

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

Розрахунково-графічна робота
“Розрахунок однофазного кола синусоїдного струму”
Варіант № 142

Виконав: _____

Перевірив: _____

Київ 2006

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 (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 А, В, С, D чотиріполюсника;
- 3.2. Розрахувати параметри R, L, C віток схеми заміщення.

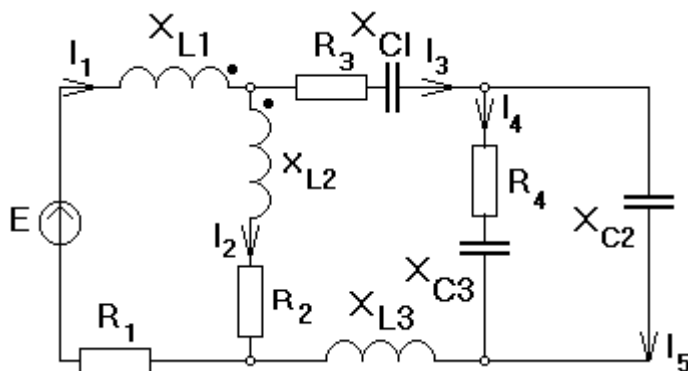
$$E := 100 \quad \psi := -20 \quad R_1 := 5 \quad R_2 := 7 \quad R_3 := 9 \quad R_4 := 12 \quad X_{L1} := 45 \quad X_{L2} := 50 \quad X_{L3} := 55$$

$$X_{C1} := 25 \quad X_{C2} := 30 \quad X_{C3} := 35 \quad X_M := 27 \quad f := 60$$

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

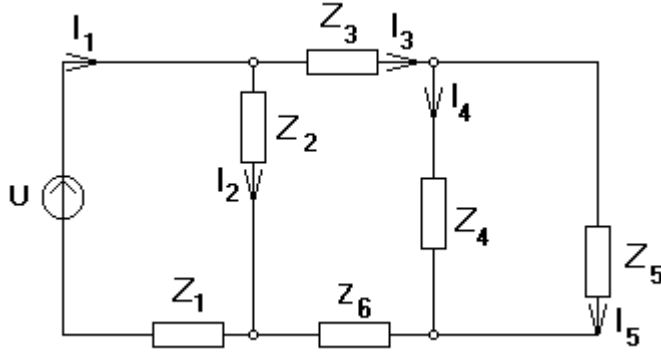
$$U = 93.969 - 34.202i$$

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



Для електричного кола без взаємної індукції:

Розрахувати всі струми символьним методом



$$\begin{aligned} Z_1 &:= R_1 + i \cdot X_{L1} \rightarrow 5 + 45 \cdot i \\ Z_2 &:= R_2 + i \cdot X_{L2} \rightarrow 7 + 50 \cdot i \\ Z_3 &:= R_3 - i \cdot X_{C1} \rightarrow 9 - 25 \cdot i \\ Z_4 &:= R_4 - i \cdot X_{C3} \rightarrow 12 - 35 \cdot i \\ Z_5 &:= -i \cdot X_{C2} \rightarrow -30 \cdot i \\ Z_6 &:= i \cdot X_{L3} \rightarrow 55 \cdot i \end{aligned}$$

$$Z_E := \frac{\left(\frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6 \right) \cdot Z_2}{Z_2 + \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6} + Z_1 \quad Z_E = 12.207 + 56.395i$$

$$I_1 := \frac{U}{Z_E} \quad I_1 = -0.235 - 1.717i \quad F(I_1) = (1.733 \quad -97.786)$$

$$I_2 := \frac{I_1 \cdot \left(\frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6 \right)}{Z_2 + \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6} \quad I_2 = -0.246 - 0.392i \quad F(I_2) = (0.463 \quad -122.129)$$

$$I_3 := \frac{I_1 \cdot Z_2}{\left(Z_2 + \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6 \right)} \quad I_3 = 0.011 - 1.325i \quad F(I_3) = (1.325 \quad -89.51)$$

$$I_4 := I_3 \cdot \frac{Z_5}{Z_5 + Z_4} \quad I_4 = -0.104 - 0.592i \quad F(I_4) = (0.601 \quad -99.97)$$

$$I_5 := I_3 \cdot \frac{Z_4}{Z_4 + Z_5} \quad I_5 = 0.115 - 0.733i \quad F(I_5) = (0.742 \quad -81.045)$$

