

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

Розрахунково-графічна робота
“Розрахунок однофазного кола синусоїдного струму”
Варіант № 609

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

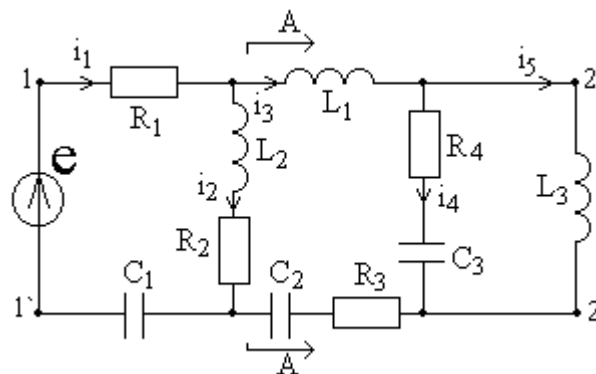
$$E := 200 \quad \psi := 35 \quad R_1 := 14 \quad R_2 := 12 \quad R_3 := 10 \quad R_4 := 8 \quad X_{L1} := 37 \quad X_{L2} := 27 \quad X_{L3} := 20$$

$$X_{C1} := 13 \quad X_{C2} := 10 \quad X_{C3} := 6 \quad X_M := 15 \quad f := 50$$

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

$$U = 163.83 + 114.715i$$

$$F(U) = (200 \ 35)$$



Символічний метод

$$Z_1 := R_1 - X_{C1} \cdot i$$

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

$$Z_3 := R_3 - X_{C2} \cdot i + X_{L1} \cdot i$$

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

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

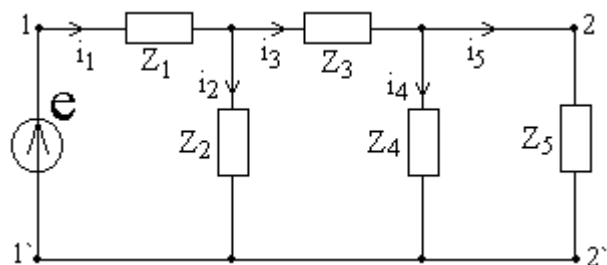
$$Z_1 = 14 - 13i$$

$$Z_2 = 12 + 27i$$

$$Z_3 = 10 + 27i$$

$$Z_4 = 8 - 6i$$

$$Z_5 = 20i$$



$$Z_{345} := \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3$$

$$Z_{345} = 22.308 + 25.462i$$

$$Z_E := \frac{Z_2 \cdot Z_{345}}{Z_2 + Z_{345}} + Z_1$$

$$Z_E = 22.456 + 0.531i$$

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

$$I_1 = 7.412 + 4.933i$$

$$F(I_1) = (8.904 \quad 33.644)$$

$$I_2 := I_1 \cdot \frac{Z_{345}}{Z_{345} + Z_2}$$

$$I_2 = 4.336 + 2.078i$$

$$F(I_2) = (4.808 \quad 25.605)$$

$$I_3 := I_1 - I_2$$

$$I_3 = 3.076 + 2.855i$$

$$F(I_3) = (4.197 \quad 42.865)$$

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

$$I_4 = 1.556 + 4.968i$$

$$F(I_4) = (5.206 \quad 72.61)$$

$$I_5 := I_3 - I_4$$

$$I_5 = 1.52 - 2.113i$$

$$F(I_5) = (2.603 \quad -54.26)$$

Перевірка за першим законом Кіргофа:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

$$I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

$$I_2 + I_4 + I_5 - I_1 = 0$$

Баланс потужностей електричного кола :

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

$$S_r = 1.78 \times 10^3 + 42.125i$$

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

$$P = 1.78 \times 10^3$$

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

$$Q = 42.125i$$

Будуємо сумісну векторну діаграму струмів та топографічну діаграму напруг

Визначимо потенціали всіх точок позначених на схемі:

