

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

Розрахунково-графічна робота
“Розрахунок однофазного кола синусоїдного струму”
Варіант № 382

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 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.

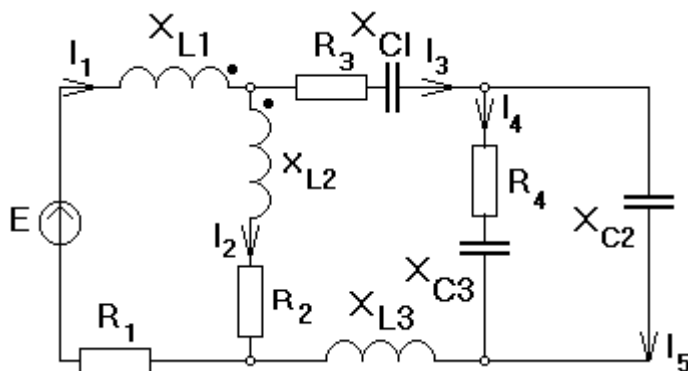
$$E := 140 \quad \psi := -45 \quad R_1 := 9 \quad R_2 := 11 \quad R_3 := 13 \quad R_4 := 15 \quad X_{L1} := 60 \quad X_{L2} := 50 \quad X_{L3} := 43$$

$$X_{C1} := 20 \quad X_{C2} := 15 \quad X_{C3} := 13 \quad X_M := 32 \quad f := 100$$

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

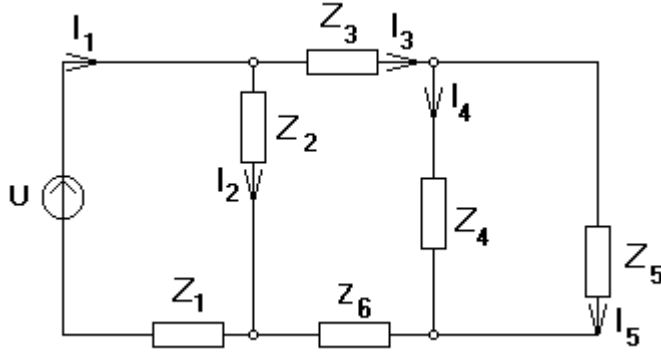
$$U = 98.995 - 98.995i$$

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



Для електричного кола без взаємної індукції:

Розрахувати всі струми символьним методом



$$Z_1 := R_1 + i \cdot X_{L1} \rightarrow 9 + 60 \cdot i$$

$$Z_2 := R_2 + i \cdot X_{L2} \rightarrow 11 + 50 \cdot i$$

$$Z_3 := R_3 - i \cdot X_{C1} \rightarrow 13 - 20 \cdot i$$

$$Z_4 := R_4 - i \cdot X_{C3} \rightarrow 15 - 13 \cdot i$$

$$Z_5 := -i \cdot X_{C2} \rightarrow -15 \cdot i$$

$$Z_6 := i \cdot X_{L3} \rightarrow 43 \cdot i$$

$$Z_E := \frac{\left(\frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6 \right) \cdot Z_2}{Z_2 + \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6} + Z_1 \quad Z_E = 18.848 + 72.479i$$

$$I_1 := \frac{U}{Z_E} \quad I_1 = -0.947 - 1.612i \quad F(I_1) = (1.869 \quad -120.423)$$

$$I_2 := \frac{I_1 \cdot \left(\frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6 \right)}{Z_2 + \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6} \quad I_2 = -0.483 - 0.322i \quad F(I_2) = (0.58 \quad -146.296)$$

$$I_3 := \frac{I_1 \cdot Z_2}{\left(Z_2 + \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 + Z_6 \right)} \quad I_3 = -0.464 - 1.29i \quad F(I_3) = (1.371 \quad -109.774)$$

$$I_4 := I_3 \cdot \frac{Z_5}{Z_5 + Z_4} \quad I_4 = -0.481 - 0.434i \quad F(I_4) = (0.647 \quad -137.952)$$

$$I_5 := I_3 \cdot \frac{Z_4}{Z_4 + Z_5} \quad I_5 = 0.017 - 0.856i \quad F(I_5) = (0.857 \quad -88.867)$$

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:

$$-I_1 \cdot [R_1 + i \cdot (X_{L1})] + U - I_2 \cdot (R_2 + i \cdot X_{L2}) = -1.243 \times 10^{-14} + 3.553i \times 10^{-15}$$

