

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 A , B , C , D чотириполусника;
- 3.2. Розрахувати параметри R , L , C віток схеми заміщення.

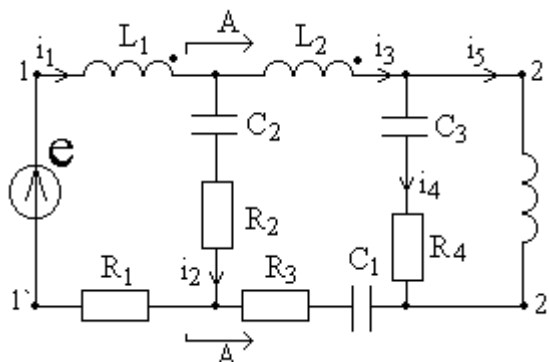
$$E := 180 \quad \psi := 25 \quad R_1 := 12 \quad R_2 := 10 \quad R_3 := 8 \quad R_4 := 6 \quad X_{L1} := 55 \quad X_{L2} := 45 \quad X_{L3} := 30$$

$$X_{C1} := 17 \quad X_{C2} := 13 \quad X_{C3} := 10 \quad X_M := 22 \quad f := 60$$

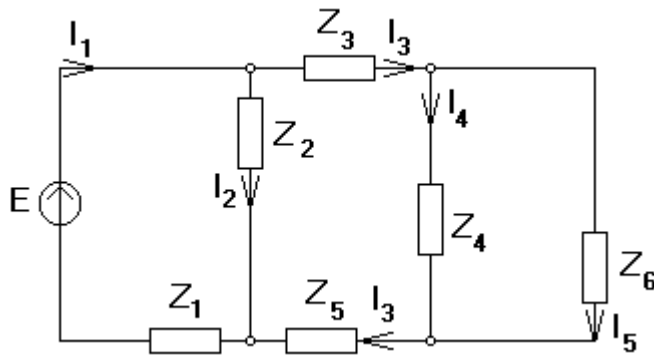
$$U := E \cdot e^{j \cdot \psi \cdot \frac{\pi}{180}}$$

$$U = 163.135 + 76.071i$$

$$F(U) = (180 \quad 25)$$



Розрахувати всі струми символічним методом



$$Z_1 := R_1 + j \cdot X_{L1} \quad Z_1 = 12 + 55i$$

$$Z_2 := R_2 - j \cdot X_{C2} \quad Z_2 = 10 - 13i$$

$$Z_5 := R_3 - j \cdot X_{C1} \quad Z_5 = 8 - 17i$$

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

$$Z_4 := R_4 - j \cdot X_{C3} \quad Z_4 = 6 - 10i$$

$$Z_6 := j \cdot X_{L3} \quad Z_6 = 30i$$

$$Z_E := \frac{\left(\frac{Z_6 \cdot Z_4}{Z_6 + Z_4} + Z_3 + Z_5 \right) \cdot Z_2}{Z_2 + \frac{Z_6 \cdot Z_4}{Z_6 + Z_4} + Z_3 + Z_5} + Z_1 \quad Z_E = 25.268 + 50.157i \quad F(Z_E) = (56.162 \quad 63.262)$$

$$I_1 := \frac{U}{Z_E} \quad I_1 = 2.517 - 1.985i \quad F(I_1) = (3.205 \quad -38.262)$$

$$I_2 := I_1 \cdot \frac{\left(\frac{Z_6 \cdot Z_4}{Z_6 + Z_4} + Z_3 + Z_5 \right)}{\left(Z_2 + \frac{Z_6 \cdot Z_4}{Z_6 + Z_4} + Z_3 + Z_5 \right)} \quad I_2 = 2.746 - 0.283i \quad F(I_2) = (2.76 \quad -5.882)$$

$$I_3 := I_1 - I_2 \quad I_3 = -0.229 - 1.702i \quad F(I_3) = (1.717 \quad -97.665)$$

$$I_4 := I_3 \cdot \frac{Z_6}{Z_6 + Z_4} \quad I_4 = 0.387 - 2.437i \quad F(I_4) = (2.467 \quad -80.966)$$

$$I_5 := I_3 - I_4 \quad I_5 = -0.616 + 0.735i \quad F(I_5) = (0.959 \quad 129.998)$$

