

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

Розрахунково-графічна робота
“Розрахунок однофазного кола синусоїдного струму”
Варіант № 317

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 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;
- 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.

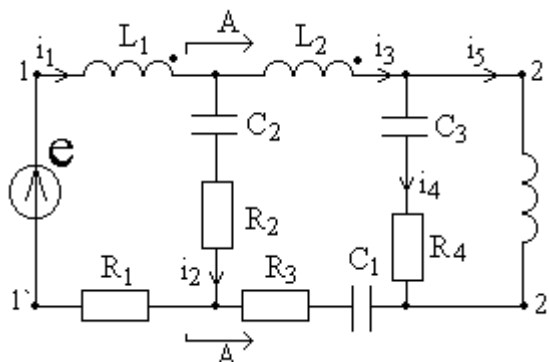
$$E := 140 \quad \psi := -45 \quad R_1 := 9 \quad R_2 := 11 \quad R_3 := 13 \quad R_4 := 15 \quad X_{L1} := 30 \quad X_{L2} := 35 \quad X_{L3} := 40$$

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

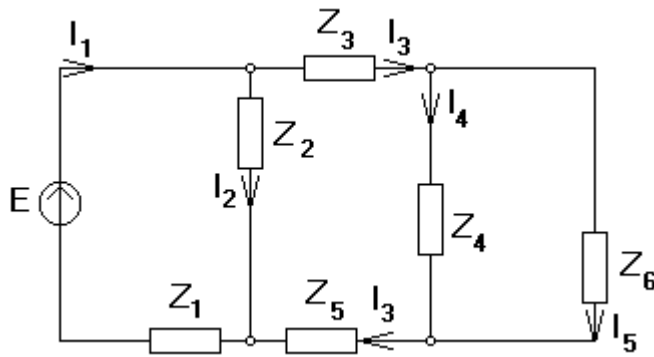
$$U := E \cdot e^{j \cdot \psi \cdot \frac{\pi}{180}}$$

$$U = 98.995 - 98.995i$$

$$F(U) = (140 \quad -45)$$



Розрахувати всі струми символічним методом



$$Z_1 := R_1 + j \cdot X_{L1} \quad Z_1 = 9 + 30i$$

$$Z_2 := R_2 - j \cdot X_{C2} \quad Z_2 = 11 - 15i$$

$$Z_5 := R_3 - j \cdot X_{C1} \quad Z_5 = 13 - 10i$$

$$Z_3 := j \cdot X_{L2} \quad Z_3 = 35i$$

$$Z_4 := R_4 - j \cdot X_{C3} \quad Z_4 = 15 - 20i$$

$$Z_6 := j \cdot X_{L3} \quad Z_6 = 40i$$

$$Z_E := \frac{\left(\frac{Z_6 \cdot Z_4}{Z_6 + Z_4} + Z_3 + Z_5 \right) \cdot Z_2}{Z_2 + \frac{Z_6 \cdot Z_4}{Z_6 + Z_4} + Z_3 + Z_5} + Z_1 \quad Z_E = 21.564 + 20.319i \quad F(Z_E) = (29.629 \quad 43.296)$$

$$I_1 := \frac{U}{Z_E} \quad I_1 = 0.14 - 4.723i \quad F(I_1) = (4.725 \quad -88.296)$$

$$I_2 := I_1 \cdot \frac{\left(\frac{Z_6 \cdot Z_4}{Z_6 + Z_4} + Z_3 + Z_5 \right)}{\left(Z_2 + \frac{Z_6 \cdot Z_4}{Z_6 + Z_4} + Z_3 + Z_5 \right)} \quad I_2 = 1.234 - 3.836i \quad F(I_2) = (4.029 \quad -72.166)$$

$$I_3 := I_1 - I_2 \quad I_3 = -1.094 - 0.887i \quad F(I_3) = (1.408 \quad -140.941)$$

$$I_4 := I_3 \cdot \frac{Z_6}{Z_6 + Z_4} \quad I_4 = -0.548 - 2.186i \quad F(I_4) = (2.253 \quad -104.071)$$

$$I_5 := I_3 - I_4 \quad I_5 = -0.546 + 1.298i \quad F(I_5) = (1.408 \quad 112.799)$$

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:

$$-I_1 \cdot (R_1 + j \cdot X_{L1}) + U - I_2 \cdot (R_2 - j \cdot X_{C2}) = 7.105 \times 10^{-15} + 1.421i \times 10^{-14}$$