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:

$$-I_1 \cdot [R_1 + i \cdot (X_{L1})] + U - I_2 \cdot (R_2 + i \cdot X_{L2}) = 1.066 \times 10^{-14} - 3.553i \times 10^{-15}$$

$$I_2 \cdot (R_2 + i \cdot X_{L2}) - I_4 \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3}) - I_3 \cdot (-i \cdot X_{C1} + i \cdot X_{L3} + R_3) = 0$$

$$I_4 \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3}) - I_5 \cdot (-i \cdot X_{C2}) = -3.553 \times 10^{-15}$$

Перевірка за балансом потужностей

$$S_1 := U \cdot \overline{I_1} \quad S_1 = 36.664 + 169.385i$$

$$P := (|I_1|)^2 \cdot R_1 + (|I_2|)^2 \cdot R_2 + (|I_3|)^2 \cdot R_3 + (|I_4|)^2 \cdot R_4 \quad P = 36.664$$

$$Q := (|I_1|)^2 \cdot (X_{L1}) + (|I_2|)^2 \cdot (X_{L2}) + (|I_3|)^2 \cdot (X_{L3} - X_{C1}) + (|I_4|)^2 \cdot (-X_{C3}) + (|I_5|)^2 \cdot (-X_{C2}) \quad Q = 169.385$$

Будуємо сумісну векторну діаграму струмів та топографічну діаграму напруг

Знаходимо потенціали точок:

$$\phi_a := 0$$

$$\phi_b := \phi_a + I_1 \cdot R_1 \quad \phi_b = -1.174 - 8.586i \quad F(\phi_b) = (8.665 \quad -97.786)$$

$$\phi_c := \phi_b + I_2 \cdot R_2 \quad \phi_c = -2.897 - 11.329i \quad F(\phi_c) = (11.694 \quad -104.344)$$

$$\phi_d := \phi_c + I_2 \cdot i \cdot X_{L2} \quad \phi_d = 16.7 - 23.636i \quad F(\phi_d) = (28.94 \quad -54.757)$$

$$\phi_1 := \phi_d + I_1 \cdot i \cdot X_{L1} \quad \phi_1 = 93.969 - 34.202i \quad F(\phi_1) = (100 \quad -20)$$

$$\phi_{1'} := \phi_1 - U \quad \phi_{1'} = 0$$

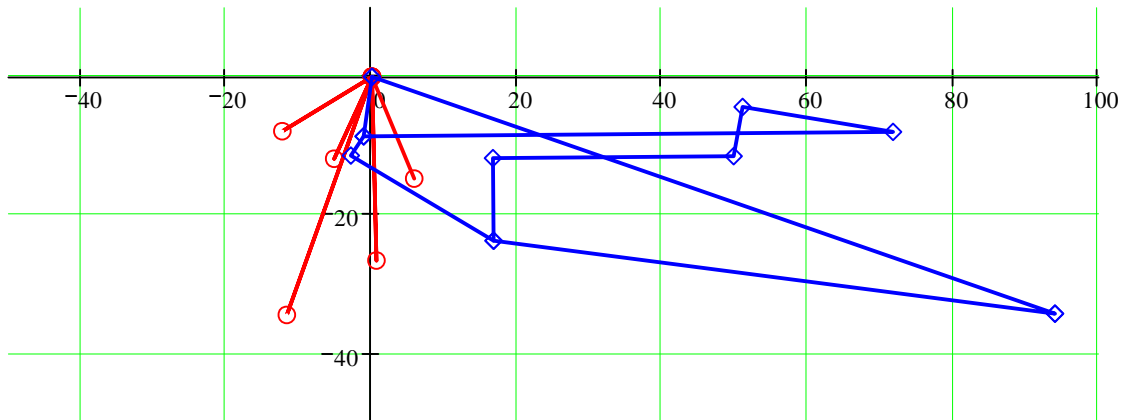
$$\phi_e := \phi_b + I_3 \cdot i \cdot X_{L3} \quad \phi_e = 71.71 - 7.962i \quad F(\phi_e) = (72.151 \quad -6.336)$$

$$\phi_m := \phi_e + I_4 \cdot (-i \cdot X_{C3}) \quad \phi_m = 50.976 - 4.317i \quad F(\phi_m) = (51.159 \quad -4.841)$$