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:

$$-I_1 \cdot (R_1 + j \cdot X_{L1}) + U - I_2 \cdot (R_2 - j \cdot X_{C2}) = -1.066 \times 10^{-14}$$

$$-I_2 \cdot (R_2 - j \cdot X_{C2}) + I_3 \cdot [R_3 + j \cdot (X_{L2} - X_{C1})] + I_4 \cdot (R_4 - j \cdot X_{C3}) = -7.105 \times 10^{-15} - 1.066i \times 10^{-14}$$

$$I_4 \cdot (R_4 - j \cdot X_{C3}) - I_5 \cdot j \cdot X_{L3} = 3.553 \times 10^{-15}$$

Перевірка за балансом потужностей

$$S := U \cdot \overline{I_1} \quad S = 259.555 + 515.211i$$

$$P := (|I_1|)^2 \cdot R_1 + (|I_2|)^2 \cdot R_2 + (|I_3|)^2 \cdot R_3 + (|I_4|)^2 \cdot R_4 \quad P = 259.555$$

$$Q := (|I_1|)^2 \cdot X_{L1} + (|I_2|)^2 \cdot (-X_{C2}) + (|I_3|)^2 \cdot (X_{L2} - X_{C1}) + (|I_4|)^2 \cdot (-X_{C3}) + (|I_5|)^2 \cdot X_{L3} \quad Q = 515.211$$

Визначимо потенціали всіх точок позначених на схемі:

$$\phi_a := 0$$

$$\phi_b := \phi_a + I_1 \cdot R_1 \quad F(\phi_b) = (38.46 \quad -38.262)$$

$$\phi_b = 30.198 - 23.816i$$

$$\phi_c := \phi_b + I_2 \cdot R_2 \quad F(\phi_c) = (63.513 \quad -24.804)$$

$$\phi_c = 57.654 - 26.645i$$

$$\phi_d := \phi_c + I_2 \cdot (-X_{C2} \cdot i) \quad F(\phi_d) = (82.459 \quad -49.111)$$

$$\phi_d = 53.977 - 62.337i$$

$$\phi_l := \phi_d + I_1 \cdot X_{L1} \cdot i \quad F(\phi_l) = (180 \quad 25)$$

$$\phi_l = 163.135 + 76.071i$$

$$\phi_A := \phi_l - U$$

$$\phi_A = -1.421i \times 10^{-14}$$

$$\phi_e := \phi_b + I_3 \cdot R_3 \quad F(\phi_e) = (46.965 \quad -52.845)$$

$$\phi_e = 28.366 - 37.431i$$

$$\phi_k := \phi_e + I_3 \cdot (-X_{C1} \cdot i) \quad F(\phi_k) = (33.542 \quad -90.966)$$