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

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

Перевірка за балансом потужностей

$$S := U \cdot \overline{I_1} \quad S = 481.465 + 453.649i$$

$$P := (|I_1|)^2 \cdot R_1 + (|I_2|)^2 \cdot R_2 + (|I_3|)^2 \cdot R_3 + (|I_4|)^2 \cdot R_4 \quad P = 481.465$$

$$Q := (|I_1|)^2 \cdot X_{L1} + (|I_2|)^2 \cdot (-X_{C2}) + (|I_3|)^2 \cdot (X_{L2} - X_{C1}) + (|I_4|)^2 \cdot (-X_{C3}) + (|I_5|)^2 \cdot X_{L3} \quad Q = 453.649$$

Визначимо потенціали всіх точок позначених на схемі:

$$\phi_a := 0$$

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

$$F(\phi_b) = (42.526 \quad -88.296)$$

$$\phi_b = 1.264 - 42.507i$$

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

$$F(\phi_c) = (85.99 \quad -80.063)$$

$$\phi_c = 14.838 - 84.7i$$

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

$$F(\phi_d) = (111.692 \quad -112.474)$$

$$\phi_d = -42.696 - 103.21i$$

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

$$F(\phi_l) = (140 \quad -45)$$

$$\phi_l = 98.995 - 98.995i$$

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

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

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

$$F(\phi_e) = (55.574 \quad -103.477)$$

$$\phi_e = -12.951 - 54.043i$$

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

$$F(\phi_k) = (48.318 \quad -116.853)$$

$$\phi_k = -21.825 - 43.108i$$

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

$$F(\phi_m) = (81.623 \quad -111.596)$$

$$\phi_m = -37.185 - 39.548i$$

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

$$F(\phi_z) = (98.268 \quad -138.638)$$

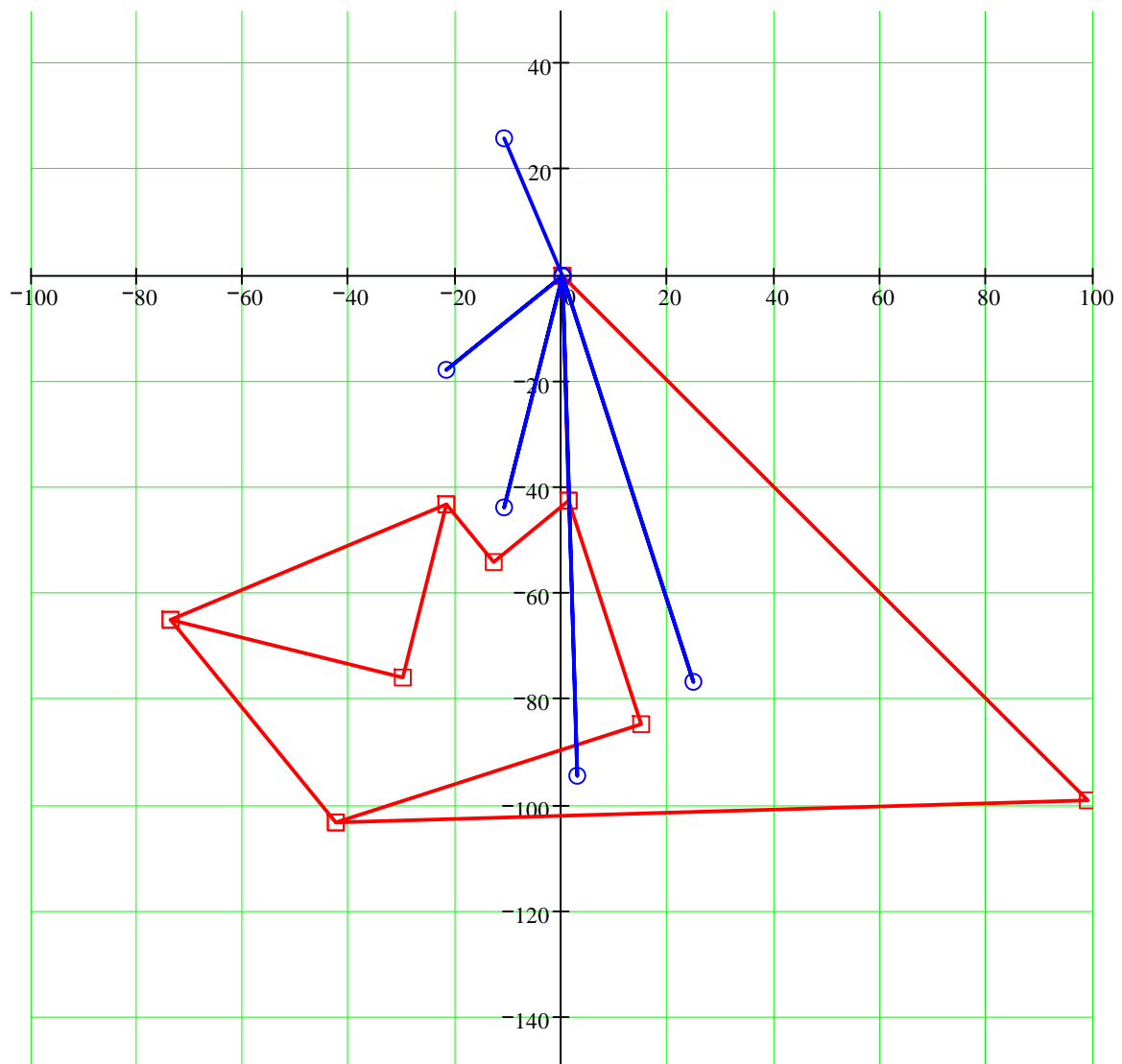
$$\phi_z = -73.755 - 64.937i$$

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

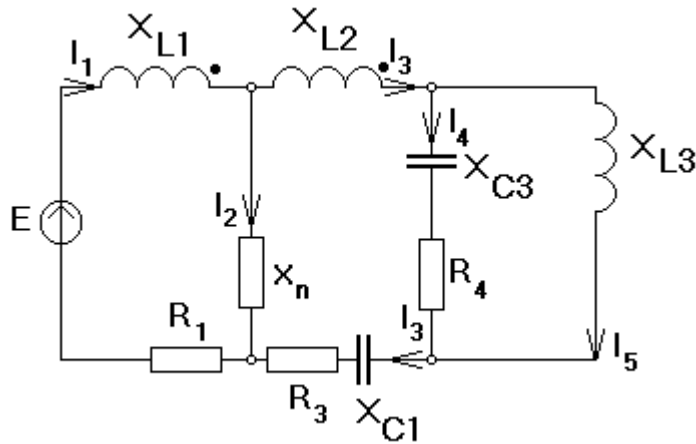