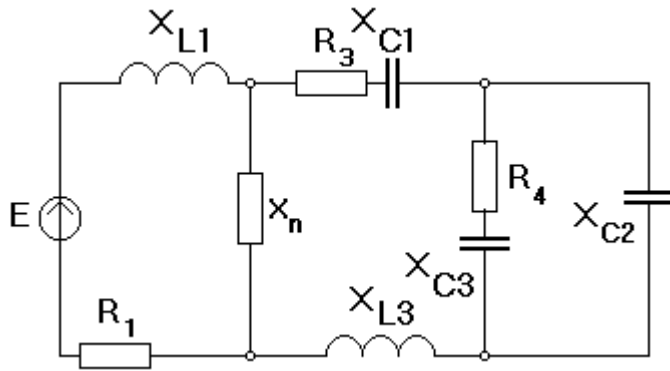
$$\phi_n := \phi_m + I_4 \cdot R_4 \quad \phi_n = 49.727 - 11.426i \quad F(\phi_n) = (51.023 \quad -12.941)$$

$$\phi_k := \phi_n + I_3 \cdot (-i \cdot X_{C1}) \quad \phi_k = 16.598 - 11.709i \quad F(\phi_k) = (20.312 \quad -35.202)$$

$$\phi_n := \phi_e + I_5 \cdot (-i \cdot X_{C2}) \quad \phi_n = 49.727 - 11.426i \quad F(\phi_n) = (51.023 \quad -12.941)$$



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



$$Z_E := \frac{(R_4 - i \cdot X_{C3}) \cdot (-i \cdot X_{C2})}{R_4 - i \cdot (X_{C2} + X_{C3})} + i \cdot X_{L3} + R_3 - i \cdot X_{C1} \quad Z_E = 11.472 + 13.39i$$

$$Z_E = R_E + j \cdot X_E \quad R_E := \operatorname{Re}(Z_E) \quad R_E = 11.472 \quad X_E := \operatorname{Im}(Z_E) \quad X_E = 13.39$$

За умовою резонансу:

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

$$B_n := \frac{-X_E}{X_E^2 + R_E^2} \quad B_n = -0.043 \quad \text{Реактивний опір вітки: } X_n := \frac{1}{B_n} \quad X_n = -23.219$$

Розрахувати струми для резонансного стану кола;

$$Z_1 := R_1 + X_{L1} \cdot i \quad Z_1 = 5 + 45i$$

$$Z_3 := R_3 + X_{L3} \cdot i - X_{C1} \cdot i \quad Z_3 = 9 + 30i$$

$$Z_4 := R_4 - X_{C3} \cdot i \quad Z_4 = 12 - 35i$$

$$Z_5 := -X_{C2} \cdot i \quad Z_5 = -30i$$

$$Z_{345} := \frac{Z_4 \cdot Z_5}{Z_4 + Z_5} + Z_3 \quad Z_{345} = 11.472 + 13.39i$$

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

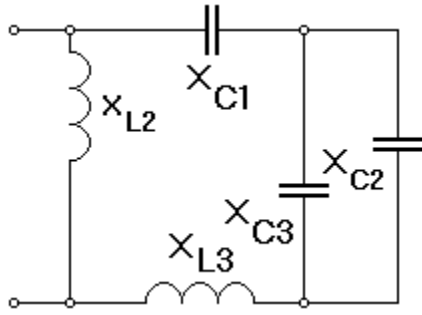
$$Z_{VX}(X_N) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{simplify} \end{array} \right. \rightarrow \frac{(585000 \cdot X_N + 71966 \cdot X_N^2 + 6791445 + 6623289 \cdot i \cdot X_N + 255105 \cdot i \cdot X_N^2 + 61123005 \cdot i)}{(1358289 + 117000 \cdot X_N + 4369 \cdot X_N^2)}$$

$$X_N := \operatorname{Im}(Z_{VX}(X_N)) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{solve, } X_N \rightarrow \\ \text{float, 6} \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} -12.9815 + 8.43091 \cdot i \\ -12.9815 - 8.43091 \cdot i \end{pmatrix}$$