$$\phi_k = -0.565 - 33.538i$$

$$\phi_m := \phi_k + I_4 \cdot R_4 \quad F(\phi_m) = (48.189 \quad -87.908)$$

$$\phi_m = 1.759 - 48.157i$$

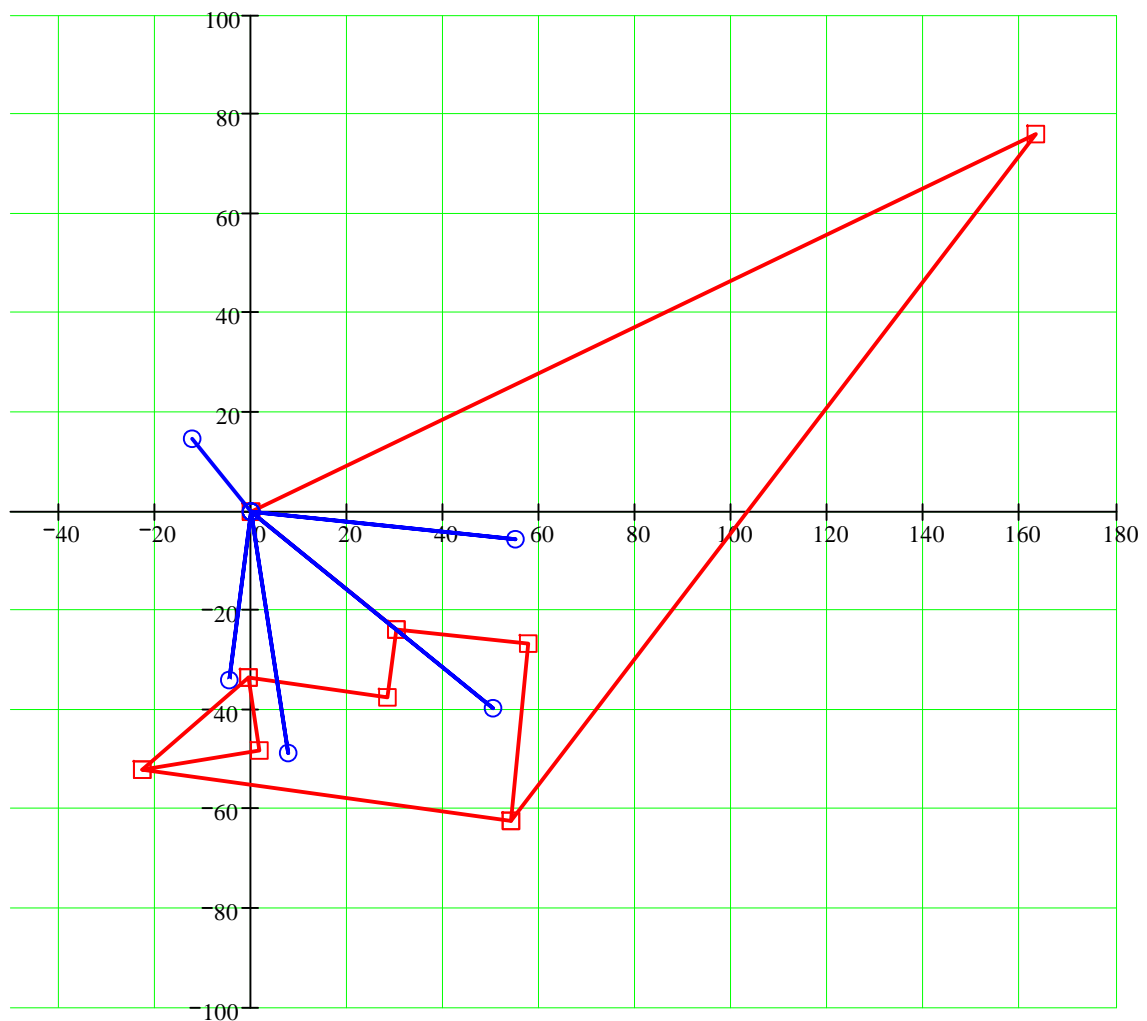
$$\phi_z := \phi_m + I_4 \cdot (-X_{C3} \cdot i) \quad F(\phi_z) = (56.73 \quad -113.484)$$

$$\phi_z = -22.606 - 52.031i$$

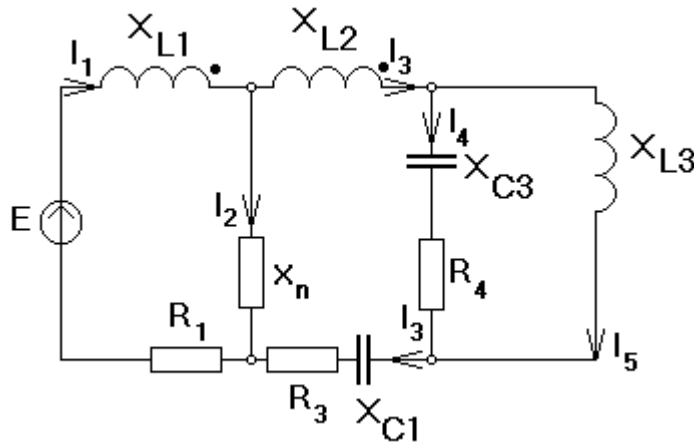
$$\phi_d := \phi_z + I_3 \cdot X_{L2} \cdot i \quad F(\phi_d) = (82.459 \quad -49.111)$$

$$\phi_d = 53.977 - 62.337i$$

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.



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

$$Z_{45} = 12.385 - 11.284i$$

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

$$Z_E = 20.385 + 16.716i$$

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

$$R_E := \operatorname{Re}(Z_E) \quad R_E = 20.385$$

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

$$X_E = 16.716$$

За умовою резонансу:

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

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

$$B_n = -0.024$$

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

$$X_n = -41.576$$

Розрахувати струми для резонансного стану кола

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

$$Z_1 = 12 + 55i$$

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

$$Z_3 = 8 + 28i$$

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

$$Z_4 = 6 - 10i$$

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

$$Z_5 = 30i$$

$$Z_{345} := \frac{Z_4 \cdot Z_5}{Z_4 + Z_5} + Z_3 \quad Z_{345} = 20.385 + 16.716i$$