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

$$\phi_a := \phi_{1'} + I_1 \cdot (-X_{C1} \cdot i)$$

$$\phi_a = 64.13 - 96.36i$$

$$F(\phi_a) = (115.749 \quad -56.356)$$

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

$$\phi_b = 116.164 - 71.424i$$

$$F(\phi_b) = (136.365 \quad -31.586)$$

$$\phi_c := \phi_b + I_2 \cdot X_{L2} \cdot i$$

$$\phi_c = 60.058 + 45.653i$$

$$F(\phi_c) = (75.439 \quad 37.24)$$

$$\phi_1 := \phi_c + I_1 \cdot R_1$$

$$\phi_1 = 163.83 + 114.715i$$

$$F(\phi_1) = (200 \quad 35)$$

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

$$\phi_A = -2.842 \times 10^{-14}$$

$$\phi_d := \phi_1 + I_3 \cdot (-X_{C2} \cdot i)$$

$$\phi_d = 192.381 + 83.954i$$

$$F(\phi_d) = (209.901 \quad 23.576)$$

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

$$\phi_e = 223.142 + 112.504i$$

$$F(\phi_e) = (249.899 \quad 26.756)$$

$$\phi_k := \phi_e + I_4 \cdot (-X_{C3} \cdot i)$$

$$\phi_k = 252.948 + 103.169i$$

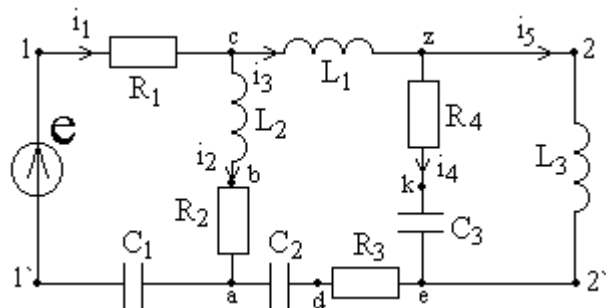
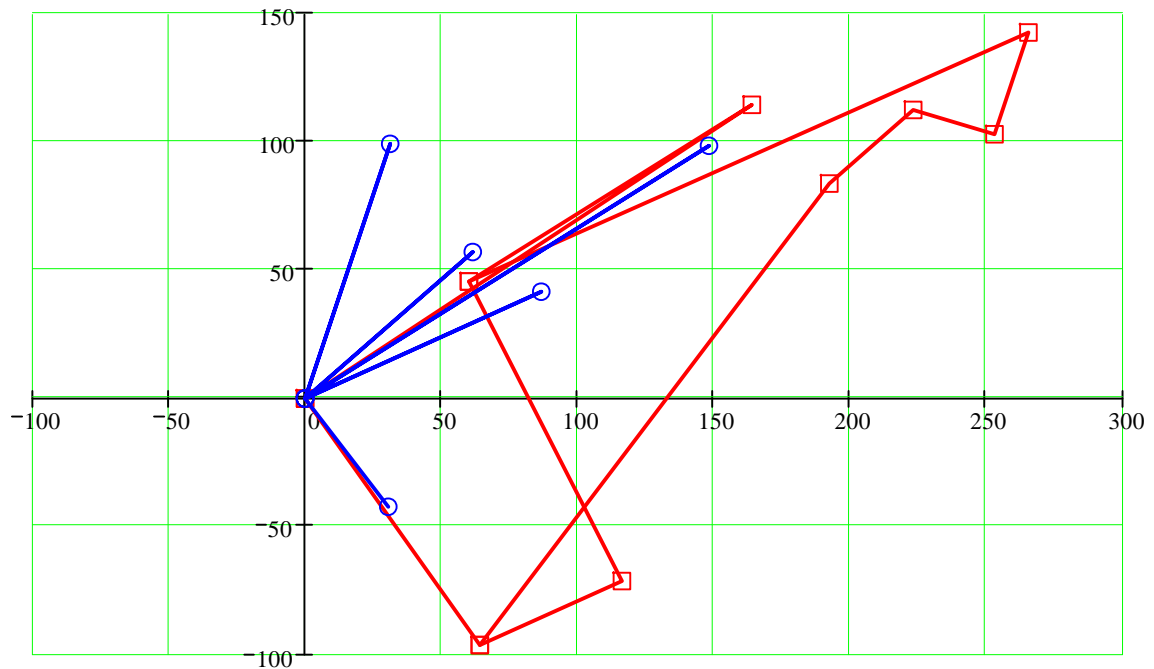
$$F(\phi_k) = (273.179 \quad 22.189)$$

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

$$\phi_z = 265.395 + 142.911i$$

$$F(\phi_z) = (301.427 \quad 28.302)$$

Суміщена векторна діаграма струмів і топографічна діаграма напруг:



Прийнявши активний опір R2 за нульовий і вважаючи реактивний опір цієї вітки невідомий, розрахувати його за умови резонансу струмів.