Отже резонанс кола не може бути при будь-яком реактивному опорі у другій вітці так як:

$$X_N = \begin{pmatrix} -12.982 + 8.431i \\ -12.982 - 8.431i \end{pmatrix}$$

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



$$L_2 := \frac{X_{L2}}{\omega} \rightarrow \frac{5}{12 \cdot \pi} \quad L_2 = 0.133$$

$$L_3 := \frac{X_{L3}}{\omega} \rightarrow \frac{11}{24 \cdot \pi} \quad L_3 = 0.146$$

$$C_1 := \frac{1}{\omega \cdot X_{C1}} \rightarrow \frac{1}{3000 \cdot \pi} \quad C_1 = 1.061 \times 10^{-4}$$

$$C_2 := \frac{1}{\omega \cdot X_{C2}} \rightarrow \frac{1}{3600 \cdot \pi} \quad C_2 = 8.842 \times 10^{-5}$$

$$C_3 := \frac{1}{\omega \cdot X_{C3}} \rightarrow \frac{1}{4200 \cdot \pi} \quad C_3 = 7.579 \times 10^{-5}$$

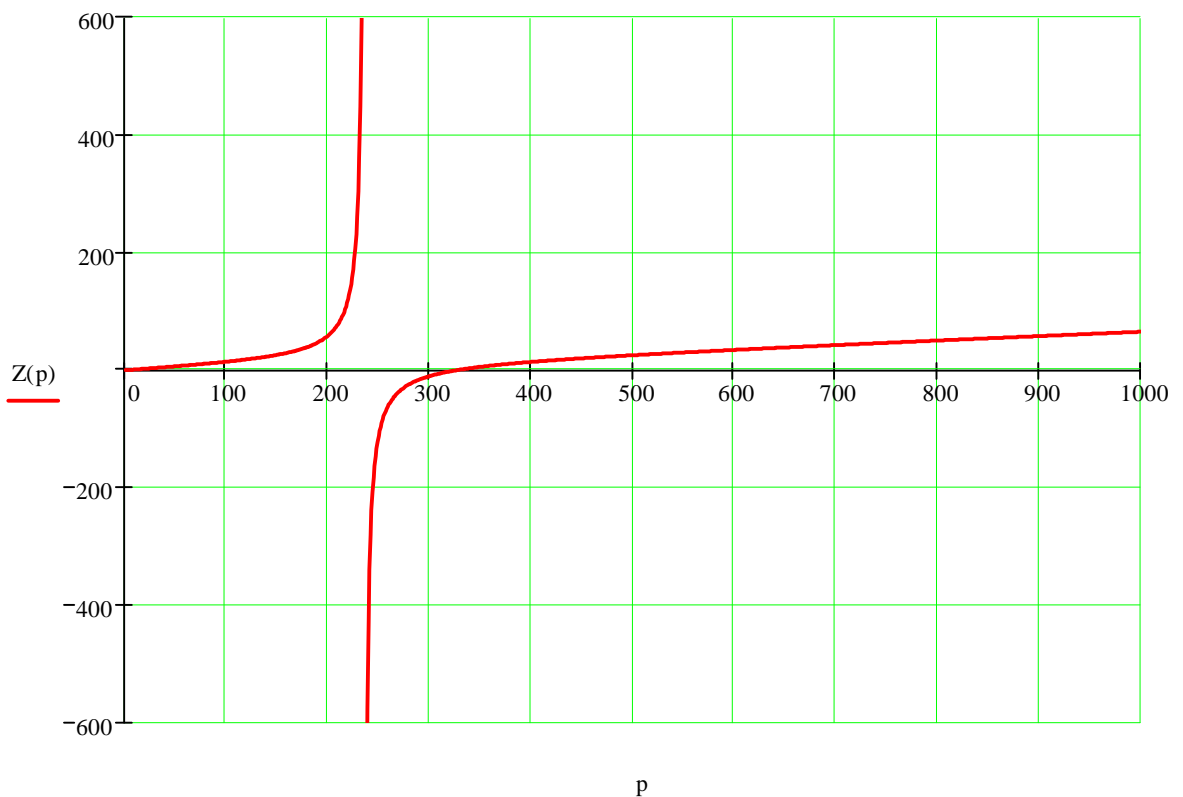
$$Z(p) := \frac{\left[\frac{\frac{-1}{p \cdot C_3} \cdot \frac{-1}{p \cdot C_2}}{\left(\frac{-1}{p \cdot C_3} - \frac{1}{p \cdot C_2} \right)} + p \cdot L_3 - \frac{1}{p \cdot C_1} \right] \cdot p \cdot L_2}{p \cdot L_2 + \frac{\frac{-1}{p \cdot C_3} \cdot \frac{-1}{p \cdot C_2}}{\left(\frac{-1}{p \cdot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