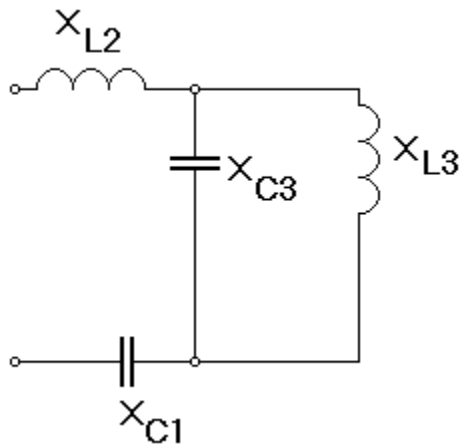
$$\text{Вхідний опір кола: } Z_{VX}(X_N) := \frac{Z_{345} \cdot i \cdot X_N}{Z_{345} + i \cdot X_N} + Z_1$$

$$Z_{VX}(X_N) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{simplify} \end{array} \right. \rightarrow \frac{(43728 \cdot X_N + 3530 \cdot X_N^2 + 909024 + 276172 \cdot i \cdot X_N + 7817 \cdot i \cdot X_N^2 + 4166360 \cdot i)}{(75752 + 3644 \cdot X_N + 109 \cdot X_N^2)}$$

$$X_N := \operatorname{Im}(Z_{VX}(X_N)) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{solve, } X_N \rightarrow \\ \text{float, 5} \end{array} \right. \left(\begin{array}{l} -17.665 + 14.864 \cdot i \\ -17.665 - 14.864 \cdot i \end{array} \right)$$

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



$$L_2 := \frac{X_{L2}}{\omega} \rightarrow \frac{3}{8 \cdot \pi} \quad L_2 = 0.119$$

$$L_3 := \frac{X_{L3}}{\omega} \rightarrow \frac{1}{4 \cdot \pi} \quad L_3 = 0.08$$

$$C_1 := \frac{1}{\omega \cdot X_{C1}} \rightarrow \frac{1}{2040 \cdot \pi} \quad C_1 = 1.56 \times 10^{-4}$$

$$C_3 := \frac{1}{\omega \cdot X_{C3}} \rightarrow \frac{1}{1200 \cdot \pi} \quad C_3 = 2.653 \times 10^{-4}$$

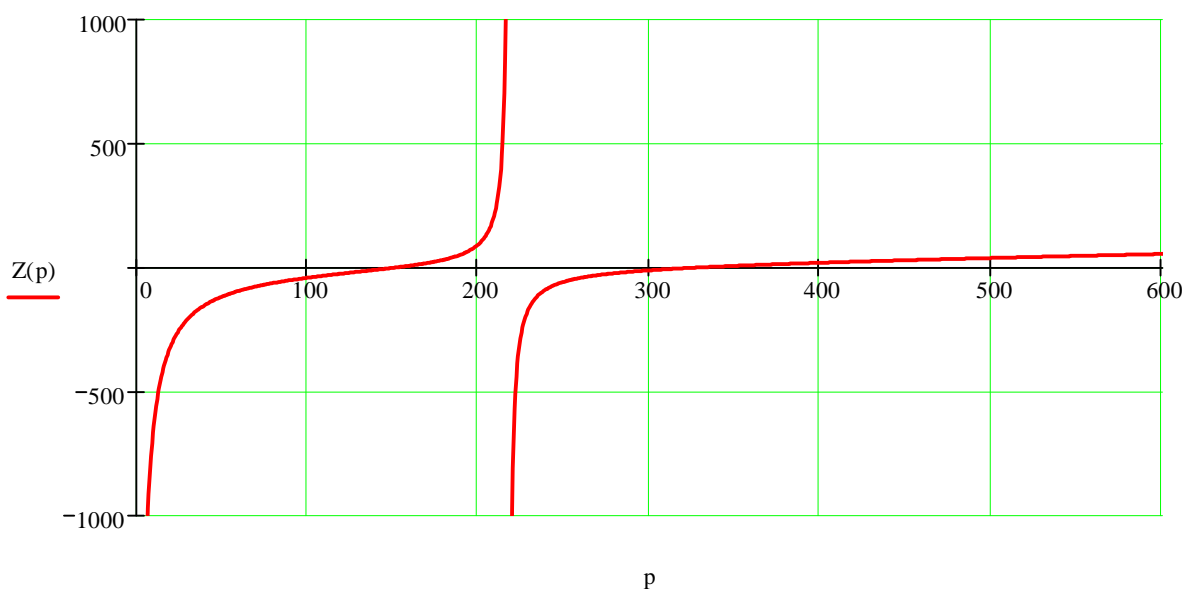
$$Z(p) := \frac{p \cdot L_3 \cdot \frac{-1}{p \cdot C_3}}{p \cdot L_3 + \frac{-1}{p \cdot C_3}} + p \cdot L_2 + \frac{-1}{p \cdot C_1} \rightarrow \frac{-300}{\left(\frac{1}{4} \cdot \frac{p}{\pi} - \frac{1200}{p} \cdot \pi\right)} + \frac{3}{8} \cdot \frac{p}{\pi} - \frac{2040}{p} \cdot \pi$$

