1K}}{I_{3K}}$$

$$D = 0.044 + 0.314i$$

$$F(D) = (0.317 \quad 82.03)$$

Перевірка $A \cdot D - B \cdot C = 1$

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



$$Z_1 := \frac{A - 1}{C}$$

$$Z_1 = 49.397 + 108.996i$$

$$F(Z_1) = (119.667 \quad 65.62)$$

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

$$Z_2 = 7 - 50i$$

$$F(Z_2) = (50.488 \quad -82.03)$$

$$Z_3 := \frac{D - 1}{C}$$

$$Z_3 = 20.857 + 34.133i$$

$$F(Z_3) = (40.001 \quad 58.572)$$

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

$$R_1 = 49.397$$

$$X_1 := \text{Im}(Z_1)$$

$$X_1 = 108.996$$

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

$$R_2 = -9.114$$

$$X_2 := \text{Im}(Z_2)$$

$$X_2 = -38.694$$

$$R_3 := \text{Re}(Z_3)$$

$$R_3 = 20.857$$

$$X_3 := \text{Im}(Z_3)$$

$$X_3 = 34.133$$

$$L_1 := \frac{X_1}{2 \cdot \pi \cdot f}$$

$$C := -\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_2}$$

$$L_2 := \frac{X_3}{2 \cdot \pi \cdot f}$$

$$L_1 = 0.347$$

$$C = 8.226 \times 10^{-5}$$

$$L_2 = 0.109$$