Знаходимо нулі:

$$\omega := Z(p) \left| \begin{array}{l} \text{solve, p} \\ \text{float, 11} \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} 326.10314620 \\ -326.10314620 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 326.103 \\ -326.103 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \omega := \begin{pmatrix} \omega_0 \\ \omega_2 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 326.103 \\ 0 \end{pmatrix}$$

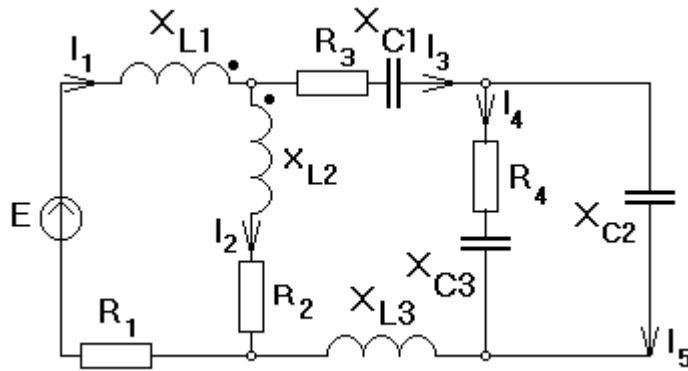
Знаходимо полюси:

$$\omega_1 := \frac{1}{Z(p)} \left| \begin{array}{l} \text{solve, p} \\ \text{float, 11} \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} 236.01612956 \\ -236.01612956 \end{pmatrix} \quad \omega_1 = \begin{pmatrix} 236.016 \\ -236.016 \end{pmatrix} \quad \omega_1 := \omega_{1_0} \quad \omega_1 = 236.016$$



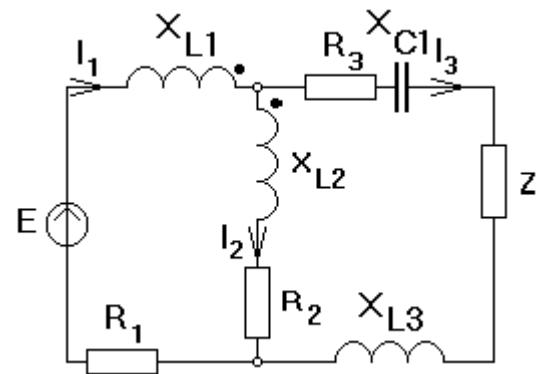
При наявності магнітного зв'язку між індуктивними елементами

- 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 сімісну векторну діаграму струмів та топографічну діаграму напруг



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

$$Z = 2.472 - 16.61i$$



$$Z_{11} := R_1 + R_2 + i \cdot (X_{L1} + X_{L2} - 2 \cdot X_M) \rightarrow 12 + 41 \cdot i$$

$$Z_{12} := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M) \rightarrow 7 + 23 \cdot i$$

$$Z_{22} := R_2 + R_3 + i \cdot (X_{L2} + X_{L3} - X_{C1}) + Z_{\text{float}, 7} \rightarrow 18.47196 + 63.38979 \cdot i$$

