

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

Розрахунково-графічна робота
“Розрахунок однофазного кола синусоїдного струму”
Варіант № 263

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" :

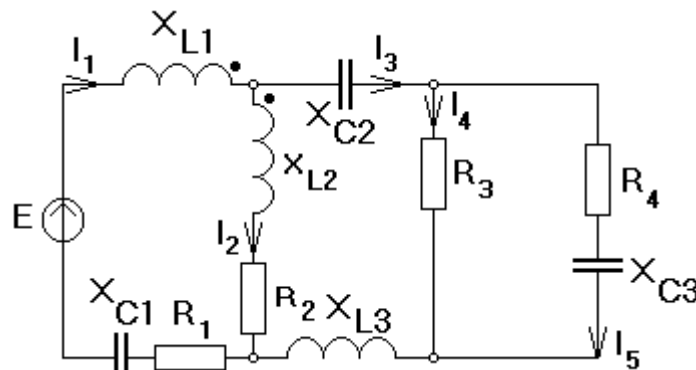
3.1 Розрахувати коефіцієнти чотирьохполосника **A,B,C,D**;

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

$$E := 120 \quad \psi := -30 \quad R_1 := 7 \quad R_2 := 9 \quad R_3 := 11 \quad R_4 := 13 \quad X_{L1} := 40 \quad X_{L2} := 35 \quad X_{L3} := 25$$

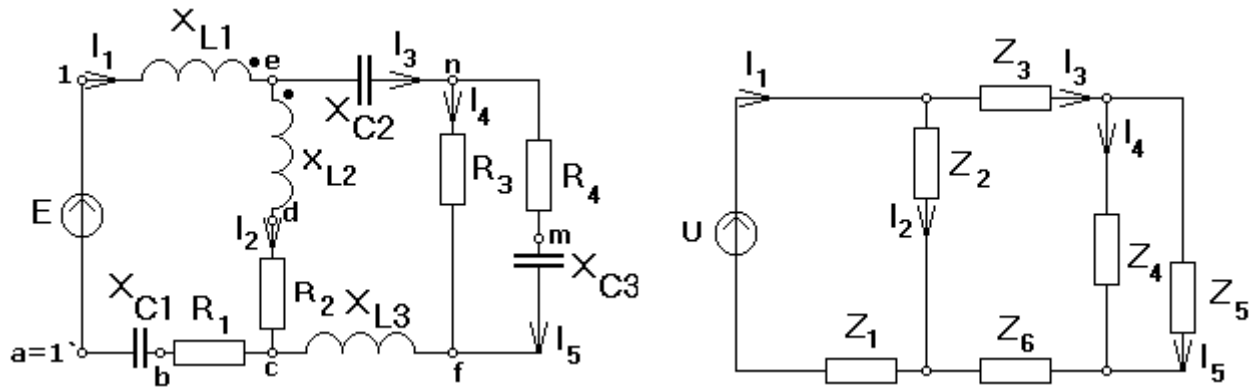
$$X_{C1} := 15 \quad X_{C2} := 10 \quad X_{C3} := 8 \quad X_M := 20 \quad f := 50$$

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



Для електричного кола без взаємної індукції:

Розрахувати всі струми символьним методом



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_{C1}) \rightarrow 7 + 25 \cdot i$$

$$Z_4 := R_3 \rightarrow 11$$

$$Z_2 := R_2 + i \cdot (X_{L2}) \rightarrow 9 + 35 \cdot i$$

$$Z_5 := R_4 - i \cdot X_{C3} \rightarrow 13 - 8 \cdot i$$

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

$$Z_6 := i \cdot X_{L3} \rightarrow 25 \cdot i$$

$$Z_E := \frac{\left(\frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6 \right) \cdot Z_2}{Z_2 + \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6} + Z_1 \quad Z_E = 11.036 + 34.823i$$