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

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

Перевірка за балансом потужностей

$$S_1 := U \cdot \overline{I_1} \quad S_1 = 65.869 + 253.294i$$

$$P := (|I_1|)^2 \cdot R_1 + (|I_2|)^2 \cdot R_2 + (|I_3|)^2 \cdot R_3 + (|I_4|)^2 \cdot R_4 \quad P = 65.869$$

$$Q := (|I_1|)^2 \cdot (X_{L1}) + (|I_2|)^2 \cdot (X_{L2}) + (|I_3|)^2 \cdot (X_{L3} - X_{C1}) + (|I_4|)^2 \cdot (-X_{C3}) + (|I_5|)^2 \cdot (-X_{C2}) \quad Q = 253.294$$

Будуємо сумісну векторну діаграму струмів та топографічну діаграму напруг

Знаходимо потенціали точок:

$$\phi_a := 0$$

$$\phi_b := \phi_a + I_1 \cdot R_1 \quad \phi_b = -8.52 - 14.508i \quad F(\phi_b) = (16.825 \quad -120.423)$$

$$\phi_c := \phi_b + I_2 \cdot R_2 \quad \phi_c = -13.832 - 18.051i \quad F(\phi_c) = (22.741 \quad -127.461)$$

$$\phi_d := \phi_c + I_2 \cdot i \cdot X_{L2} \quad \phi_d = 2.274 - 42.197i \quad F(\phi_d) = (42.258 \quad -86.915)$$

$$\phi_1 := \phi_d + I_1 \cdot i \cdot X_{L1} \quad \phi_1 = 98.995 - 98.995i \quad F(\phi_1) = (140 \quad -45)$$

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

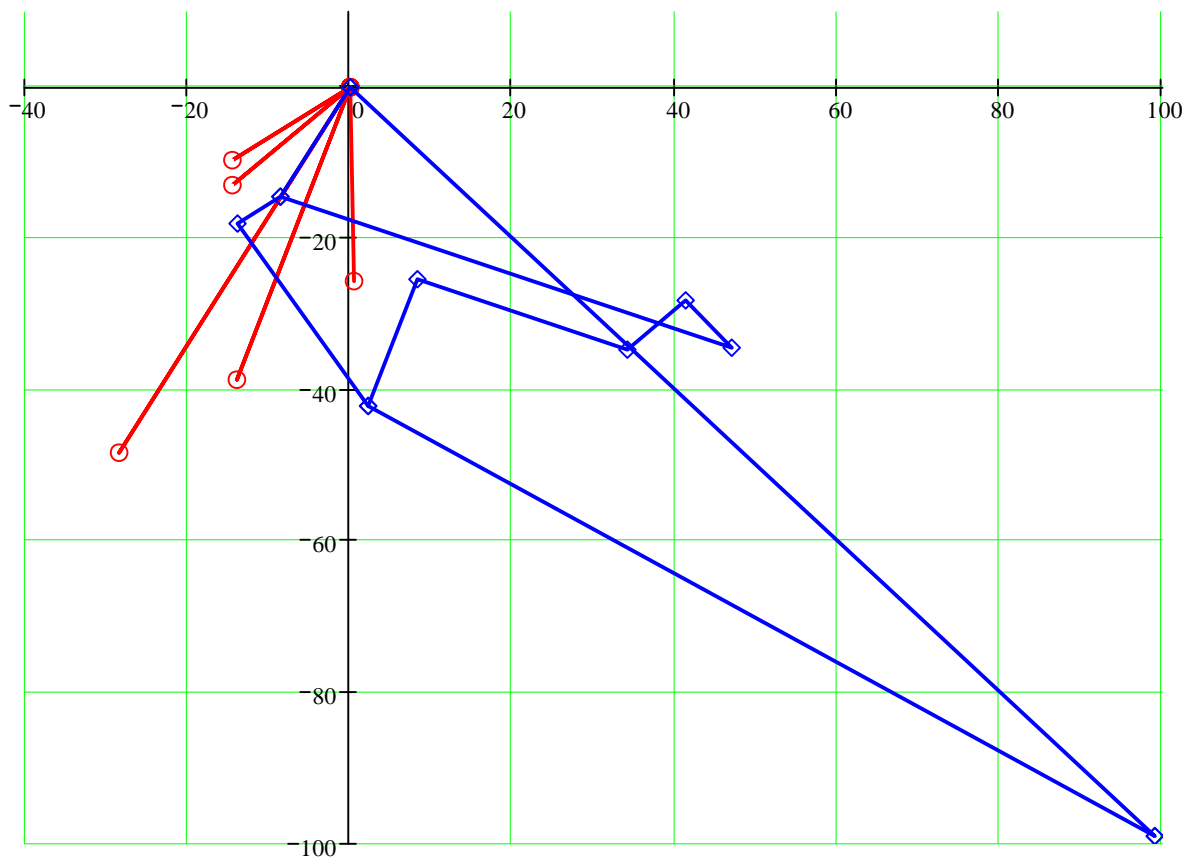
$$\phi_e := \phi_b + I_3 \cdot i \cdot X_{L3} \quad \phi_e = 46.946 - 34.448i \quad F(\phi_e) = (58.229 \quad -36.271)$$