Given

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

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

$$\begin{pmatrix} I_{K1} \\ I_{K2} \end{pmatrix} := \text{Find}(I_{K1}, I_{K2}) \rightarrow \begin{pmatrix} -2.0637126942156770505 - 2.9366398855193254640 \cdot i \\ -8.7852525703002138087 \cdot 10^{-2} - 1.0683254641114655706 \cdot i \end{pmatrix}$$

$$I_{K1} = -0.206 - 2.937i$$

$$I_{K2} = -0.088 - 1.068i$$

$$I_1 := I_{K1}$$

$$I_1 = -0.206 - 2.937i$$

$$F(I_1) = (2.944 \quad -94.02)$$

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

$$I_2 = -0.119 - 1.868i$$

$$F(I_2) = (1.872 \quad -93.63)$$

$$I_3 := I_{K2}$$

$$I_3 = -0.088 - 1.068i$$

$$F(I_3) = (1.072 \quad -94.701)$$

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

$$I_4 = -0.127 - 0.47i$$

$$F(I_4) = (0.487 \quad -105.161)$$

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

$$I_5 = 0.039 - 0.599i$$

$$F(I_5) = (0.6 \quad -86.236)$$

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:

$$-I_1 \cdot [R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_M)] + U - I_2 \cdot [R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M)] = 7.105 \times 10^{-15} + 1.776i \times 10^{-15}$$

$$I_2 \cdot [R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M)] - I_4 \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3}) - I_3 \cdot (R_3 + i \cdot X_{L3} - i \cdot X_{C1} + i \cdot X_M) = -1.696 \times 10^{-6} + 1.804i \times 10^{-6}$$

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

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

$$S_{M1} = -1.013 - 148.798i$$

$$F(S_{M1}) = (148.801 \quad -90.39)$$

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

$$S_{M2} = 1.013 - 148.798i$$

$$F(S_{M2}) = (148.801 \quad -89.61)$$

Перевірка за балансом потужностей

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

$$S_1 = 81.046 + 283.012i$$

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

$$P = 81.046$$

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

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

$$Q = 283.012i$$

Будуємо сумісну векторну діаграму струмів та топографічну діаграму напруг

Знаходимо потенціали точок:

$$\phi_a := 0$$

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

$$\phi_b = -1.032 - 14.683i$$

$$F(\phi_b) = (14.719 \quad -94.02)$$

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

$$\phi_c = -1.861 - 27.761i$$

$$F(\phi_c) = (27.824 \quad -93.836)$$

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

$$\phi_{d'} = 91.554 - 33.687i$$

$$F(\phi_{d'}) = (97.555 \quad -20.201)$$

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

$$\phi_d = 12.265 - 28.115i$$

$$F(\phi_d) = (30.674 \quad -66.431)$$

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

$$\phi_{1''} = -38.18 - 24.915i$$

$$F(\phi_{1''}) = (45.59 \quad -146.872)$$

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

$$\phi_1 = 93.969 - 34.202i$$

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

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

$$\phi_{1'} = 0$$

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

$$\phi_e = 57.726 - 19.515i$$

$$F(\phi_e) = (60.935 \quad -18.679)$$

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

$$\phi_k = 57.509 - 22.156i$$

$$F(\phi_k) = (61.629 \quad -21.07)$$

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

$$\phi_m = 39.764 - 20.697i$$

$$F(\phi_m) = (44.828 \quad -27.497)$$

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

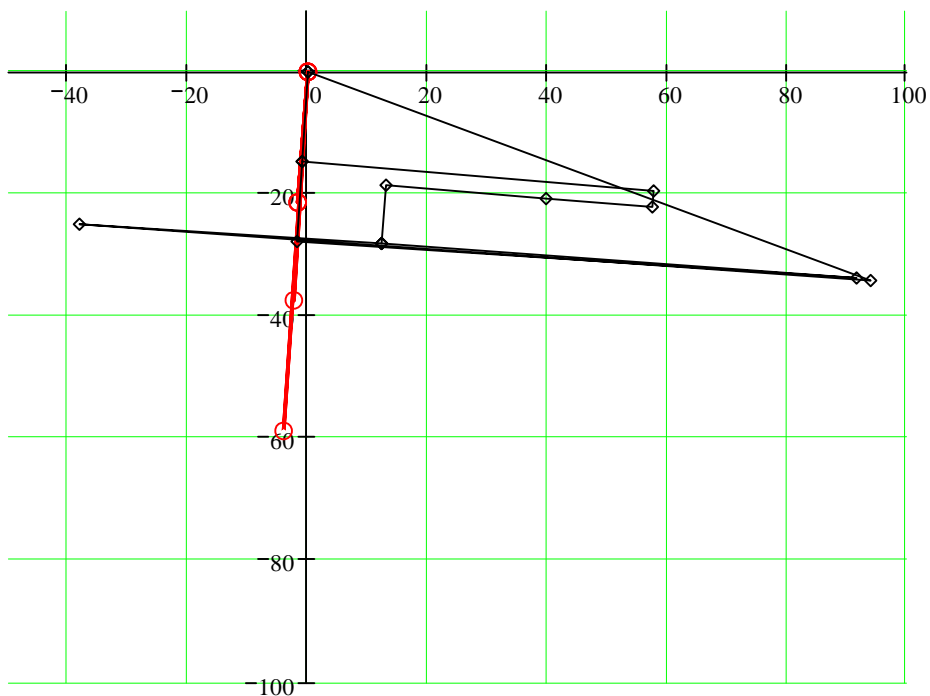
$$\phi_z = 13.056 - 18.5i$$

$$F(\phi_z) = (22.643 \quad -54.79)$$

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

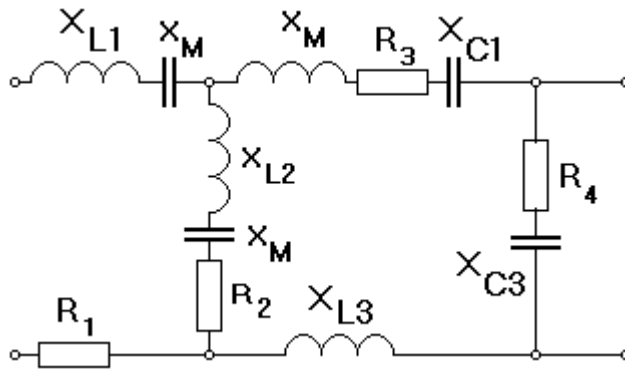
$$\phi_d = 12.265 - 28.115i$$

$$F(\phi_d) = (30.674 \quad -66.431)$$



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

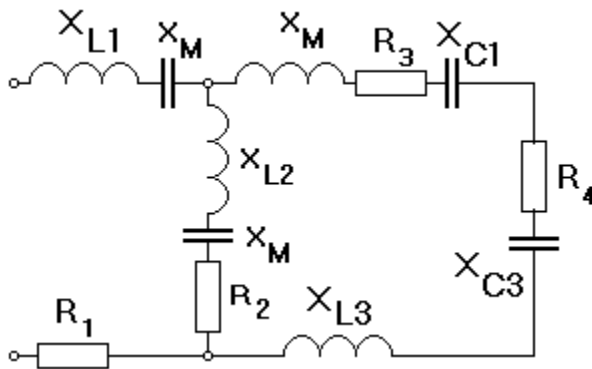
1) Розрахувати коефіцієнти чотириполіусника **A, B, C, D**



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

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

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



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_M) \rightarrow 5 + 18 \cdot i$$

$$Z_2 := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M) \rightarrow 7 + 23 \cdot i$$

$$Z_3 := R_3 + R_4 + i \cdot (X_{L3} - X_{C3} - X_{C1} + X_M) \rightarrow 21 + 22 \cdot i$$

$$Z_{10} := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_{10} = 11.626 + 30.101i \quad Z_{20} := \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} + Z_3 \quad Z_{20} = 23.922 + 32.099i$$

$$I_{10} := \frac{U_{10}}{Z_{10}} \quad I_{10} = 0.061 - 3.098i \quad F(I_{10}) = (3.099 \quad -88.881)$$