$$F(\phi_d) = (111.692 \quad -112.474)$$

$$\phi_d = -42.696 - 103.21i$$

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.



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

$$Z_{45} = 38.4 - 11.2i$$

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

$$Z_E = 51.4 + 13.8i$$

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

$$R_E := \operatorname{Re}(Z_E) \quad R_E = 51.4$$

$$X_E := \operatorname{Im}(Z_E) \quad X_E = 13.8$$

За умовою резонансу:

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

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

$$B_n = -4.872 \times 10^{-3}$$

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

$$X_n = -205.246$$

Розрахувати струми для резонансного стану кола

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

$$Z_1 = 9 + 30i$$

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

$$Z_3 = 13 + 25i$$

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

$$Z_4 = 15 - 20i$$

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

$$Z_5 = 40i$$

$$Z_{345} := \frac{Z_4 \cdot Z_5}{Z_4 + Z_5} + Z_3 \quad Z_{345} = 51.4 + 13.8i$$

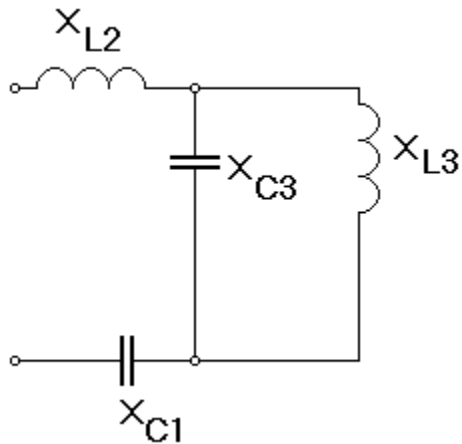
$$\text{Вхідний опір кола: } Z_{VX}(X_N) := \frac{Z_{345} \cdot i \cdot X_N}{Z_{345} + i \cdot X_N} + Z_1$$

$$Z_{VX}(X_N) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{simplify} \end{array} \right. \rightarrow \frac{(1242 \cdot X_N + 302 \cdot X_N^2 + 127458 + 18302 \cdot i \cdot X_N + 219 \cdot i \cdot X_N^2 + 424860 \cdot i)}{(14162 + 138 \cdot X_N + 5 \cdot X_N^2)}$$

$$X_N := \operatorname{Im}(Z_{VX}(X_N)) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{solve, } X_N \rightarrow \\ \text{float, 5} \end{array} \right. \left(\begin{array}{l} -41.785 + 13.928 \cdot i \\ -41.785 - 13.928 \cdot i \end{array} \right)$$