$$\phi_m := \phi_e + I_4 \cdot (-i \cdot X_{C3}) \quad \phi_m = 41.31 - 28.2i \quad F(\phi_m) = (50.018 \quad -34.319)$$

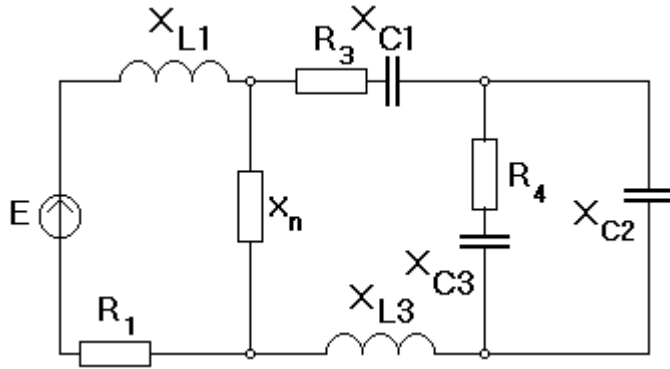
$$\phi_n := \phi_m + I_4 \cdot R_4 \quad \phi_n = 34.1 - 34.703i \quad F(\phi_n) = (48.653 \quad -45.501)$$

$$\phi_k := \phi_n + I_3 \cdot (-i \cdot X_{C1}) \quad \phi_k = 8.302 - 25.428i \quad F(\phi_k) = (26.749 \quad -71.918)$$

$$\phi_n := \phi_e + I_5 \cdot (-i \cdot X_{C2}) \quad \phi_n = 34.1 - 34.703i \quad F(\phi_n) = (48.653 \quad -45.501)$$



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



$$Z_E := \frac{(R_4 - i \cdot X_{C3}) \cdot (-i \cdot X_{C2})}{R_4 - i \cdot (X_{C2} + X_{C3})} + i \cdot X_{L3} + R_3 - i \cdot X_{C1} \quad Z_E = 16.345 + 14.244i$$

$$Z_E = R_E + j \cdot X_E \quad R_E := \text{Re}(Z_E) \quad R_E = 16.345 \quad X_E := \text{Im}(Z_E) \quad X_E = 14.244$$

За умовою резонансу:

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

$$B_n := \frac{-X_E}{X_E^2 + R_E^2} \quad B_n = -0.03 \quad \text{Реактивний опір вітки: } X_n := \frac{1}{B_n} \quad X_n = -33$$

Розрахувати струми для резонансного стану кола;

$$Z_1 := R_1 + X_{L1} \cdot i \quad Z_1 = 9 + 60i$$

$$Z_3 := R_3 + X_{L3} \cdot i - X_{C1} \cdot i \quad Z_3 = 13 + 23i$$

$$Z_4 := R_4 - X_{C3} \cdot i \quad Z_4 = 15 - 13i$$

$$Z_5 := -X_{C2} \cdot i \quad Z_5 = -15i$$

$$Z_{345} := \frac{Z_4 \cdot Z_5}{Z_4 + Z_5} + Z_3 \quad Z_{345} = 16.345 + 14.244i$$