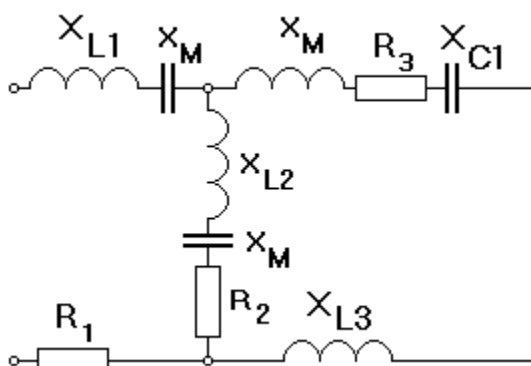
$$I_{30} := I_{10} \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3} \quad I_{30} = 0.389 - 1.351i \quad F(I_{30}) = (1.406 \quad -73.918)$$

$$U_{20} := I_{30} \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3}) \quad U_{20} = -42.604 - 29.839i \quad F(U_{20}) = (52.014 \quad -144.993)$$

$$A := \frac{U_{10}}{U_{20}} \quad A = -1.103 + 1.575i \quad F(A) = (1.923 \quad 124.993)$$

$$C := \frac{I_{10}}{U_{20}} \quad C = 0.033 + 0.049i \quad F(C) = (0.06 \quad 56.112)$$

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



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_M) \rightarrow 5 + 18 \cdot i$$

$$Z_2 := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M) \rightarrow 7 + 23 \cdot i$$

$$Z_3 := R_3 + i \cdot (X_{L3} + X_M - X_{C1}) \rightarrow 9 + 57 \cdot i$$

$$Z_K := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_K = 9.284 + 34.457i$$

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

$$I_{1K} = -0.24 - 2.792i$$

$$F(I_{1K}) = (2.802 \quad -94.921)$$

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

$$I_{3K} = -0.151 - 0.812i$$

$$F(I_{3K}) = (0.826 \quad -100.538)$$

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

$$B = 19.907 + 119.45i$$

$$F(B) = (121.097 \quad 80.538)$$

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

$$D = 3.377 + 0.332i$$

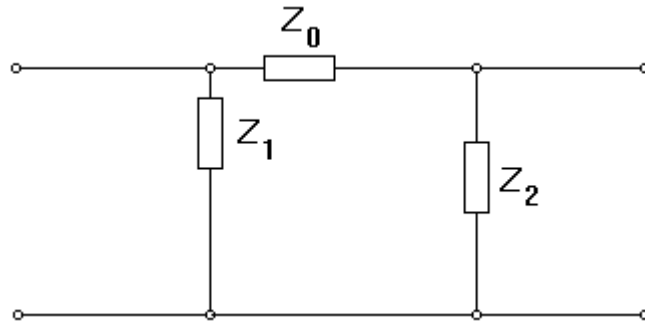
$$F(D) = (3.393 \quad 5.618)$$

$$\text{Перевірка} \quad A \cdot D - B \cdot C = 1$$

$$F(A) = (1.923 \quad 124.993) \quad F(B) = (121.097 \quad 80.538)$$

$$F(C) = (0.06 \quad 56.112) \quad F(D) = (3.393 \quad 5.618)$$

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



$$Z_0 := B$$

$$Z_0 = 19.907 + 119.45i$$

$$F(Z_0) = (121.097 \quad 80.538)$$

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

$$Y_1 = 5.933 \times 10^{-3} - 0.019i$$

$$F(Y_1) = (0.02 \quad -72.584)$$

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

$$Y_2 = 9.975 \times 10^{-3} + 0.019i$$

$$F(Y_2) = (0.022 \quad 62.625)$$

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

$$R_0 = 19.907$$

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

$$X_{L0} = 119.45$$

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

$$Z_1 = 15.101 + 48.139i$$

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

$$R_1 = 15.101$$

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

$$X_{L1} = 48.139$$

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

$$Z_2 = 21.196 - 40.934i$$

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

$$R_2 = 21.196$$

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

$$X_{C2} = 40.934$$

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

$$L_1 = 0.128$$

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

$$C_2 = 6.48 \times 10^{-5}$$

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

$$L_0 = 0.317$$