$$Z_3 := R_3 + X_{L1} \cdot i - X_{C2} \cdot i$$

$$Z_3 = 10 + 27i$$

$$Z_4 := R_3 - X_{C3} \cdot i$$

$$Z_4 = 10 - 6i$$

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

$$Z_5 = 20i$$

$$Z_E := \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3$$

$$Z_E = 23.514 + 28.081i$$

$$R_E := \text{Re}(Z_E)$$

$$R_E = 23.514$$

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

$$X_E = 28.081$$

Умова резонансу струмів на ділянці "ab" :

$$B_{ab} = B_2 + B_E \quad B_{ab} := 0 \quad B_2 = -B_E$$

$$B_2 := \frac{-X_E}{X_E^2 + R_E^2}$$

$$B_2 = -0.021$$

$$X_2 := \frac{1}{B_2}$$

$$X_2 = -47.77$$

Розрахувати струми для резонансного стану кола

$$\begin{aligned} Z_1 &:= R_1 - X_{C1} \cdot i & Z_1 &= 14 - 13i \\ Z_3 &:= R_3 + X_{L1} \cdot i - X_{C2} \cdot i & Z_3 &= 10 + 27i \\ Z_4 &:= R_4 - X_{C3} \cdot i & Z_4 &= 8 - 6i \\ Z_5 &:= X_{L3} \cdot i & Z_5 &= 20i \end{aligned}$$

$$Z_{345} := \frac{Z_4 \cdot Z_5}{Z_4 + Z_5} + Z_3 \quad Z_{345} = 22.308 + 25.462i$$

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

$$Z_{VX}(X_N) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{simplify} \end{array} \right. \rightarrow \frac{(9268 \cdot X_N + 472 \cdot X_N^2 + 208558 + 6291 \cdot i \cdot X_N + 162 \cdot i \cdot X_N^2 - 193661 \cdot i)}{(14897 + 662 \cdot X_N + 13 \cdot X_N^2)}$$

$$X_N := \text{Im}(Z_{VX}(X_N)) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{solve, } X_N \rightarrow \\ \text{float, 20} \end{array} \right. \left(\begin{array}{c} 20.237402683771791406 \\ -59.070736017105124740 \end{array} \right) \quad X_N := \begin{pmatrix} X_{N0} \\ X_{N1} \end{pmatrix}$$

Отже резонанс кола буде при таких активних опорах у другій вітці: $X_N = \begin{pmatrix} 20.237 \\ -59.071 \end{pmatrix}$

$$X_n := X_{N0} \quad X_n = 20.237 \quad Z_{VX}(X_n) = 17.533$$

$$I_1 := \frac{U}{Z_{VX}(X_n)} \quad I_1 = 9.344 + 6.543i \quad F(I_1) = (11.407 \quad 35)$$

$$I_2 := I_1 \cdot \frac{Z_{345}}{Z_{345} + i \cdot X_n} \quad I_2 = 7.145 + 2.572i \quad F(I_2) = (7.593 \quad 19.796)$$

$$I_3 := I_1 - I_2 \quad I_3 = 2.2 + 3.971i \quad F(I_3) = (4.54 \quad 61.019)$$

$$I_4 := I_3 \cdot \frac{Z_5}{Z_4 + Z_5} \quad I_4 = -0.075 + 5.63i \quad F(I_4) = (5.631 \quad 90.764)$$

$$I_5 := I_3 - I_4 \quad I_5 = 2.275 - 1.659i \quad F(I_5) = (2.815 \quad -36.106)$$

$$S_1 := U \cdot \overline{I_1} \quad S_1 = 2.281 \times 10^3$$

$$P := (|I_1|)^2 \cdot R_1 + (|I_3|)^2 \cdot R_3 + (|I_4|)^2 \cdot R_4 \quad P = 2.281 \times 10^3$$

$$Q := (|I_1|)^2 \cdot (-X_{C1}) + (|I_2|)^2 \cdot X_n + (|I_3|)^2 \cdot (X_{L1} - X_{C2}) + (|I_4|)^2 \cdot (-X_{C3}) + (|I_5|)^2 \cdot X_{L3} \quad Q = 1.99 \times 10^{-13}$$

При $X_n := X_{N1} \quad X_n = -59.071 \quad Z_{VX}(X_n) = 61.836$

$$I_1 := \frac{U}{Z_{VX}(X_n)} \quad I_1 = 2.649 + 1.855i \quad F(I_1) = (3.234 \quad 35)$$

$$I_2 := I_1 \cdot \frac{Z_{345}}{Z_{345} + i \cdot X_n} \quad I_2 = -2.085 + 1.737i \quad F(I_2) = (2.714 \quad 140.204)$$

$$I_3 := I_1 - I_2 \quad I_3 = 4.735 + 0.118i \quad F(I_3) = (4.736 \quad 1.426)$$