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

$$I_1 = -0.706 - 3.208i \quad F(I_1) = (3.285 \quad -102.416)$$

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

$$I_2 = -0.335 - 0.905i \quad F(I_2) = (0.965 \quad -110.33)$$

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

$$I_3 = -0.371 - 2.303i \quad F(I_3) = (2.333 \quad -99.15)$$

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

$$I_4 = -0.535 - 1.302i \quad F(I_4) = (1.407 \quad -112.322)$$

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

$$I_5 = 0.164 - 1.001i \quad F(I_5) = (1.014 \quad -80.715)$$

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

Перевірка за другим законом Кіргюфа:

$$-I_1 \cdot [R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_{C1})] + U - I_2 \cdot (R_2 + i \cdot X_{L2}) = 1.421 \times 10^{-14} + 3.553i \times 10^{-15}$$

$$I_2 \cdot (R_2 + i \cdot X_{L2}) - I_4 \cdot R_3 - I_3 \cdot (-i \cdot X_{C2} + i \cdot X_{L3}) = 7.105 \times 10^{-15}$$

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

Перевірка за балансом потужностей

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

$$S_1 = 119.087 + 375.778i$$

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

$$P = 119.087$$

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

$$Q = 375.778$$

Будуємо сумісну векторну діаграму струмів та топографічну діаграму напруг

$$\phi_a := 0$$

$$\phi_b := \phi_a + I_1 \cdot (-i \cdot X_{C1}) \quad \phi_b = -48.122 + 10.595i$$