Знаходимо нулі:

$$\omega := Z(p) \left| \begin{array}{l} \text{solve, p} \\ \text{float, 16} \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} 330.7519435576114 \\ -330.7519435576114 \\ 152.4815889984870 \\ -152.4815889984870 \end{pmatrix} \omega = \begin{pmatrix} 330.752 \\ -330.752 \\ 152.482 \\ -152.482 \end{pmatrix} \quad \omega := \begin{pmatrix} \omega_0 \\ \omega_2 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 330.752 \\ 152.482 \end{pmatrix}$$

Знаходимо полюси:

$$\omega_1 := \frac{1}{Z(p)} \text{ solve, p} \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{1}{40 \cdot \pi \cdot 3^2} \\ \frac{1}{-40 \cdot \pi \cdot 3^2} \\ 0 \end{pmatrix} \quad \omega_1 = \begin{pmatrix} 217.656 \\ -217.656 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \omega_1 := \begin{pmatrix} \omega_{10} \\ \omega_{12} \end{pmatrix} \quad \omega_1 = \begin{pmatrix} 217.656 \\ 0 \end{pmatrix}$$



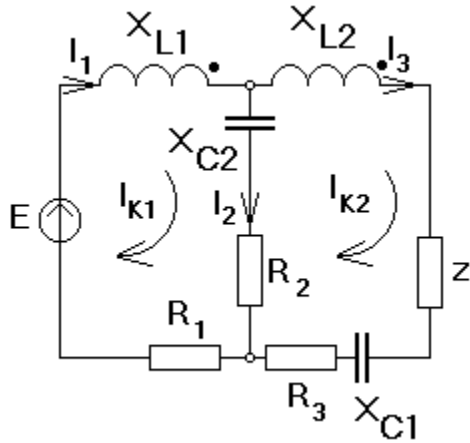
2. ПРИ НАЯВНОСТІ МАГНІТНОГО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ІНДУКТИВНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ L1 T/ L2 (ОДНОЙМЕННІ ПОЧАТКИ ПОЗНАЧЕНІ НА СХЕМІ ТОЧКАМИ):

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

Спростимо схему до двох незалежних контурів



$$Z := \frac{(R_4 - j \cdot X_{C3}) \cdot j \cdot X_{L3}}{R_4 + j \cdot (X_{L3} - X_{C3})} \quad Z = 12.385 - 11.284i$$

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

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

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

$$Z_{11} = 22 + 42i \quad Z_{22} = 30.385 + 3.716i \quad Z_{12} = 10 - 35i$$

Given

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

$$\begin{pmatrix} I_{K1} \\ I_{K2} \end{pmatrix} := \text{Find}(I_{K1}, I_{K2}) \left| \begin{array}{l} \text{expand} \\ \text{float}, 10 \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} 1.974773374 - .7000900611 \cdot i \\ -.4560139719 - 2.449327576 \cdot i \end{pmatrix}$$

$$I_{K1} = 1.975 - 0.7i$$

$$I_{K2} = -0.456 - 2.449i$$

$$I_1 := I_{K1}$$

$$I_1 = 1.975 - 0.7i$$

$$F(I_1) = (2.095 \quad -19.52)$$

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

$$I_2 = 2.431 + 1.749i$$

$$F(I_2) = (2.995 \quad 35.739)$$

$$I_3 := I_{K2}$$

$$I_3 = -0.456 - 2.449i$$

$$F(I_3) = (2.491 \quad -100.547)$$

$$I_4 := I_3 \cdot \frac{j \cdot X_{L3}}{R_4 + j \cdot (X_{L3} - X_{C3})}$$

$$I_4 = 0.384 - 3.559i$$

$$F(I_4) = (3.58 \quad -83.847)$$

$$I_5 := I_3 - I_4$$

$$I_5 = -0.84 + 1.11i$$

$$F(I_5) = (1.391 \quad 127.116)$$

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

Перевірка за другим законом Кіргофа:

$$-I_1 \cdot [R_1 + j \cdot (X_{L1} + X_M)] + U - I_2 \cdot [R_2 - j \cdot (X_{C2} + X_M)] = -6.603 \times 10^{-9} + 6.026i \times 10^{-9}$$