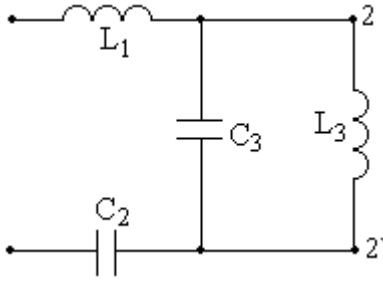
$$I_4 := I_3 \cdot \frac{Z_5}{Z_4 + Z_5} \quad I_4 = 5.026 + 3.041i \quad F(I_4) = (5.875 \quad 31.171)$$

$$I_5 := I_3 - I_4 \quad I_5 = -0.292 - 2.923i \quad F(I_5) = (2.937 \quad -95.699)$$

$$S_1 := U \cdot \overline{I_1} \quad S_1 = 646.872 \quad P := (|I_1|)^2 \cdot R_1 + (|I_3|)^2 \cdot R_3 + (|I_4|)^2 \cdot R_4 \quad P = 646.872$$

$$Q := (|I_1|)^2 \cdot (-X_{C1}) + (|I_2|)^2 \cdot X_n + (|I_3|)^2 \cdot (X_{L1} - X_{C2}) + (|I_4|)^2 \cdot (-X_{C3}) + (|I_5|)^2 \cdot X_{L3} \quad Q = 1.137 \times 10^{-13}$$

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



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

$$L_1 = 0.118$$

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

$$C_2 = 3.183 \times 10^{-4}$$

$$C_3 := \frac{1}{\omega \cdot X_{C3}}$$

$$C_3 = 5.305 \times 10^{-4}$$

$$L_3 := \frac{X_{L3}}{\omega}$$

$$L_3 = 0.064$$

$$Z(p) := \frac{p \cdot L_3 \cdot \frac{1}{p \cdot C_3}}{p \cdot L_3 - \frac{1}{p \cdot C_3}} + p \cdot L_1 - \frac{1}{p \cdot C_2}$$

Знаходимо нулі: $Z(p) = 0$

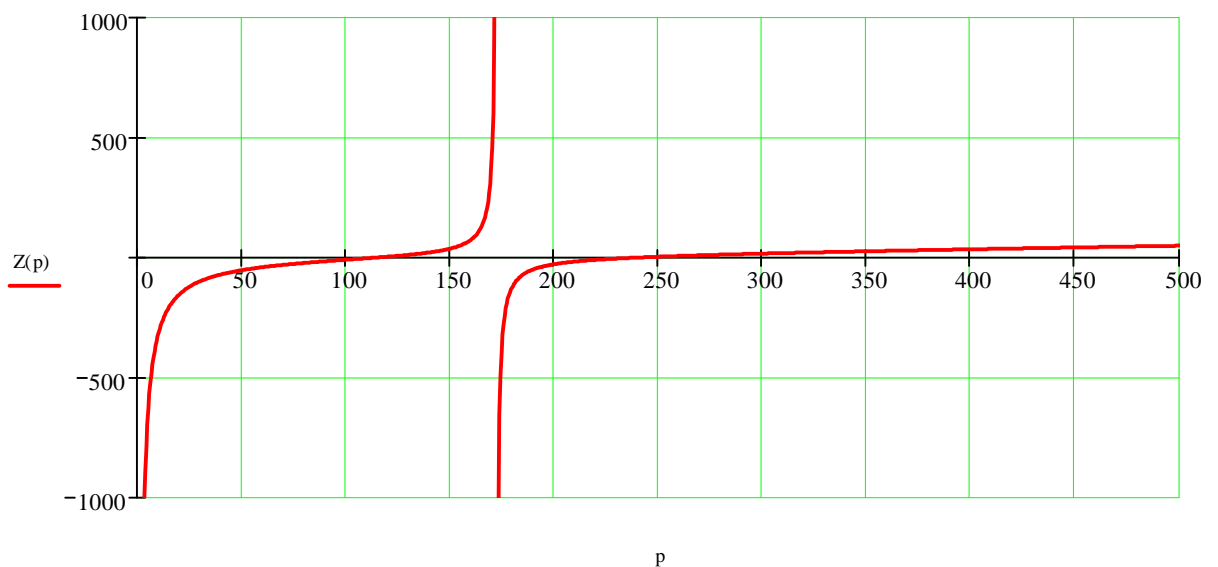
$$w_1 := Z(p) \left| \begin{array}{l} \text{solve, } p \\ \text{float, } 3 \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} 242. \\ -242. \\ 116. \\ -116. \end{pmatrix}$$

$$w_1 := \begin{pmatrix} w_{10} \\ w_{12} \end{pmatrix} \quad w_1 = \begin{pmatrix} 242 \\ 116 \end{pmatrix}$$