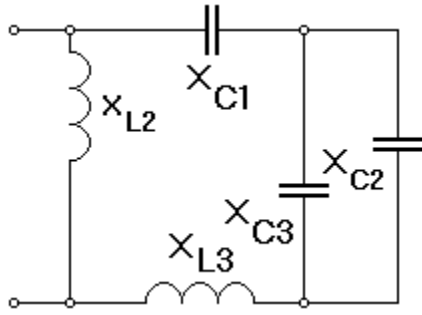
$$\text{Вхідний опір кола: } Z_{VX}(X_N) := \frac{Z_{345} \cdot i \cdot X_N}{Z_{345} + i \cdot X_N} + Z_1$$

$$Z_{VX}(X_N) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{simplify} \end{array} \right. \rightarrow \frac{(258696 \cdot X_N + 25573 \cdot X_N^2 + 4268448 + 2198912 \cdot i \cdot X_N + 74912 \cdot i \cdot X_N^2 + 28456320 \cdot i)}{(474272 + 28744 \cdot X_N + 1009 \cdot X_N^2)}$$

$$X_N := \text{Im}(Z_{VX}(X_N)) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{solve, } X_N \rightarrow \\ \text{float, 6} \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} -14.6766 + 12.8242 \cdot i \\ -14.6766 - 12.8242 \cdot i \end{pmatrix}$$

$$\text{Отже резонанс кола не може бути, так як: } X_N = \begin{pmatrix} -14.677 + 12.824i \\ -14.677 - 12.824i \end{pmatrix}$$

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



$$L_2 := \frac{X_{L2}}{\omega} \rightarrow \frac{1}{4 \cdot \pi} \quad L_2 = 0.08$$

$$L_3 := \frac{X_{L3}}{\omega} \rightarrow \frac{43}{200 \cdot \pi} \quad L_3 = 0.068$$

$$C_1 := \frac{1}{\omega \cdot X_{C1}} \rightarrow \frac{1}{4000 \cdot \pi} \quad C_1 = 7.958 \times 10^{-5}$$

$$C_2 := \frac{1}{\omega \cdot X_{C2}} \rightarrow \frac{1}{3000 \cdot \pi} \quad C_2 = 1.061 \times 10^{-4}$$

$$C_3 := \frac{1}{\omega \cdot X_{C3}} \rightarrow \frac{1}{2600 \cdot \pi} \quad C_3 = 1.224 \times 10^{-4}$$

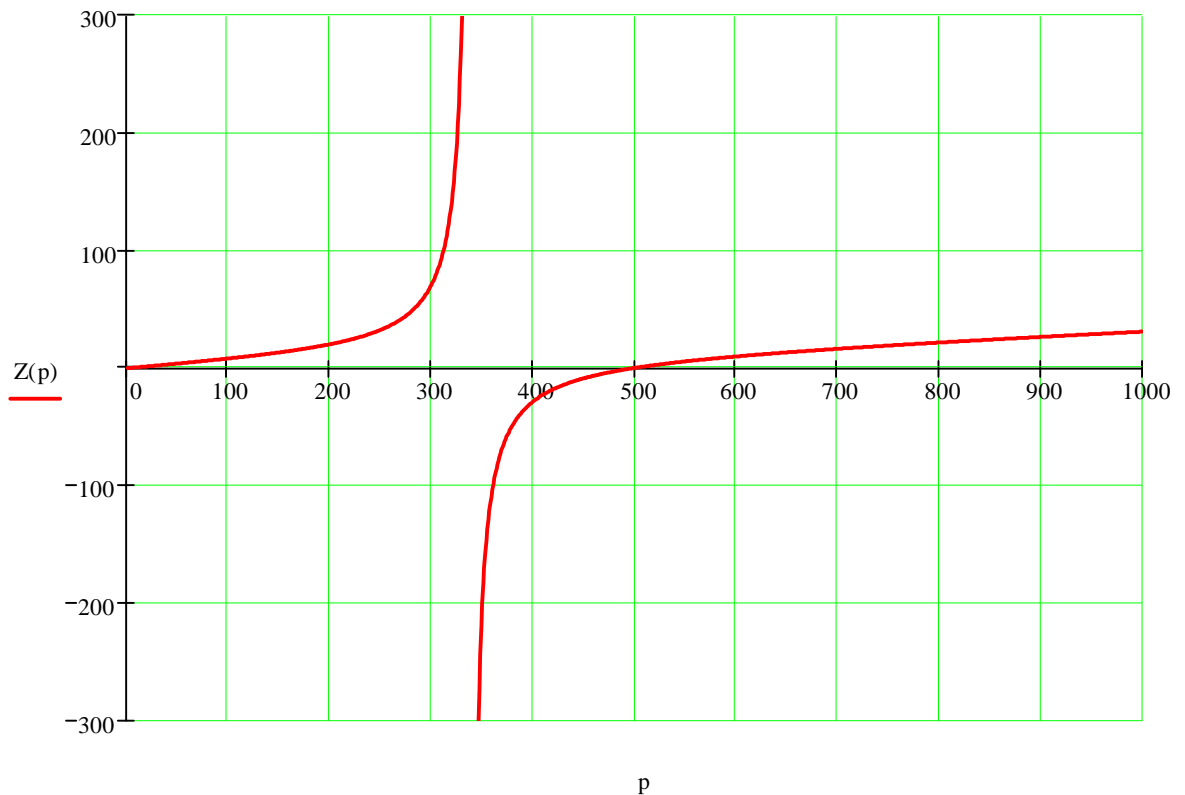
$$Z(p) := \frac{\left[\frac{\frac{-1}{p \cdot C_3} \cdot \frac{-1}{p \cdot C_2}}{\left(\frac{-1}{p \cdot C_3} - \frac{1}{p \cdot C_2} \right)} + p \cdot L_3 - \frac{1}{p \cdot C_1} \right] \cdot p \cdot L_2}{p \cdot L_2 + \frac{\frac{-1}{p \cdot C_3} \cdot \frac{-1}{p \cdot C_2}}{\left(\frac{-1}{p \cdot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