$$-I_2 \cdot [R_2 - j \cdot (X_{C2} + X_M)] + I_3 \cdot [R_3 + j \cdot (X_{L2} - X_{C1} + X_M)] + I_4 \cdot (R_4 - j \cdot X_{C3}) = -1.116 \times 10^{-8} - 1.764i \times 10^{-8}$$

$$I_4 \cdot (R_4 - j \cdot X_{C3}) - I_5 \cdot j \cdot X_{L3} = -7.105 \times 10^{-15} - 3.553i \times 10^{-15}$$

$$S_{M1} := \bar{I}_1 \cdot I_3 \cdot X_M$$

$$S_{M1} = 17.913 - 113.435i$$

$$F(S_{M1}) = (114.84 \quad -81.026)$$

$$S_{M2} := I_1 \cdot \bar{I}_3 \cdot X_M$$

$$S_{M2} = 17.913 + 113.435i$$

$$F(S_{M2}) = (114.84 \quad 81.026)$$

Перевірка за балансом потужностей

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

$$S = 268.899 + 264.433i$$

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

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

$$S = 268.899 + 264.433i$$

$$P = 268.899$$

$$Q = 264.433$$

Визначимо потенціали всіх точок позначених на схемі:

$$\phi_a := 0$$

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

$$F(\phi_b) = (25.142 \quad -19.52)$$

$$\phi_b = 23.697 - 8.401i$$

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

$$F(\phi_c) = (48.858 \quad 10.724)$$

$$\phi_c = 48.005 + 9.091i$$

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

$$F(\phi_d) = (74.24 \quad -17.649)$$

$$\phi_d = 70.745 - 22.509i$$

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

$$F(\phi_{1''}) = (128.809 \quad -14.633)$$

$$\phi_{1''} = 124.63 - 32.541i$$

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

$$F(\phi_1) = (180 \quad 25)$$

$$\phi_1 = 163.135 + 76.071i$$

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

$$F(\phi_A) = (8.939 \times 10^{-9} \quad -42.384)$$

$$\phi_A = 6.603 \times 10^{-9} - 6.026i \times 10^{-9}$$