$$F(\phi_b) = (49.275 \quad 167.584)$$

$$\phi_c := \phi_b + I_1 \cdot R_1 \quad \phi_c = -53.066 - 11.862i$$

$$F(\phi_c) = (54.376 \quad -167.399)$$

$$\phi_d := \phi_c + I_2 \cdot R_2 \quad \phi_d = -56.085 - 20.009i$$

$$F(\phi_d) = (59.547 \quad -160.365)$$

$$\phi_e := \phi_d + I_2 \cdot i \cdot X_{L2} \quad \phi_e = -24.402 - 31.748i$$

$$F(\phi_e) = (40.043 \quad -127.547)$$

$$\phi_1 := \phi_e + I_1 \cdot i \cdot X_{L1} \quad \phi_1 = 103.923 - 60i$$

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

$$\phi_{1'} := \phi_1 - U \quad \phi_{1'} = -1.421 \times 10^{-14}$$

$$\phi_f := \phi_c + I_3 \cdot i \cdot X_{L3} \quad \phi_f = 4.507 - 21.135i$$

$$F(\phi_f) = (21.611 \quad -77.962)$$

$$\phi_n := \phi_f + I_4 \cdot R_3 \quad \phi_n = -1.373 - 35.457i$$

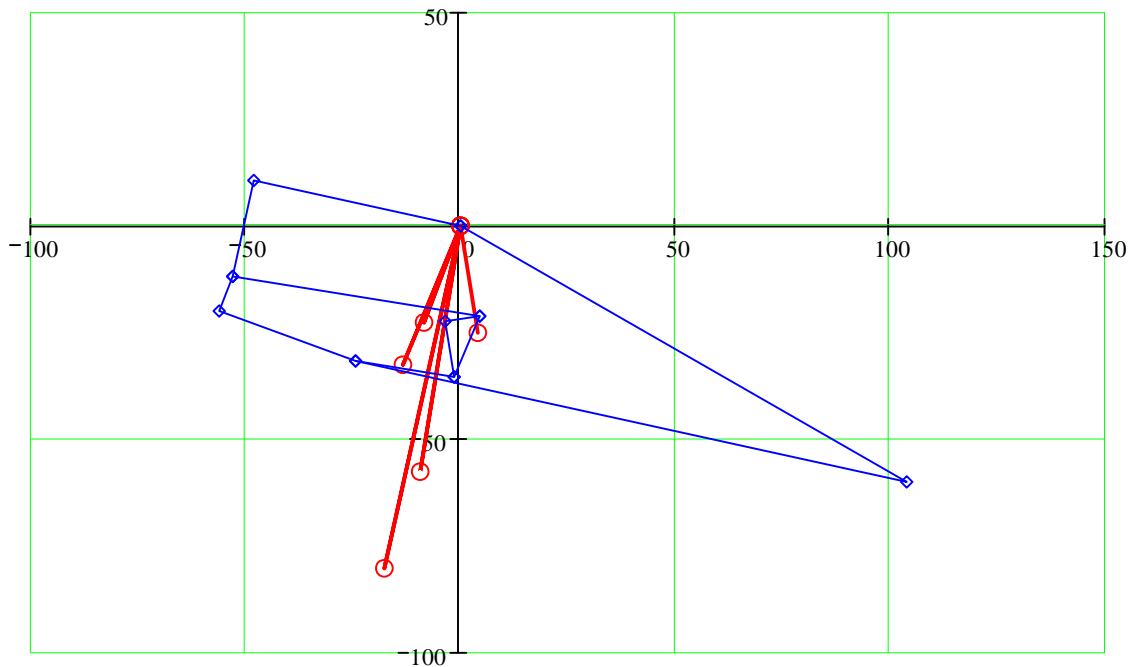
$$F(\phi_n) = (35.484 \quad -92.218)$$

$$\phi_m := \phi_f + I_5 \cdot (-i \cdot X_{C3}) \quad \phi_m = -3.501 - 22.445i$$

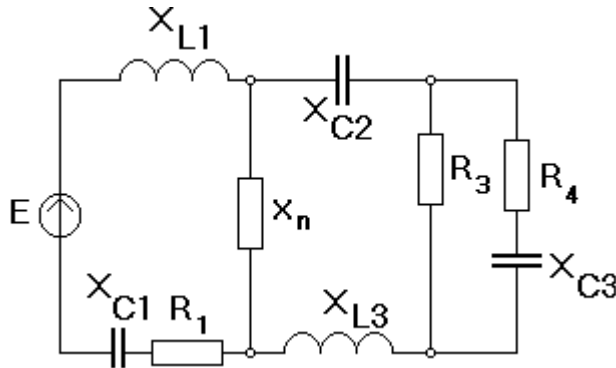
$$F(\phi_m) = (22.716 \quad -98.865)$$

$$\phi_n := \phi_m + I_5 \cdot R_4 \quad \phi_n = -1.373 - 35.457i$$

$$F(\phi_n) = (35.484 \quad -92.218)$$



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



$$Z_E := \frac{R_3 \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3})}{R_3 + R_4 + i \cdot (-X_{C3})} - i \cdot (X_{C2} + X_{L3}) \quad Z_E = 6.463 - 36.513i$$

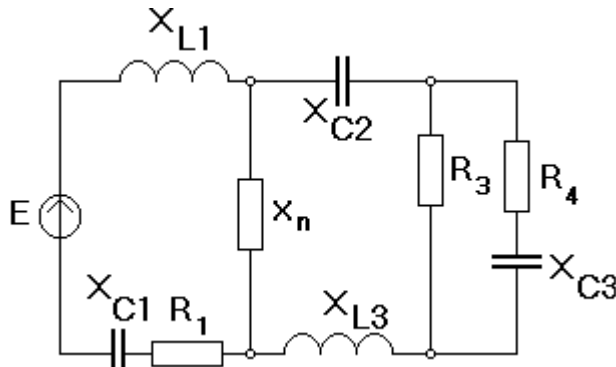
$$Z_E = R_E - j \cdot X_E \quad R_E := \operatorname{Re}(Z_E) \quad R_E = 6.463 \quad X_E := \operatorname{Im}(Z_E) \quad X_E = -36.513$$

За умовою резонансу:

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

$$B_n := \frac{-X_E}{X_E^2 + R_E^2} \quad B_n = 0.027 \quad \text{Реактивний опір вітки: } X_n := \frac{1}{B_n} \quad X_n = 37.656$$

Розрахувати струми для резонансного стану кола;



$$Z_1 := R_1 - X_{C1} \cdot i + X_{L1} \cdot i \quad Z_1 = 7 + 25i$$

$$Z_3 := -X_{C2} \cdot i + X_{L3} \cdot i \quad Z_3 = 15i$$

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

$$Z_5 := R_4 - X_{C3} \cdot i \quad Z_5 = 13 - 8i$$

$$Z_{345} := \frac{Z_4 \cdot Z_5}{Z_4 + Z_5} + Z_3 \quad Z_{345} = 6.463 + 13.488i$$