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



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

$$L_3 := \frac{X_{L3}}{\omega} \rightarrow \frac{2}{5 \cdot \pi} \quad L_3 = 0.127$$

$$C_1 := \frac{1}{\omega \cdot X_{C1}} \rightarrow \frac{1}{1000 \cdot \pi} \quad C_1 = 3.183 \times 10^{-4}$$

$$C_3 := \frac{1}{\omega \cdot X_{C3}} \rightarrow \frac{1}{2000 \cdot \pi} \quad C_3 = 1.592 \times 10^{-4}$$

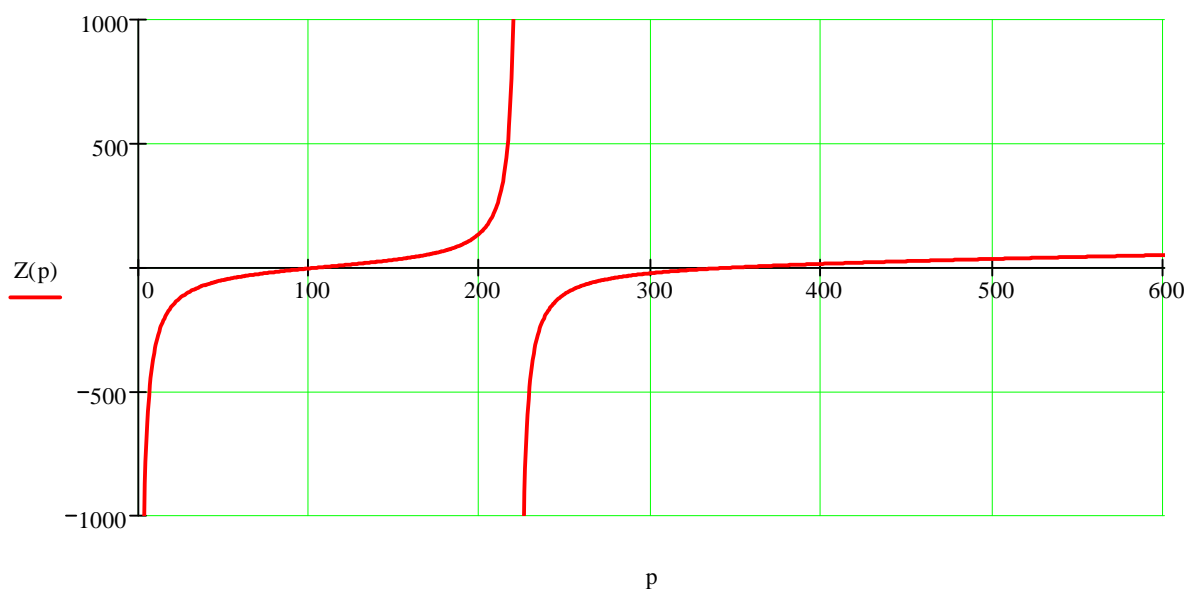
$$Z(p) := \frac{p \cdot L_3 \cdot \frac{-1}{p \cdot C_3}}{p \cdot L_3 + \frac{-1}{p \cdot C_3}} + p \cdot L_2 + \frac{-1}{p \cdot C_1} \rightarrow \frac{-800}{\left(\frac{2}{5} \cdot \frac{p}{\pi} - \frac{2000}{p} \cdot \pi\right)} + \frac{7}{20} \cdot \frac{p}{\pi} - \frac{1000}{p} \cdot \pi$$

Знаходимо нулі:

$$\omega := Z(p) \left| \begin{array}{l} \text{solve, p} \\ \text{float, 16} \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} 350.1337571745304 \\ -350.1337571745304 \\ 106.5409932584084 \\ -106.5409932584084 \end{pmatrix} \omega = \begin{pmatrix} 350.134 \\ -350.134 \\ 106.541 \\ -106.541 \end{pmatrix} \quad \omega := \begin{pmatrix} \omega_0 \\ \omega_2 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 350.134 \\ 106.541 \end{pmatrix}$$