Знаходимо нулі:

$$\omega := Z(p) \left| \begin{array}{l} \text{solve, p} \\ \text{float, 11} \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} 497.55386102 \\ -497.55386102 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 497.554 \\ -497.554 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \omega := \begin{pmatrix} \omega_0 \\ \omega_2 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 497.554 \\ 0 \end{pmatrix}$$

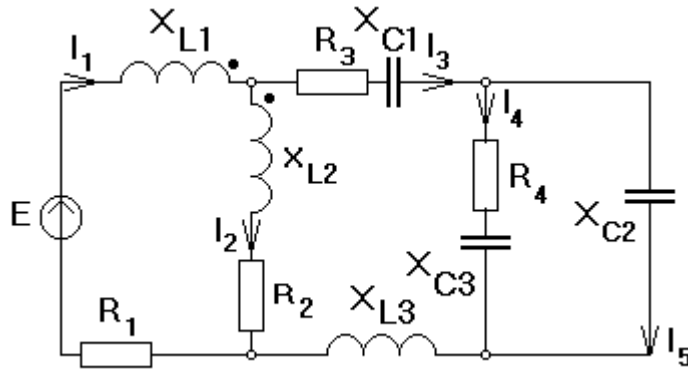
Знаходимо полюси:

$$\omega_1 := \frac{1}{Z(p)} \left| \begin{array}{l} \text{solve, p} \\ \text{float, 11} \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} 338.32403694 \\ -338.32403694 \end{pmatrix} \quad \omega_1 = \begin{pmatrix} 338.324 \\ -338.324 \end{pmatrix} \quad \omega_1 := \omega_{1_0} \quad \omega_1 = 338.324$$



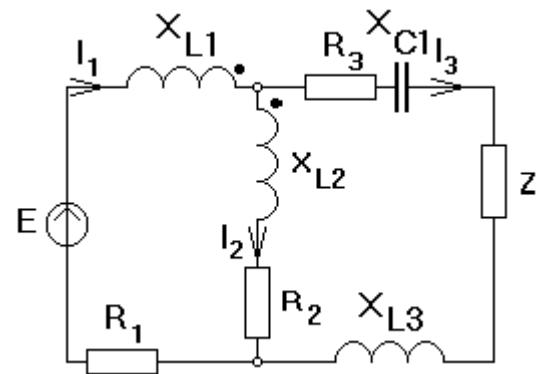
При наявності магнітного зв'язку між індуктивними елементами

- 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 сімисну векторну діаграму струмів та топографічну діаграму напруг



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

$$Z = 3.345 - 8.756i$$



$$Z_{11} := R_1 + R_2 + i \cdot (X_{L1} + X_{L2} - 2 \cdot X_M) \rightarrow 20 + 46 \cdot i$$

$$Z_{12} := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M) \rightarrow 11 + 18 \cdot i$$

$$Z_{22} := R_2 + R_3 + i \cdot (X_{L2} + X_{L3} - X_{C1}) + Z \text{ float, 7} \rightarrow 27.34490 + 64.24381 \cdot i$$