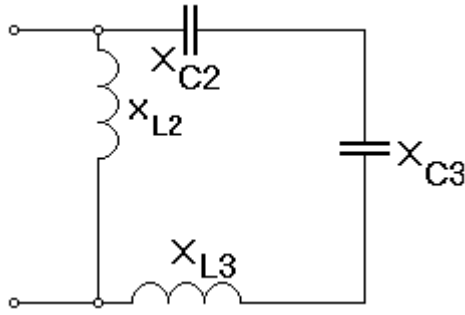
$$\text{Вхідний опір кола: } Z_{VX}(X_N) := \frac{Z_{345} \cdot i \cdot X_N}{Z_{345} + i \cdot X_N} + Z_1$$

$$Z_{VX}(X_N) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{simplify} \end{array} \right. \rightarrow \frac{(120848 \cdot X_N + 8616 \cdot X_N^2 + 1002071 + 574753 \cdot i \cdot X_N + 24632 \cdot i \cdot X_N^2 + 3578825 \cdot i)}{(143153 + 17264 \cdot X_N + 640 \cdot X_N^2)}$$

$$X_N := \operatorname{Im}(Z_{VX}(X_N)) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{solve, } X_N \rightarrow \\ \text{float, 5} \end{array} \right. \left(\begin{array}{l} -11.667 + 3.0294 \cdot i \\ -11.667 - 3.0294 \cdot i \end{array} \right)$$

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



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

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

$$C_3 := \frac{1}{\omega \cdot X_{C3}} \rightarrow \frac{1}{800 \cdot \pi} \quad C_3 = 3.979 \times 10^{-4}$$

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

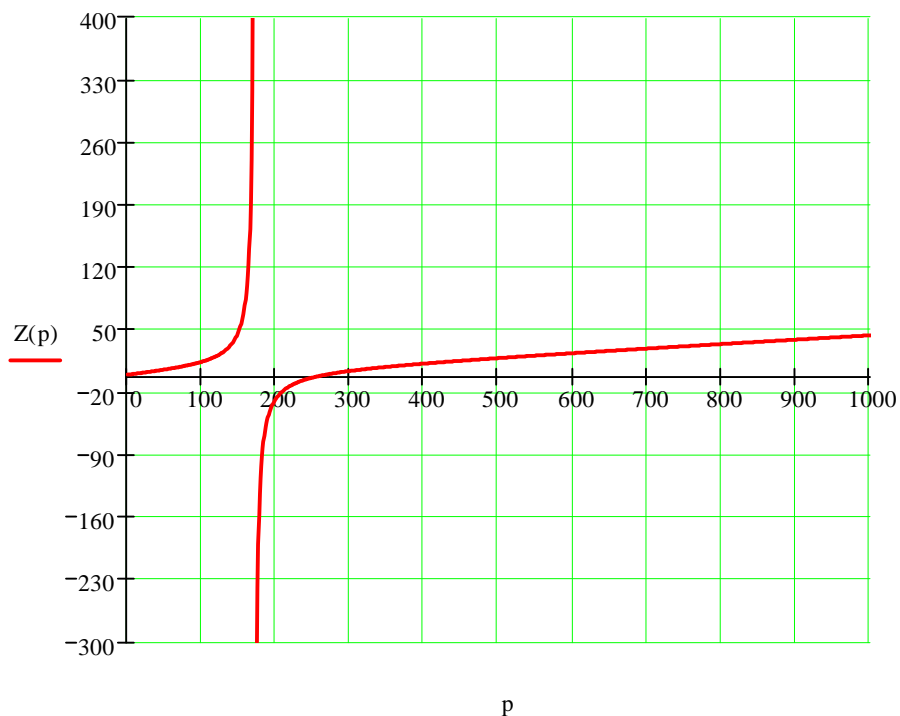
$$Z(p) := \frac{\left(\frac{-1}{C_2 \cdot p} - \frac{1}{C_3 \cdot p} + L_3 \cdot p \right) \cdot L_2 \cdot p}{L_2 \cdot p + \frac{-1}{C_2 \cdot p} - \frac{1}{C_3 \cdot p} + L_3 \cdot p} \rightarrow \frac{7}{20} \cdot \frac{\left(\frac{-1800}{p} \cdot \pi + \frac{1}{4} \cdot \frac{p}{\pi} \right)}{\pi} \cdot \frac{p}{\left(\frac{3}{5} \cdot \frac{p}{\pi} - \frac{1800}{p} \cdot \pi \right)}$$