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

$$F(\phi_e) = (34.434 \quad -54.392)$$

$$\phi_e = 20.049 - 27.996i$$

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

$$F(\phi_m) = (29.596 \quad -136.843)$$

$$\phi_m = -21.589 - 20.243i$$

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

$$F(\phi_z) = (57.447 \quad -118.303)$$

$$\phi_z = -27.237 - 50.579i$$

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

$$F(\phi_k) = (71.243 \quad -140.378)$$

$$\phi_k = -54.876 - 45.433i$$

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

$$F(\phi_{d'}) = (39.525 \quad -177.116)$$

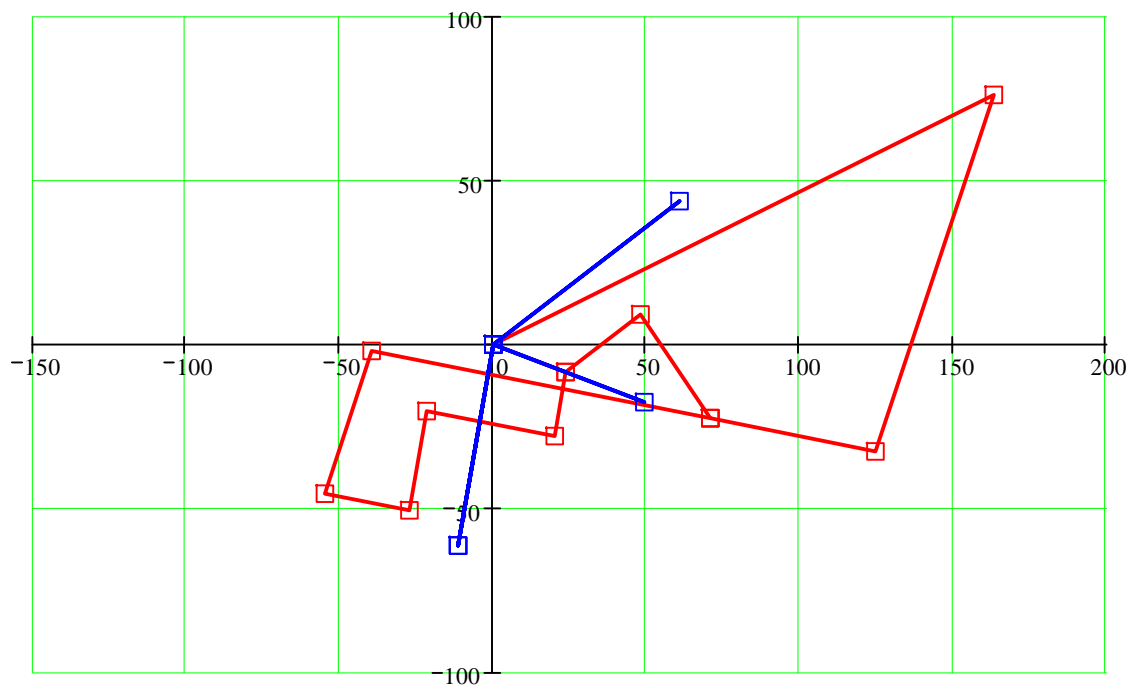
$$\phi_{d'} = -39.474 - 1.988i$$

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

$$F(\phi_d) = (74.24 \quad -17.649)$$

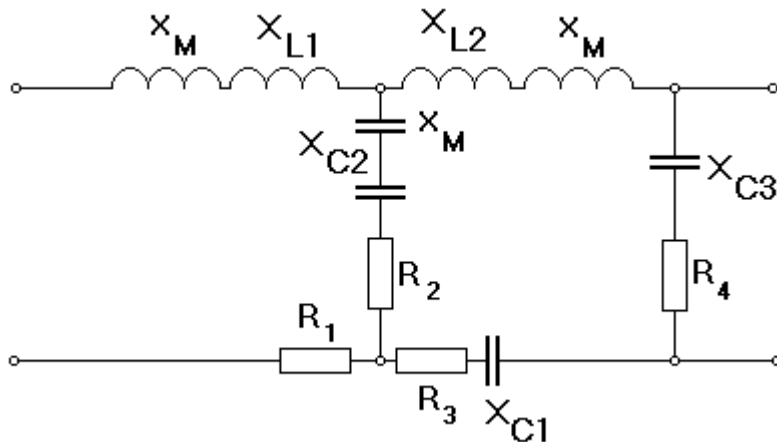
$$\phi_d = 70.745 - 22.509i$$

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":

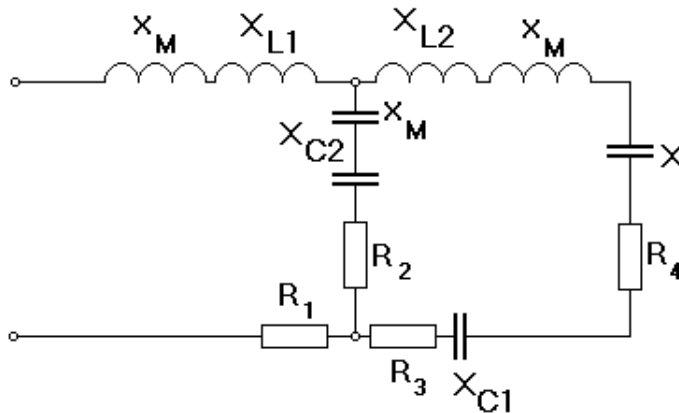
1) Розрахувати коефіцієнти чотириполюсника **A, B, C, D**



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

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

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



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_M + X_{L1}) \rightarrow 12 + 77 \cdot i$$

$$Z_2 := R_2 - i \cdot (X_{C2} + X_M) \rightarrow 10 - 35 \cdot i$$

$$Z_3 := R_3 + R_4 + i \cdot (X_{L2} + X_M - X_{C3} - X_{C1}) \rightarrow 14 + 40 \cdot i$$

$$Z_{10} := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_{10} = 72.749 + 60.594i \quad Z_{20} := \frac{Z_2 \cdot Z_1}{Z_2 + Z_1} + Z_3 \quad Z_{20} = 48.088 - 9.168i$$

$$I_{10} := \frac{U_{10}}{Z_{10}} \quad I_{10} = 1.838 - 0.485i \quad F(I_{10}) = (1.901 \quad -14.792)$$