Знаходимо полюси:

$$\omega_1 := \frac{1}{Z(p)} \text{ solve, p} \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{1}{50 \cdot 2^2 \cdot \pi} \\ \frac{1}{-50 \cdot 2^2 \cdot \pi} \\ 0 \end{pmatrix} \quad \omega_1 = \begin{pmatrix} 222.144 \\ -222.144 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \omega_1 := \begin{pmatrix} \omega_{10} \\ \omega_{12} \end{pmatrix} \quad \omega_1 = \begin{pmatrix} 222.144 \\ 0 \end{pmatrix}$$



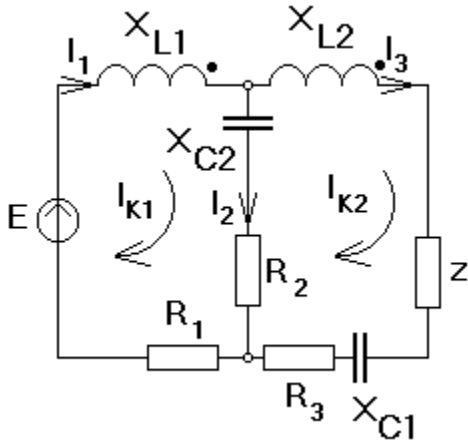
2. ПРИ НАЯВНОСТІ МАГНІТНОГО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ІНДУКТИВНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ L1 T/ L2 (ОДНОЙМЕННІ ПОЧАТКИ ПОЗНАЧЕНІ НА СХЕМІ ТОЧКАМИ):

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



$$Z := \frac{(R_4 - j \cdot X_{C3}) \cdot j \cdot X_{L3}}{R_4 + j \cdot (X_{L3} - X_{C3})} \quad Z = 14.252 + 6.698i$$

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

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

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

$$Z_{11} = 20 + 15i \quad Z_{22} = 62.4 - 1.2i \quad Z_{12} = 11 - 35i$$

Given

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

$$\begin{pmatrix} I_{K1} \\ I_{K2} \end{pmatrix} := \text{Find}(I_{K1}, I_{K2}) \left| \begin{array}{l} \text{expand} \\ \text{float}, 10 \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} .4462003574 - 2.973243789 \cdot i \\ -1.573553418 - .8046627931 \cdot i \end{pmatrix}$$

$$I_{K1} = 0.446 - 2.973i \quad I_{K2} = -1.574 - 0.805i$$

$$I_1 := I_{K1} \quad I_1 = 0.446 - 2.973i \quad F(I_1) = (3.007 \quad -81.465)$$

$$I_2 := I_{K1} - I_{K2} \quad I_2 = 2.02 - 2.169i \quad F(I_2) = (2.963 \quad -47.035)$$

$$I_3 := I_{K2} \quad I_3 = -1.574 - 0.805i \quad F(I_3) = (1.767 \quad -152.916)$$

$$I_4 := I_3 \cdot \frac{j \cdot X_{L3}}{R_4 + j \cdot (X_{L3} - X_{C3})} \quad I_4 = -1.242 - 2.541i \quad F(I_4) = (2.828 \quad -116.046)$$

$$I_5 := I_3 - I_4 \quad I_5 = -0.332 + 1.736i \quad F(I_5) = (1.767 \quad 100.823)$$

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:

$$-I_1 \cdot [R_1 + j \cdot (X_{L1} + X_M)] + U - I_2 \cdot [R_2 - j \cdot (X_{C2} + X_M)] = 2.662 \times 10^{-8} - 4.122i \times 10^{-8}$$

$$-I_2 \cdot [R_2 - j \cdot (X_{C2} + X_M)] + I_3 \cdot [R_3 + j \cdot (X_{L2} - X_{C1} + X_M)] + I_4 \cdot (R_4 - j \cdot X_{C3}) = 4.868 \times 10^{-8} + 1.6i \times 10^{-8}$$

$$I_4 \cdot (R_4 - j \cdot X_{C3}) - I_5 \cdot j \cdot X_{L3} = 1.421 \times 10^{-14} - 3.553i \times 10^{-15}$$

$$S_{M1} := \bar{I}_1 \cdot I_3 \cdot X_M \quad S_{M1} = 33.807 - 100.752i \quad F(S_{M1}) = (106.273 \quad -71.451)$$

$$S_{M2} := I_1 \cdot \bar{I}_3 \cdot X_M \quad S_{M2} = 33.807 + 100.752i \quad F(S_{M2}) = (106.273 \quad 71.451)$$