Знаходимо нулі:

$$p' := Z(p) \text{ solve, } p \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{1}{60 \cdot 2^2 \cdot \pi} \\ \frac{1}{-60 \cdot 2^2 \cdot \pi} \\ 0 \end{pmatrix} \quad p' = \begin{pmatrix} 266.573 \\ -266.573 \\ 0 \end{pmatrix} \quad p' := \begin{pmatrix} p'_0 \\ p'_2 \end{pmatrix} \quad p' = \begin{pmatrix} 266.573 \\ 0 \end{pmatrix}$$

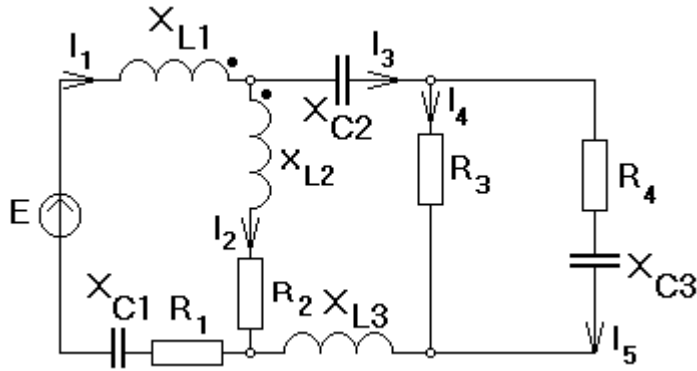
Знаходимо полюси:

$$p'' := \frac{1}{Z(p)} \text{ solve, } p \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{1}{10 \cdot 30^2 \cdot \pi} \\ \frac{1}{-10 \cdot 30^2 \cdot \pi} \end{pmatrix} \quad p'' = \begin{pmatrix} 172.072 \\ -172.072 \end{pmatrix} \quad p'' := p''_0 \quad p'' = 172.072$$



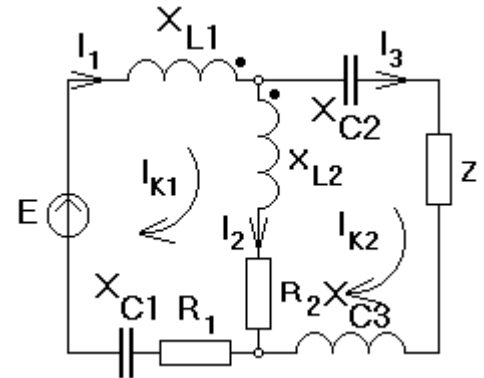
При наявності магнітного зв'язку між індуктивними елементами

- 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 сумісну векторну діаграму струмів та топографічну діаграму напруг



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

$$Z = 6.463 - 1.513i$$



$$Z_{11} := R_1 + R_2 + i \cdot (X_{L1} - X_{C1} + X_{L2} - 2 \cdot X_M) \rightarrow 16 + 20 \cdot i$$

$$Z_{12} := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M) \rightarrow 9 + 15 \cdot i$$

$$Z_{22} := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_{C2} + X_{L3}) + Z \rightarrow \frac{1237}{80} + \frac{3879}{80} \cdot i$$

Given

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

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

$$\begin{pmatrix} I_{K1} \\ I_{K2} \end{pmatrix} := \text{Find}(I_{K1}, I_{K2}) \text{ float, 15} \rightarrow \begin{pmatrix} .73981899300931 - 6.06592779747128 \cdot i \\ -.231318532808279 - 2.08763187858110 \cdot i \end{pmatrix}$$

$$I_{K1} = 0.74 - 6.066i$$

$$I_{K2} = -0.231 - 2.088i$$

$$I_1 := I_{K1}$$

$$I_1 = 0.74 - 6.066i$$

$$F(I_1) = (6.111 \quad -83.046)$$

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

$$I_2 = 0.971 - 3.978i$$

$$F(I_2) = (4.095 \quad -76.282)$$

$$I_3 := I_{K2}$$

$$I_3 = -0.231 - 2.088i$$

$$F(I_3) = (2.1 \quad -96.323)$$

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

$$I_4 = -0.423 - 1.195i$$

$$F(I_4) = (1.267 \quad -109.495)$$

$$I_5 := I_3 - I_4$$

$$I_5 = 0.192 - 0.893i$$

$$F(I_5) = (0.913 \quad -77.888)$$

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:

$$-I_1 \cdot [R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_{C1} - X_M)] + U - I_2 \cdot [R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M)] = 5.684 \times 10^{-14} + 2.096i \times 10^{-13}$$

$$I_2 \cdot [R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M)] - I_4 \cdot R_3 - I_3 \cdot (-i \cdot X_{C2} + i \cdot X_M + i \cdot X_{L3}) = -7.105 \times 10^{-14} - 1.883i \times 10^{-13}$$