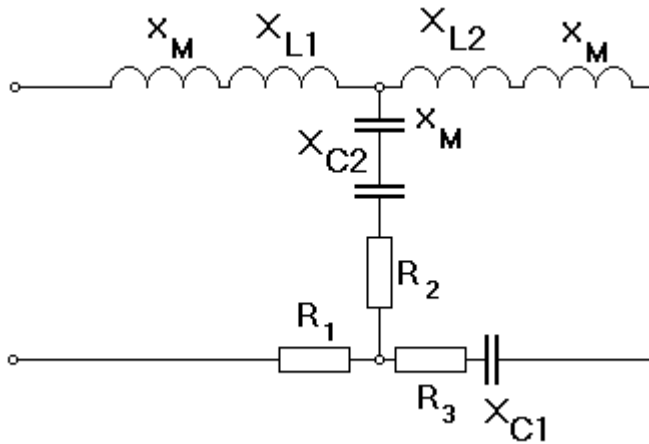
$$I_{30} := I_{10} \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3} \quad I_{30} = -0.52 - 2.775i \quad F(I_{30}) = (2.823 \quad -100.615)$$

$$U_{20} := I_{30} \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3}) \quad U_{20} = -30.866 - 11.448i \quad F(U_{20}) = (32.92 \quad -159.651)$$

$$A := \frac{U_{10}}{U_{20}} \quad A = -5.45 - 0.443i \quad F(A) = (5.468 \quad -175.349)$$

$$C := \frac{I_{10}}{U_{20}} \quad C = -0.047 + 0.033i \quad F(C) = (0.058 \quad 144.859)$$

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



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_{L1} + X_M) \rightarrow 12 + 77 \cdot i$$

$$Z_2 := R_2 + i \cdot (-X_{C2} - X_M) \rightarrow 10 - 35 \cdot i$$

$$Z_3 := R_3 + i \cdot (X_{L2} - X_{C1} + X_M) \rightarrow 8 + 50 \cdot i$$

$$Z_K := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_K = 78.011 + 34.21i$$

$$I_{1K} := \frac{U_K}{Z_K} \quad I_{1K} = 2.113 + 0.049i \quad F(I_{1K}) = (2.113 \quad 1.319)$$

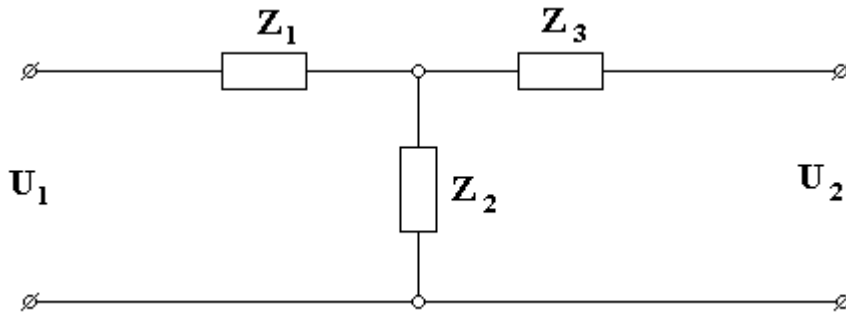
$$I_{3K} := I_{1K} \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3} \quad I_{3K} = -1.258 - 3.032i \quad F(I_{3K}) = (3.283 \quad -112.541)$$

$$B := \frac{U_K}{I_{3K}} \quad B = -40.453 + 37.015i \quad F(B) = (54.832 \quad 137.541)$$

$$D := \frac{I_{1K}}{I_{3K}} \quad D = -0.26 + 0.589i \quad F(D) = (0.644 \quad 113.86)$$

Перевірка $A \cdot D - B \cdot C = 1$

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



$$Z_1 := \frac{A - 1}{C} \quad Z_1 = 86.908 + 70.561i \quad F(Z_1) = (111.946 \quad 39.073)$$

$$Z_2 := \frac{1}{C} \quad Z_2 = 10 - 35i \quad F(Z_2) = (36.401 \quad -74.055)$$

$$Z_3 := \frac{D - 1}{C} \quad Z_3 = 23.714 + 4.226i \quad F(Z_3) = (24.087 \quad 10.105)$$

$$R_1 := \text{Re}(Z_1) \quad R_1 = 86.908 \quad X_1 := \text{Im}(Z_1) \quad X_1 = 70.561$$

$$R_2 := \text{Re}(Z_2) \quad R_2 = -14.16 \quad X_2 := \text{Im}(Z_2) \quad X_2 = -9.967$$

$$R_3 := \text{Re}(Z_3) \quad R_3 = 23.714 \quad X_3 := \text{Im}(Z_3) \quad X_3 = 4.226$$

$$L_1 := \frac{X_1}{2 \cdot \pi \cdot f} \quad C := -\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_2} \quad L_2 := \frac{X_3}{2 \cdot \pi \cdot f}$$

$$L_1 = 0.187 \quad C = 2.661 \times 10^{-4} \quad L_2 = 0.011$$