Перевірка за балансом потужностей

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

$$S = 338.508 + 250.165i$$

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

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

$$S = 338.508 + 250.165i$$

$$P = 338.508$$

$$Q = 250.165$$

Визначимо потенціали всіх точок позначених на схемі:

$$\phi_a := 0$$

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

$$F(\phi_b) = (27.059 \quad -81.465)$$

$$\phi_b = 4.016 - 26.759i$$

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

$$F(\phi_c) = (57.008 \quad -62.602)$$

$$\phi_c = 26.233 - 50.614i$$

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

$$F(\phi_d) = (81.154 \quad -94.449)$$

$$\phi_d = -6.296 - 80.91i$$

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

$$F(\phi_{1''}) = (112.807 \quad -85.017)$$

$$\phi_{1''} = 9.798 - 112.381i$$

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

$$F(\phi_1) = (140 \quad -45)$$

$$\phi_1 = 98.995 - 98.995i$$

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

$$F(\phi_A) = (4.906 \times 10^{-8} \quad 122.853)$$

$$\phi_A = -2.662 \times 10^{-8} + 4.122i \times 10^{-8}$$

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

$$F(\phi_e) = (40.689 \quad -113.832)$$

$$\phi_e = -16.44 - 37.22i$$

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

$$F(\phi_m) = (32.576 \quad -138.737)$$

$$\phi_m = -24.487 - 21.484i$$