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

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

$$S_{M1} = -58.953 - 497.01i$$

$$F(S_{M1}) = (500.495 \quad -96.765)$$

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

$$S_{M2} = 58.953 - 497.01i$$

$$F(S_{M2}) = (500.495 \quad -83.235)$$

Перевірка за балансом потужностей

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

$$S_1 = 440.84 + 586.001i$$

$$P := (|I_1|)^2 \cdot R_1 + (|I_2|)^2 \cdot R_2 + (|I_4|)^2 \cdot R_3 + (|I_5|)^2 \cdot R_4 \quad P = 440.84$$

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

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

$$Q = 586.001i$$

Будуємо сумісну векторну діаграму струмів та топографічну діаграму напруг

$$\phi_a := 0$$

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

$$\phi_b = -90.989 - 11.097i$$

$$F(\phi_b) = (91.663 \quad -173.046)$$

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

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

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

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

$$\phi_d = -77.07 - 89.363i$$

$$F(\phi_d) = (118.007 \quad -130.776)$$

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

$$\phi_{d'} = 62.17 - 55.374i$$

$$F(\phi_{d'}) = (83.255 \quad -41.691)$$

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

$$\phi_e = -59.148 - 70.17i$$

$$F(\phi_e) = (91.773 \quad -130.128)$$

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

$$\phi_{e'} = -138.714 - 89.593i$$

$$F(\phi_{e'}) = (165.132 \quad -147.142)$$

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

$$\phi_1 = 103.923 - 60i$$

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

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

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