Знаходимо полюси: $\frac{1}{Z(p)} = 0$

$$w := \frac{1}{Z(p)} \left| \begin{array}{l} \text{solve, } p \\ \text{float, } 10 \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} 172.0721163 \\ -172.0721163 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$w := \begin{pmatrix} w_0 \\ w_2 \end{pmatrix} \quad w = \begin{pmatrix} 172.072 \\ 0 \end{pmatrix}$$



2. ПРИ НАЯВНОСТІ МАГНІТНОГО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ІНДУКТИВНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ L1 ТА L2 (ОДНОЙМЕННІ ПОЧАТКИ ПОЗНАЧЕНІ НА СХЕМІ ТОЧКАМИ):

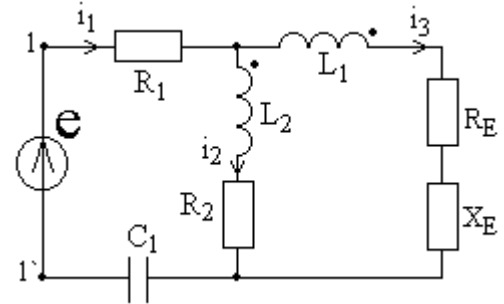
2.1. Перетворивши схему до двох незалежних контурів, розрахувати струми у всіх вітках схеми методом контурних струмів, визначити покази вольметра;

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

$$\begin{aligned} Z_3 &:= R_3 - X_{C2} \cdot i & Z_3 &= 10 - 10i \\ Z_4 &:= R_4 - X_{C3} \cdot i & Z_4 &= 8 - 6i \\ Z_5 &:= X_{L3} \cdot i & Z_5 &= 20i \\ Z_{345} &:= \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 & Z_{345} &= 22.308 - 11.538i \end{aligned}$$



$$R_E := \operatorname{Re}(Z_{345}) \quad R_E = 22.308 \quad X_E := \operatorname{Im}(Z_{345}) \quad X_E = -11.538$$

Знайдемо контурні та міжконтурні опори схеми:

$$\begin{aligned} Z_{11} &:= R_1 + R_2 + X_{L2} \cdot i - X_{C1} \cdot i & Z_{11} &= 26 + 14i \\ Z_{22} &:= R_E + X_E \cdot i + X_{L1} \cdot i + X_{L2} \cdot i + R_2 + 2 \cdot X_M \cdot i & Z_{22} &= 34.308 + 82.462i \\ Z_{12} &:= R_2 + X_{L2} \cdot i + X_M \cdot i & Z_{21} &:= Z_{12} & Z_{12} &= 12 + 42i \\ U &= 163.83 + 114.715i & F(U) &= (200 \quad 35) \end{aligned}$$

Given

$$\begin{aligned} I_1 \cdot (Z_{11}) - I_3 \cdot (Z_{12}) &= U \\ -I_1 \cdot (Z_{21}) + I_3 \cdot (Z_{22}) &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_3 \end{pmatrix} &:= \operatorname{Find}(I_1, I_3) & I_2 &:= I_1 - I_3 & I_1 &= 5.159 + 6.708i & F(I_1) &= (8.463 \quad 52.437) \\ & & & & I_2 &= 3.032 + 3.158i & F(I_2) &= (4.378 \quad 46.158) \\ & & & & I_3 &= 2.127 + 3.551i & F(I_3) &= (4.139 \quad 59.082) \\ I_4 &:= I_3 \cdot \frac{Z_5}{Z_4 + Z_5} & I_4 &= 0.105 + 5.133i & F(I_4) &= (5.134 \quad 88.826) \\ I_5 &:= I_3 - I_4 & I_5 &= 2.021 - 1.582i & F(I_5) &= (2.567 \quad -38.043) \end{aligned}$$

Баланс потужностей електричного кола :

$$\begin{aligned} S_r &:= U \cdot \overline{I_1} & S_r &= 1.615 \times 10^3 - 507.191i \\ P_r &:= \operatorname{Re}(S_r) & P_r &= 1.615 \times 10^3 & Q_r &:= \operatorname{Im}(S_r) & Q_r &= -507.191 \\ S_{M1} &:= \overline{I_2} \cdot I_3 \cdot X_M \cdot i & S_{M1} &= -60.788 + 264.905i & F(S_{M1}) &= (271.79 \quad 102.924) \\ S_{M2} &:= \overline{I_3} \cdot I_2 \cdot X_M \cdot i & S_{M2} &= 60.788 + 264.905i & F(S_{M2}) &= (271.79 \quad 77.076) \\ S_{KC} &:= (|I_1|)^2 \cdot (R_1 - X_{C1} \cdot i) + (|I_2|)^2 \cdot (R_2 + X_{L2} \cdot i) + (|I_3|)^2 \cdot (X_{L1} \cdot i + R_E + X_E \cdot i) - (S_{M1} + S_{M2}) \\ S_{KC} &= 1.615 \times 10^3 - 507.191i \end{aligned}$$