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

$$F(\phi_z) = (99.77 \quad -148.329)$$

$$\phi_z = -84.911 - 52.383i$$

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

$$F(\phi_k) = (100.149 \quad -159.691)$$

$$\phi_k = -93.924 - 34.76i$$

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

$$F(\phi_{d'}) = (22.971 \quad -120.265)$$

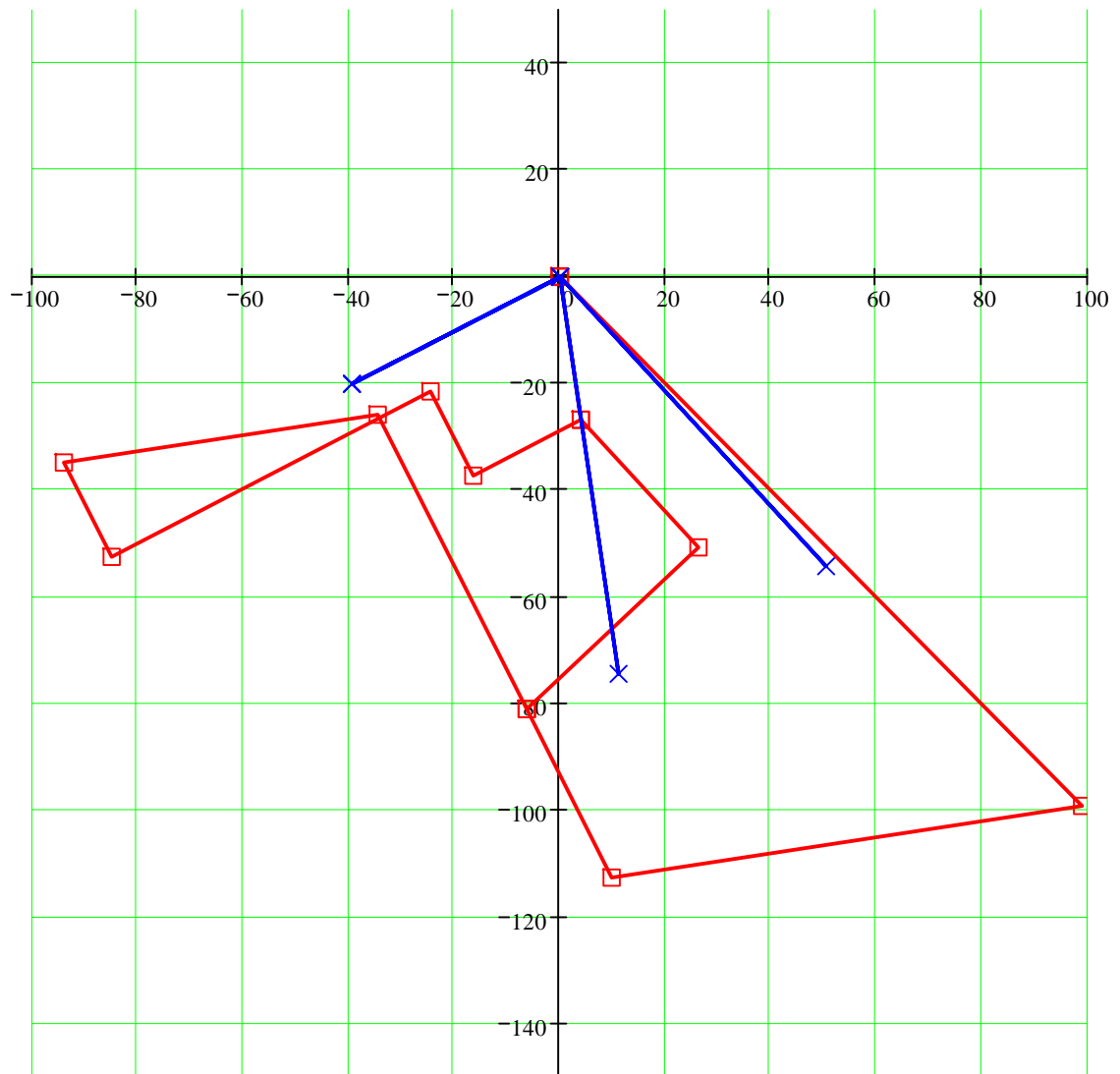
$$\phi_{d'} = -11.577 - 19.84i$$

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

$$F(\phi_d) = (81.154 \quad -94.449)$$

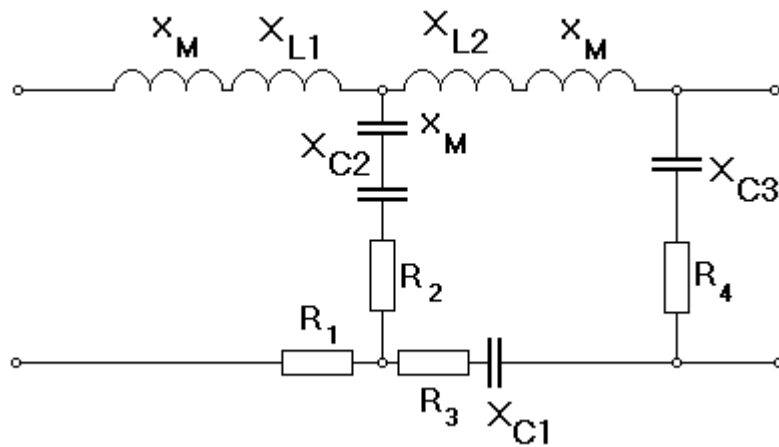
$$\phi_d = -6.296 - 80.91i$$

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":

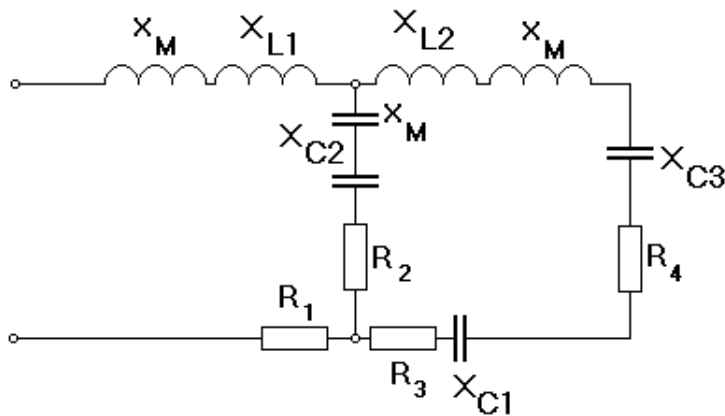
1) Розрахувати коефіцієнти чотириполюсника **A,B,C,D**



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

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

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



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_M + X_{L1}) \rightarrow 9 + 50 \cdot i$$

$$Z_2 := R_2 - i \cdot (X_{C2} + X_M) \rightarrow 11 - 35 \cdot i$$

$$Z_3 := R_3 + R_4 + i \cdot (X_{L2} + X_M - X_{C3} - X_{C1}) \rightarrow 28 + 25 \cdot i$$

$$Z_{10} := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_{10} = 41.811 + 40.336i \quad Z_{20} := \frac{Z_2 \cdot Z_1}{Z_2 + Z_1} + Z_3 \quad Z_{20} = 92.808 - 11.856i$$

$$I_{10} := \frac{U_{10}}{Z_{10}} \quad I_{10} = 0.043 - 2.409i \quad F(I_{10}) = (2.41 \quad -88.971)$$