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

$$\phi_f = -33.619 - 59.342i$$

$$F(\phi_f) = (68.203 \quad -119.533)$$

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

$$\phi_n = -38.272 - 72.483i$$

$$F(\phi_n) = (81.967 \quad -117.834)$$

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

$$\phi_e = -59.148 - 70.17i$$

$$F(\phi_e) = (91.773 \quad -130.128)$$

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

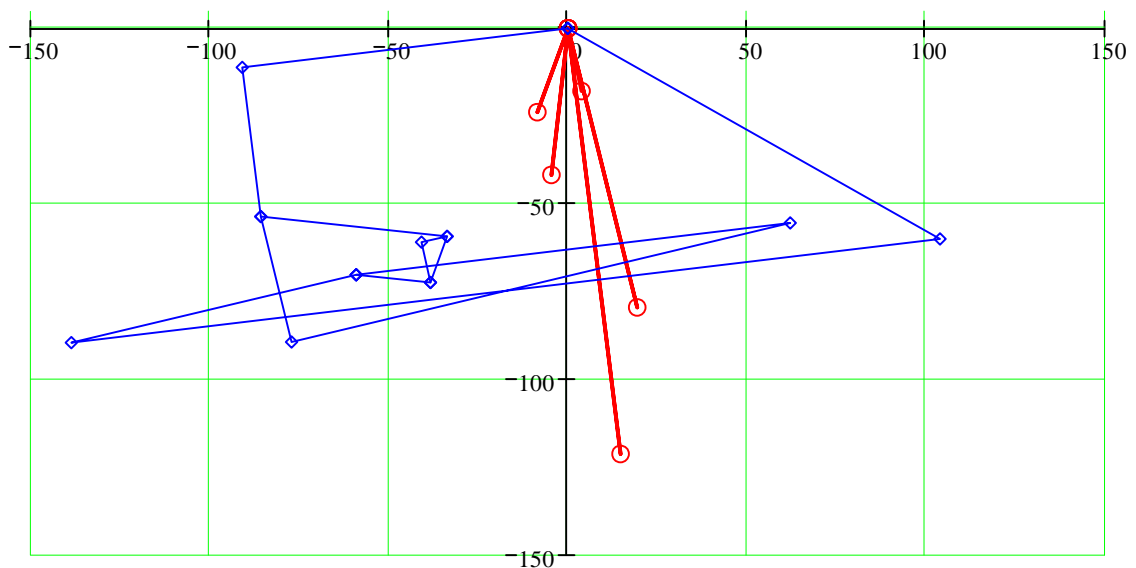
$$\phi_m = -40.763 - 60.875i$$

$$F(\phi_m) = (73.262 \quad -123.807)$$

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

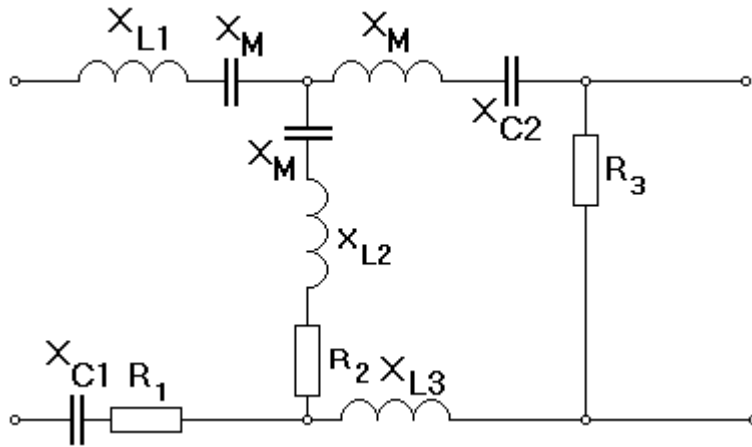
$$\phi_n = -38.272 - 72.483i$$

$$F(\phi_n) = (81.967 \quad -117.834)$$



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":

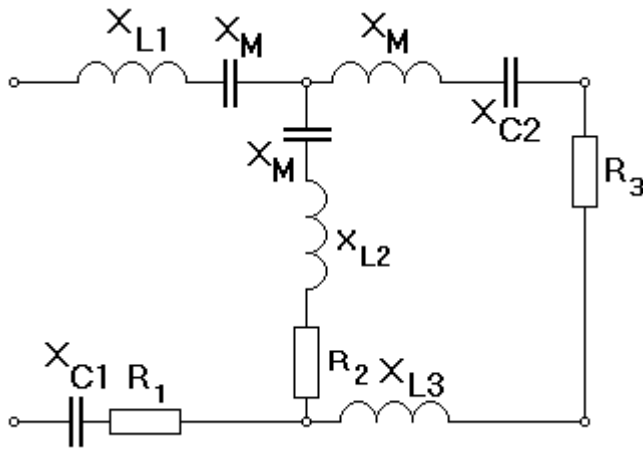
1) Розрахувати коефіцієнти чотириполюсника A, B, C, D



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

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

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



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_M - X_{C1}) \rightarrow 7 + 5 \cdot i$$

$$Z_2 := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M) \rightarrow 9 + 15 \cdot i$$

$$Z_3 := R_3 + i \cdot (X_{L3} - X_{C2} + X_M) \rightarrow 11 + 35 \cdot i$$

$$Z_{10} := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_{10} = 12.338 + 15.655i \quad Z_{20} := \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} + Z_3 \quad Z_{20} = 15.28 + 39.024i$$

$$I_{10} := \frac{U_{10}}{Z_{10}} \quad I_{10} = 0.863 - 5.958i \quad F(I_{10}) = (6.02 \quad -81.758)$$

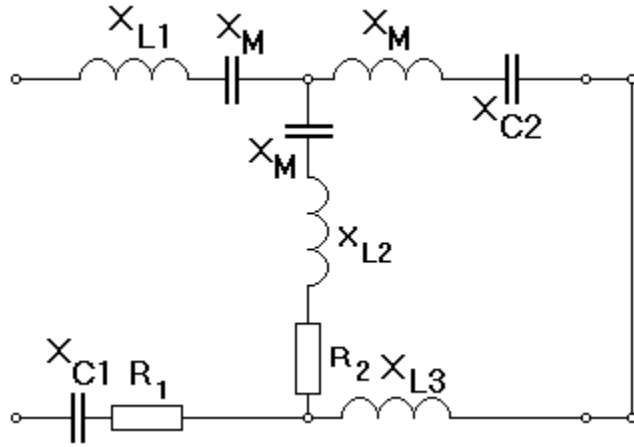
$$I_{30} := I_{10} \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3} \quad I_{30} = -0.031 - 1.955i \quad F(I_{30}) = (1.956 \quad -90.921)$$