Given

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

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

$$\begin{pmatrix} I_{K1} \\ I_{K2} \end{pmatrix} := \text{Find}(I_{K1}, I_{K2}) \rightarrow \begin{pmatrix} -1.2831167514418487197 - 2.9053986704352788095 \cdot i \\ -0.51135618890941613077 - 0.81199847350404304801 \cdot i \end{pmatrix}$$

$$I_{K1} = -1.283 - 2.905i$$

$$I_{K2} = -0.511 - 0.812i$$

$$I_1 := I_{K1}$$

$$I_1 = -1.283 - 2.905i$$

$$F(I_1) = (3.176 \quad -113.828)$$

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

$$I_2 = -0.772 - 2.093i$$

$$F(I_2) = (2.231 \quad -110.237)$$

$$I_3 := I_{K2}$$

$$I_3 = -0.511 - 0.812i$$

$$F(I_3) = (0.96 \quad -122.201)$$

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

$$I_4 = -0.394 - 0.224i$$

$$F(I_4) = (0.453 \quad -150.379)$$

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

$$I_5 = -0.117 - 0.588i$$

$$F(I_5) = (0.6 \quad -101.294)$$

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:

$$-I_1 \cdot [R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_M)] + U - I_2 \cdot [R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M)] = 1.066 \times 10^{-14} + 7.105i \times 10^{-15}$$

$$I_2 \cdot [R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M)] - I_4 \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3}) - I_3 \cdot (R_3 + i \cdot X_{L3} - i \cdot X_{C1} + i \cdot X_M) = 1.375 \times 10^{-6} - 5.474i \times 10^{-6}$$

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

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

$$S_{M1} = -14.202 - 226.317i$$

$$F(S_{M1}) = (226.763 \quad -93.591)$$

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

$$S_{M2} = 14.202 - 226.317i$$

$$F(S_{M2}) = (226.763 \quad -86.409)$$

Перевірка за балансом потужностей

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

$$S_1 = 160.598 + 414.642i$$

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

$$P = 160.598$$

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

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

$$Q = 414.642i$$

Будуємо сумісну векторну діаграму струмів та топографічну діаграму напруг

Знаходимо потенціали точок:

$$\phi_a := 0$$

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

$$\phi_b = -11.548 - 26.149i$$

$$F(\phi_b) = (28.585 \quad -113.828)$$

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

$$\phi_c = -20.037 - 49.176i$$

$$F(\phi_c) = (53.102 \quad -112.169)$$

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

$$\phi_{d'} = 84.633 - 87.764i$$

$$F(\phi_{d'}) = (121.923 \quad -46.041)$$

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

$$\phi_d = -8.34 - 46.704i$$

$$F(\phi_d) = (47.443 \quad -100.125)$$

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

$$\phi_{1''} = -75.329 - 22.008i$$

$$F(\phi_{1''}) = (78.478 \quad -163.714)$$

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

$$\phi_1 = 98.995 - 98.995i$$

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

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

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

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

$$\phi_e = 23.368 - 48.137i$$

$$F(\phi_e) = (53.509 \quad -64.106)$$

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

$$\phi_k = 21.657 - 50.853i$$

$$F(\phi_k) = (55.273 \quad -66.932)$$

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

$$\phi_m = 14.547 - 46.375i$$

$$F(\phi_m) = (48.604 \quad -72.584)$$

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

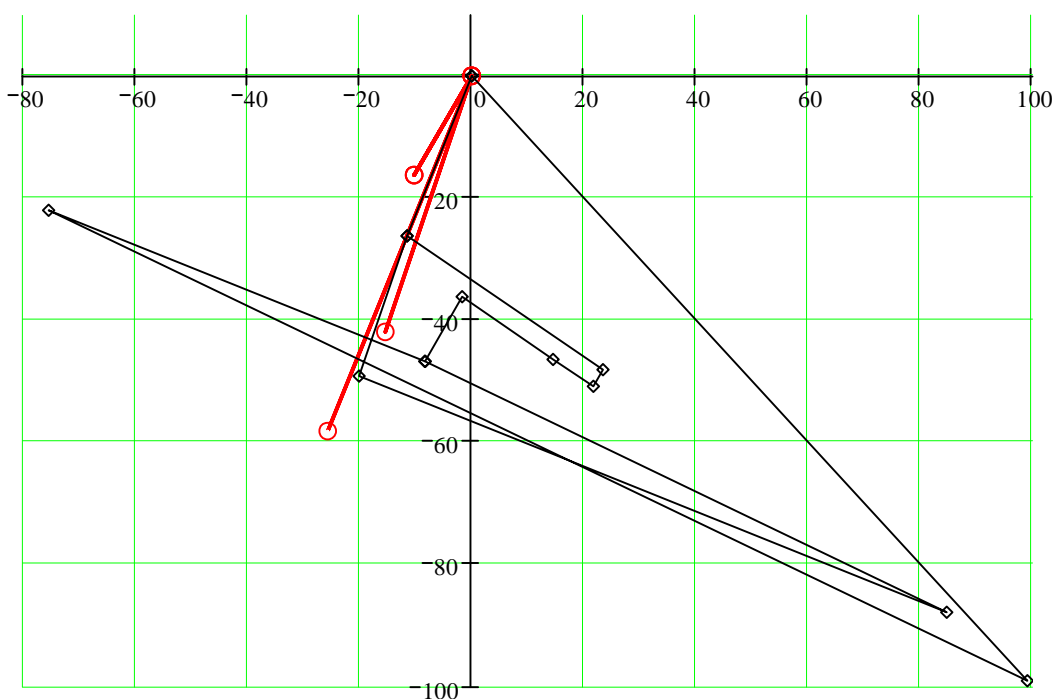
$$\phi_z = -1.693 - 36.148i$$

$$F(\phi_z) = (36.188 \quad -92.681)$$

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

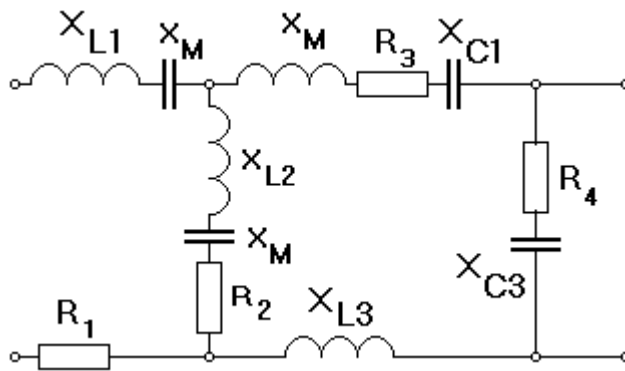
$$\phi_d = -8.34 - 46.704i$$

$$F(\phi_d) = (47.443 \quad -100.125)$$



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

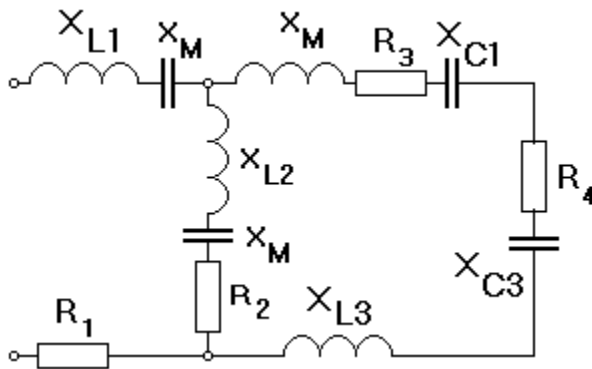
1) Розрахувати коефіцієнти чотириполюсника **A,B,C,D**



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

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

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



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_M) \rightarrow 9 + 28 \cdot i$$

$$Z_2 := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M) \rightarrow 11 + 18 \cdot i$$

$$Z_3 := R_3 + R_4 + i \cdot (X_{L3} - X_{C3} - X_{C1} + X_M) \rightarrow 28 + 42 \cdot i$$

$$Z_{10} := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_{10} = 16.906 + 40.606i \quad Z_{20} := \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} + Z_3 \quad Z_{20} = 33.374 + 53.141i$$

$$I_{10} := \frac{U_{10}}{Z_{10}} \quad I_{10} = -1.213 - 2.943i \quad F(I_{10}) = (3.183 \quad -112.396)$$