Визначимо потенціали всіх точок позначених на схемі:

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

$$\phi_a := \phi_{1'} + I_1 \cdot (-X_{C1} \cdot i)$$

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

$$\phi_{c'} := \phi_b + I_2 \cdot X_{L2} \cdot i$$

$$\phi_c := \phi_{c'} - I_3 \cdot X_M \cdot i$$

$$\phi_1 := \phi_c + I_1 \cdot R_1$$

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

$$\phi_k := \phi_a + I_3 \cdot (X_E \cdot i)$$

$$\phi_m := \phi_k + I_3 \cdot R_E$$

$$\phi_{m'} := \phi_m - I_2 \cdot X_M \cdot i$$

$$\phi_c := \phi_{m'} + I_3 \cdot X_{L1} \cdot i$$

$$\phi_a = 87.207 - 67.068i$$

$$\phi_b = 123.597 - 29.177i$$

$$\phi_{c'} = 38.343 + 52.699i$$

$$\phi_c = 91.604 + 20.8i$$

$$\phi_1 = 163.83 + 114.715i$$

$$\phi_A = -2.842 \times 10^{-14} - 2.842i \times 10^{-14}$$

$$\phi_k = 128.177 - 91.606i$$

$$\phi_m = 175.616 - 12.398i$$

$$\phi_{m'} = 222.979 - 57.884i$$

$$\phi_c = 91.604 + 20.8i$$

$$F(\phi_a) = (110.014 \quad -37.563)$$

$$F(\phi_b) = (126.994 \quad -13.283)$$

$$F(\phi_{c'}) = (65.172 \quad 53.961)$$

$$F(\phi_c) = (93.935 \quad 12.793)$$

$$F(\phi_1) = (200 \quad 35)$$

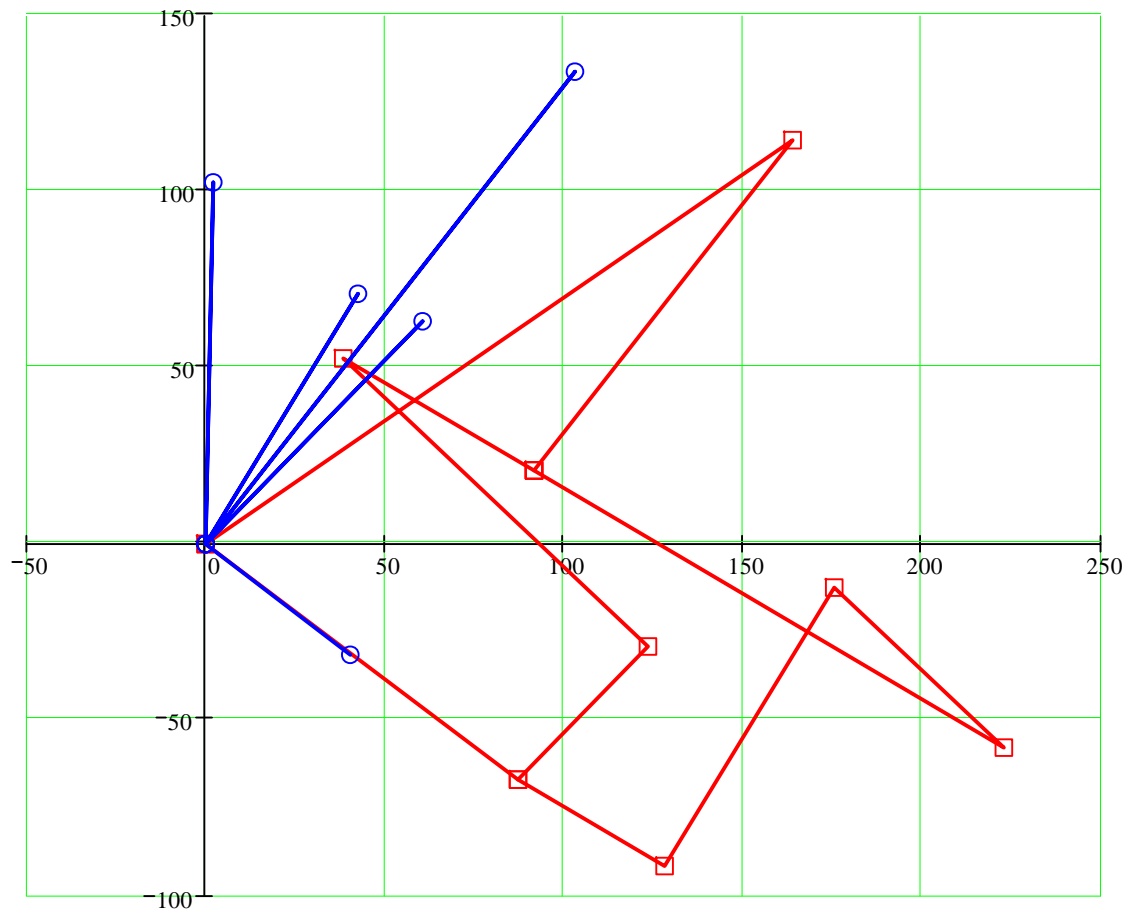
$$F(\phi_k) = (157.546 \quad -35.553)$$

$$F(\phi_m) = (176.053 \quad -4.038)$$

$$F(\phi_{m'}) = (230.37 \quad -14.553)$$

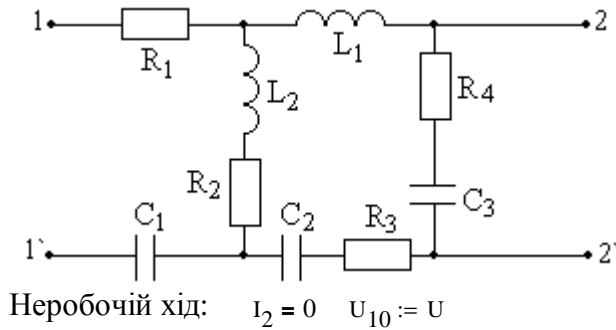
$$F(\phi_c) = (93.935 \quad 12.793)$$

Суміщена векторна діаграма струмів і топографічна діаграма напруг:



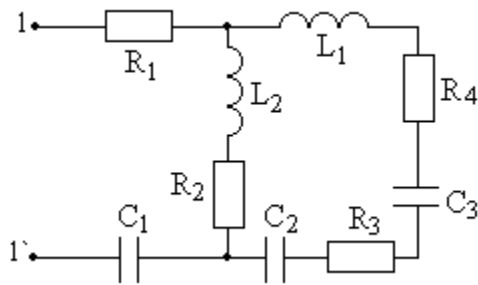
ВІДКИНУВШИ ВІТКУ МІЖ ЗАТИСКАЧАМИ 2-2", ВИКОНАТИ ЕКВІВАЛЕНТУВАННЯ
ВЗАЄМОІНДУКТИВНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ВІТОК. ОДЕРЖАНУ СХЕМУ РОЗГЛЯДАТИ ЯК
ЧОТИРИПОЛЮСНИК З ЗАТИСКАЧАМИ 1-1" ТА 2-2" :