$$U_{20} := I_{30} \cdot R_3 \quad U_{20} = -0.346 - 21.509i \quad F(U_{20}) = (21.512 \quad -90.921)$$

$$A := \frac{U_{10}}{U_{20}} \quad A = 2.711 + 4.875i \quad F(A) = (5.578 \quad 60.921)$$

$$C := \frac{I_{10}}{U_{20}} \quad C = 0.276 + 0.045i \quad F(C) = (0.28 \quad 9.162)$$

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



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_M - X_{C1}) \rightarrow 7 + 5 \cdot i$$

$$Z_2 := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M) \rightarrow 9 + 15 \cdot i$$

$$Z_3 := i \cdot (X_{L3} - X_{C2} + X_M) \rightarrow 35 \cdot i$$

$$Z_K := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_K = 11.272 + 16.269i$$

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

$$I_{1K} = 0.498 - 6.043i$$

$$F(I_{1K}) = (6.063 \quad -85.285)$$

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

$$I_{3K} = -0.577 - 2.006i$$

$$F(I_{3K}) = (2.088 \quad -106.044)$$

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

$$B = 13.863 + 55.784i$$

$$F(B) = (57.481 \quad 76.044)$$

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

$$D = 2.716 + 1.029i$$

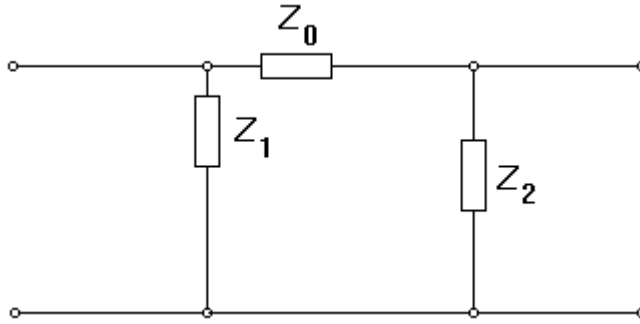
$$F(D) = (2.904 \quad 20.76)$$

Перевірка $A \cdot D - B \cdot C = 1$

$$F(A) = (5.578 \quad 60.921) \quad F(B) = (57.481 \quad 76.044)$$

$$F(C) = (0.28 \quad 9.162) \quad F(D) = (2.904 \quad 20.76)$$

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



$$Z_0 := B \quad Z_0 = 13.863 + 55.784i \quad F(Z_0) = (57.481 \quad 76.044)$$

$$Y_1 := \frac{D - 1}{B} \quad Y_1 = 0.025 - 0.025i \quad F(Y_1) = (0.035 \quad -45.081)$$

$$Y_2 := \frac{A - 1}{B} \quad Y_2 = 0.089 - 8.437i \times 10^{-3} \quad F(Y_2) = (0.09 \quad -5.386)$$

$$R_0 := \operatorname{Re}(Z_0) \quad R_0 = 13.863 \quad X_{L0} := \operatorname{Im}(Z_0) \quad X_{L0} = 55.784$$

$$Z_1 := \frac{1}{Y_1} \quad Z_1 = 20.286 + 20.343i \quad R_1 := \operatorname{Re}(Z_1) \quad R_1 = 20.286 \quad X_{L1} := \operatorname{Im}(Z_1) \quad X_{L1} = 20.343$$

$$Z_2 := \frac{1}{Y_2} \quad Z_2 = 11.076 + 1.044i \quad R_2 := \operatorname{Re}(Z_2) \quad R_2 = 11.076 \quad X_{L2} := \operatorname{Im}(Z_2) \quad X_{L2} = 1.044$$

$$L_1 := \frac{X_{L1}}{\omega} \quad L_1 = 0.065$$

$$L_2 := \frac{X_{L2}}{\omega} \quad L_2 = 3.324 \times 10^{-3}$$

$$L_0 := \frac{X_{L0}}{\omega} \quad L_0 = 0.178$$