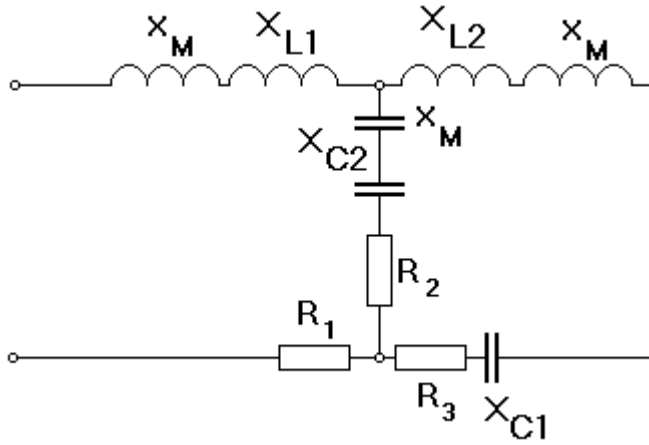
$$I_{30} := I_{10} \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3} \quad I_{30} = -1.845 - 1.191i \quad F(I_{30}) = (2.196 \quad -147.143)$$

$$U_{20} := I_{30} \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3}) \quad U_{20} = -51.496 + 19.021i \quad F(U_{20}) = (54.897 \quad 159.727)$$

$$A := \frac{U_{10}}{U_{20}} \quad A = -2.316 + 1.067i \quad F(A) = (2.55 \quad 155.273)$$

$$C := \frac{I_{10}}{U_{20}} \quad C = -0.016 + 0.041i \quad F(C) = (0.044 \quad 111.302)$$

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



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_{L1} + X_M) \rightarrow 9 + 50 \cdot i$$

$$Z_2 := R_2 + i \cdot (-X_{C2} - X_M) \rightarrow 11 - 35 \cdot i$$

$$Z_3 := R_3 + i \cdot (X_{L2} - X_{C1} + X_M) \rightarrow 13 + 45 \cdot i$$

$$Z_K := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_K = 70.586 + 26.00i$$

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

$$I_{1K} = 0.78 - 1.69i$$

$$F(I_{1K}) = (1.861 \quad -65.225)$$

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

$$I_{3K} = -2.474 - 0.881i$$

$$F(I_{3K}) = (2.626 \quad -160.398)$$

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

$$B = -22.865 + 48.158i$$

$$F(B) = (53.31 \quad 115.398)$$

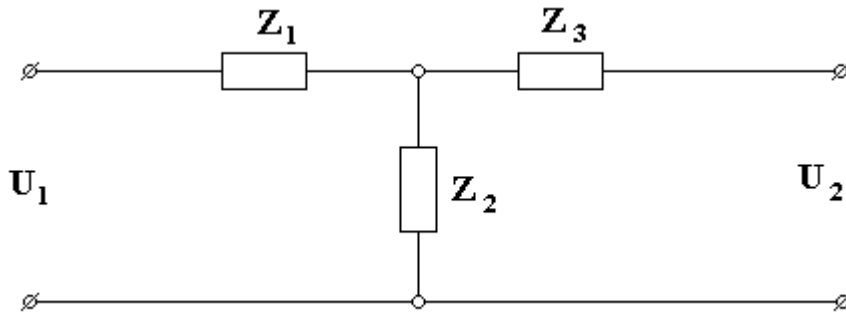
$$D := \frac{I_{1K}}{I_{3K}}$$

$$D = -0.064 + 0.706i$$

$$F(D) = (0.709 \quad 95.173)$$

Перевірка $A \cdot D - B \cdot C = 1$

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



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

$$Z_1 = 50.087 + 61.561i$$

$$F(Z_1) = (79.363 \quad 50.868)$$

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

$$Z_2 = 11 - 35i$$

$$F(Z_2) = (36.688 \quad -72.553)$$

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

$$Z_3 = 23.785 + 16.74i$$

$$F(Z_3) = (29.085 \quad 35.138)$$

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

$$R_1 = 50.087$$

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

$$X_1 = 61.561$$

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

$$R_2 = -8.276$$

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

$$X_2 = -21.225$$

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

$$R_3 = 23.785$$

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

$$X_3 = 16.74$$

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

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

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

$$L_1 = 0.196$$

$$C = 1.5 \times 10^{-4}$$

$$L_2 = 0.053$$