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



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

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



$$Z_1 := R_1 + j \cdot (X_M - X_{C1})$$

$$Z_1 = 14 + 2i$$

$$Z_2 := R_2 + j \cdot (X_{L2} - X_M)$$

$$Z_2 = 12 + 12i$$

$$Z_3 := R_3 + R_4 - j \cdot (X_M + X_{C3} + X_{C2} - X_{L1})$$

$$Z_3 = 18 + 6i$$

$$Z_{10} := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1$$

$$Z_{10} = 21.765 + 6.941i$$

$$Z_{20} := \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} + Z_3$$

$$Z_{20} = 25.376 + 9.413i$$

$$I_{10} := \frac{U_{10}}{Z_{10}}$$

$$I_{10} = 8.358 + 2.605i$$

$$F(I_{10}) = (8.755 \quad 17.312)$$

$$I_{30} := I_{10} \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3}$$

$$I_{30} = 3.627 + 2.209i$$

$$F(I_{30}) = (4.247 \quad 31.348)$$

$$U_{20} := I_{30} \cdot (R_4 - X_{C3} \cdot i)$$

$$U_{20} = 42.27 - 4.087i$$

$$F(U_{20}) = (42.467 \quad -5.522)$$

$$A := \frac{U}{U_{20}}$$

$$A = 3.58 + 3.06i$$

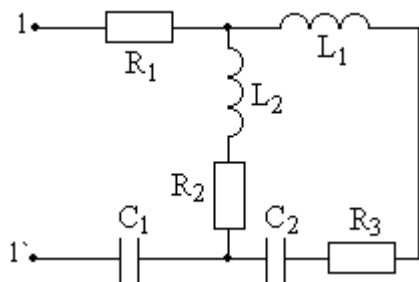
$$F(A) = (4.71 \quad 40.522)$$

$$C := \frac{I_{10}}{U_{20}}$$

$$C = 0.19 + 0.08i$$

$$F(C) = (0.206 \quad 22.834)$$

Коротке замикання: $U_2 = 0$ $U_K := U$



$$Z_1 := R_1 + j \cdot (X_M - X_{C1})$$

$$Z_1 = 14 + 2i$$

$$Z_2 := R_2 + j \cdot (X_{L2} - X_M)$$

$$Z_2 = 12 + 12i$$

$$Z_3 := R_3 - j \cdot (X_M + X_{C2} - X_{L1})$$

$$Z_3 = 10 + 12i$$

$$Z_K := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1$$

$$Z_K = 19.479 + 8.023i$$

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

$$I_{1K} = 9.264 + 2.073i$$

$$F(I_{1K}) = (9.494 \quad 12.615)$$

$$I_{2K} := I_{1K} \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3}$$

$$I_{2K} = 4.871 + 0.87i$$

$$F(I_{2K}) = (4.949 \quad 10.126)$$

$$B := \frac{U}{I_{2K}}$$

$$B = 36.667 + 17i$$

$$F(B) = (40.416 \quad 24.874)$$

$$D := \frac{I_{1K}}{I_{2K}}$$

$$D = 1.917 + 0.083i$$

$$F(D) = (1.918 \quad 2.49)$$

Перевірка

$$A \cdot D - B \cdot C = 1$$

Визначити ЕРС E та струм I_1 на вході чотириполюсника, при яких на його виході $U_2 := 100$, $I_2 := 1$, $\phi_2 := 30$

$$U_2 := U_2 \cdot e^{j \cdot \phi_2 \cdot \frac{\pi}{180}}$$

$$F(U_2) = (100 \ 30)$$

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

$$U_1 = 193.704 + 461.004i$$

$$F(U_1) = (500.046 \ 67.209)$$

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

$$I_1 = 14.371 + 16.512i$$

$$F(I_1) = (21.89 \ 48.965)$$

Перевірка:

$$U_2 := \frac{U_1 - B \cdot I_2}{A}$$

$$F(U_2) = (100 \ 30)$$

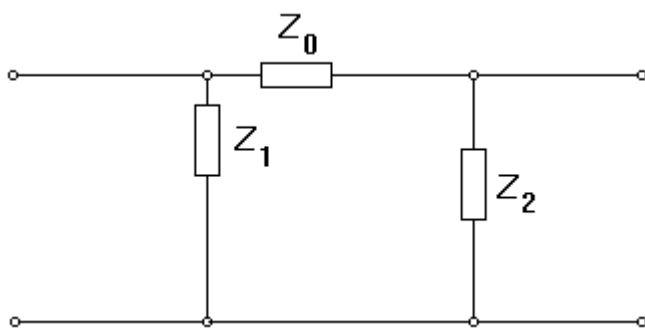
$$U_2 := \frac{I_1 - I_2 \cdot D}{C}$$

$$F(U_2) = (100 \ 30)$$

$$I_2 := \frac{U_1 - A \cdot U_2}{B}$$

$$F(I_2) = (1 \ -8.555 \times 10^{-14})$$

Розрахувати параметри віток схеми П заміщення;



$$Z_0 := B$$

$$Z_0 = 36.667 + 17i$$

$$F(Z_0) = (40.416 \ 24.874)$$

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

$$Y_1 = 0.021 - 7.67i \times 10^{-3}$$

$$F(Y_1) = (0.023 \ -19.68)$$

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

$$Y_2 = 0.09 + 0.042i$$

$$F(Y_2) = (0.099 \ 24.99)$$

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

$$R_0 = 36.667$$

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

$$X_{L0} = 17$$

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

$$Z_1 = 41.344 + 14.787i$$

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

$$R_1 = 41.344$$

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

$$X_{L1} = 14.787$$

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

$$Z_2 = 9.152 - 4.266i$$

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

$$R_2 = 9.152$$

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

$$X_{C2} = 4.266$$

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

$$L_1 = 0.047$$

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

$$C_2 = 7.462 \times 10^{-4}$$

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

$$L_0 = 0.054$$