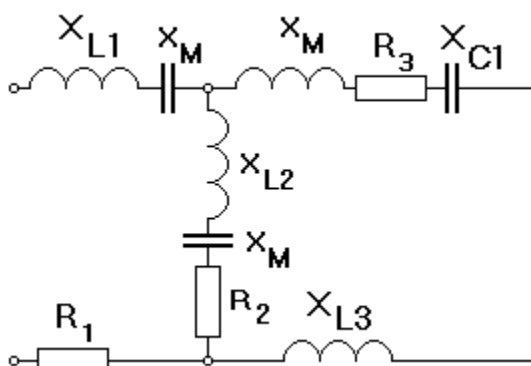
$$I_{30} := I_{10} \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3} \quad I_{30} = -0.333 - 0.877i \quad F(I_{30}) = (0.938 \quad -110.801)$$

$$U_{20} := I_{30} \cdot (R_4 - i \cdot X_{C3}) \quad U_{20} = -16.401 - 8.825i \quad F(U_{20}) = (18.624 \quad -151.716)$$

$$A := \frac{U_{10}}{U_{20}} \quad A = -2.162 + 7.199i \quad F(A) = (7.517 \quad 106.716)$$

$$C := \frac{I_{10}}{U_{20}} \quad C = 0.132 + 0.108i \quad F(C) = (0.171 \quad 39.32)$$

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



$$Z_1 := R_1 + i \cdot (X_{L1} - X_M) \rightarrow 9 + 28 \cdot i$$

$$Z_2 := R_2 + i \cdot (X_{L2} - X_M) \rightarrow 11 + 18 \cdot i$$

$$Z_3 := R_3 + i \cdot (X_{L3} + X_M - X_{C1}) \rightarrow 13 + 55 \cdot i$$

$$Z_K := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_K = 15.93 + 41.881i$$

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

$$I_{1K} = -1.28 - 2.85i$$

$$F(I_{1K}) = (3.124 \quad -114.176)$$

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

$$I_{3K} = -0.521 - 0.681i$$

$$F(I_{3K}) = (0.858 \quad -127.406)$$

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

$$B = 21.571 + 161.793i$$

$$F(B) = (163.225 \quad 82.406)$$

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

$$D = 3.546 + 0.834i$$

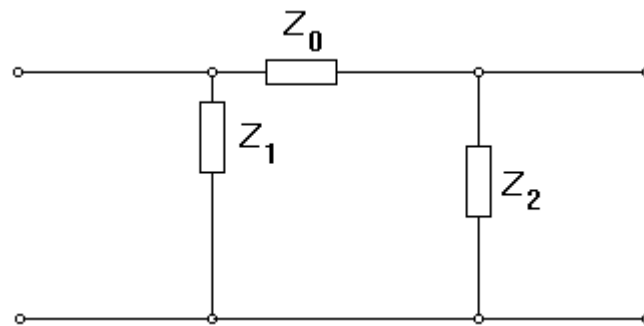
$$F(D) = (3.643 \quad 13.23)$$

Перевірка $A \cdot D - B \cdot C = 1$

$$F(A) = (7.517 \quad 106.716) \quad F(B) = (163.225 \quad 82.406)$$

$$F(C) = (0.171 \quad 39.32) \quad F(D) = (3.643 \quad 13.23)$$

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



$$Z_0 := B$$

$$Z_0 = 21.571 + 161.793i$$

$$F(Z_0) = (163.225 \quad 82.406)$$

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

$$Y_1 = 7.124 \times 10^{-3} - 0.015i$$

$$F(Y_1) = (0.016 \quad -64.275)$$

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

$$Y_2 = 0.041 + 0.025i$$

$$F(Y_2) = (0.048 \quad 31.306)$$

$$R_0 := \operatorname{Re}(Z_0) \quad R_0 = 21.571 \quad X_{L0} := \operatorname{Im}(Z_0) \quad X_{L0} = 161.793$$

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

$$Z_1 = 26.445 + 54.887i \quad R_1 := \operatorname{Re}(Z_1) \quad R_1 = 26.445 \quad X_{L1} := \operatorname{Im}(Z_1) \quad X_{L1} = 54.887$$

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

$$Z_2 = 17.736 - 10.786i \quad R_2 := \operatorname{Re}(Z_2) \quad R_2 = 17.736 \quad X_{C2} := -\operatorname{Im}(Z_2) \quad X_{C2} = 10.786$$

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

$$L_1 = 0.087$$

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

$$C_2 = 1.476 \times 10^{-4}$$

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

$$L_0 = 0.258$$