

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

Розрахунково-графічна робота
“Розрахунок однофазного кола синусоїдного струму”
Варіант № 139

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).

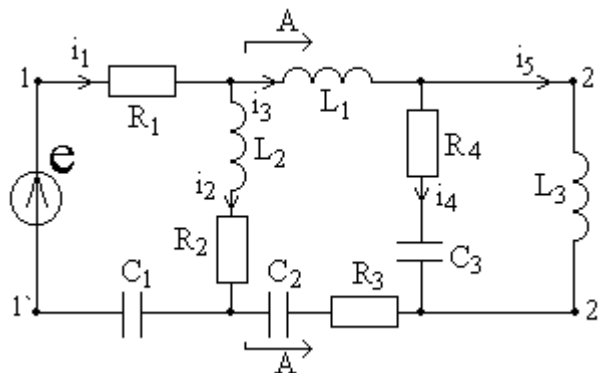
3. ВІДКИНУВШИ ВІТКУ МІЖ ЗАТИСКАЧАМИ 2-2", ВИКОНАТИ ЕКВІВАЛЕНТУВАННЯ ВЗАЄМОІНДУКТИВНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ВІТОК. ОДЕРЖАНУ СХЕМУ РОЗГЛЯДАТИ ЯК ЧОТИРИПОЛЮСНИК З ЗАТИСКАЧАМИ 1-1" ТА 2-2" :

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

$$E := 100 \quad \psi := -20 \quad R_1 := 5 \quad R_2 := 7 \quad R_3 := 9 \quad R_4 := 12$$

$$X_{L1} := 40 \quad X_{L2} := 45 \quad X_{L3} := 50 \quad X_{C1} := 20 \quad X_{C2} := 25 \quad X_{C3} := 30 \quad X_M := 25 \quad f := 50$$

$$U := E \cdot e^{j \cdot \psi \cdot \frac{\pi}{180}} \quad U = 93.969 - 34.202i \quad F(U) = (100 \quad -20)$$



Символічний метод

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

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

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

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

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

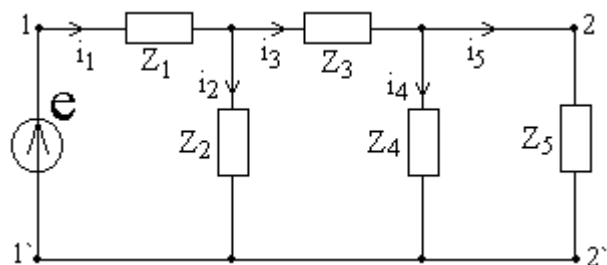
$$Z_1 = 5 - 20i$$

$$Z_2 = 7 + 45i$$

$$Z_3 = 9 + 15i$$

$$Z_4 = 12 - 30i$$

$$Z_5 = 50i$$



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

$$Z_{345} = 64.147 - 26.912i$$

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

$$Z_E = 35.973 + 10.05i$$

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

$$I_1 = 2.177 - 1.559i$$

$$F(I_1) = (2.677 \quad -35.61)$$

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

$$I_2 = 0.757 - 2.421i$$

$$F(I_2) = (2.537 \quad -72.634)$$

$$I_3 := I_1 - I_2$$

$$I_3 = 1.419 + 0.862i$$

$$F(I_3) = (1.661 \quad 31.284)$$

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

$$I_4 = 1.658 + 3.151i$$

$$F(I_4) = (3.561 \quad 62.248)$$

$$I_5 := I_3 - I_4$$

$$I_5 = -0.239 - 2.289i$$

$$F(I_5) = (2.301 \quad -95.951)$$

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 :

$$S_r := U \cdot I_1$$

$$S_r = 257.861 + 72.043i$$

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

$$P = 257.861$$

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

$$Q = 72.043i$$

Будуємо сумісну векторну діаграму струмів та топографічну діаграму напруг

Визначимо потенціали всіх точок позначених на схемі:

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

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

$$\phi_a = -31.178 - 43.534i$$

$$F(\phi_a) = (53.547 \quad -125.61)$$

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

$$\phi_b = -25.878 - 60.484i$$

$$F(\phi_b) = (65.787 \quad -113.163)$$

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

$$\phi_c = 83.086 - 26.407i$$

$$F(\phi_c) = (87.181 \quad -17.632)$$

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

$$\phi_1 = 93.969 - 34.202i$$

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

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

$$\phi_A = -7.105i \times 10^{-15}$$

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

$$\phi_d = 115.532 - 69.688i$$

$$F(\phi_d) = (134.922 \quad -31.098)$$

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

$$\phi_e = 128.306 - 61.926i$$

$$F(\phi_e) = (142.469 \quad -25.764)$$

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

$$\phi_k = 222.837 - 111.665i$$

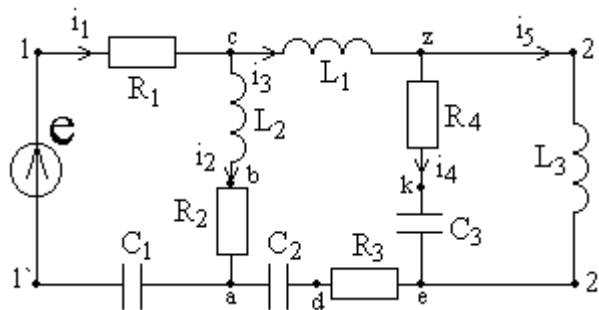
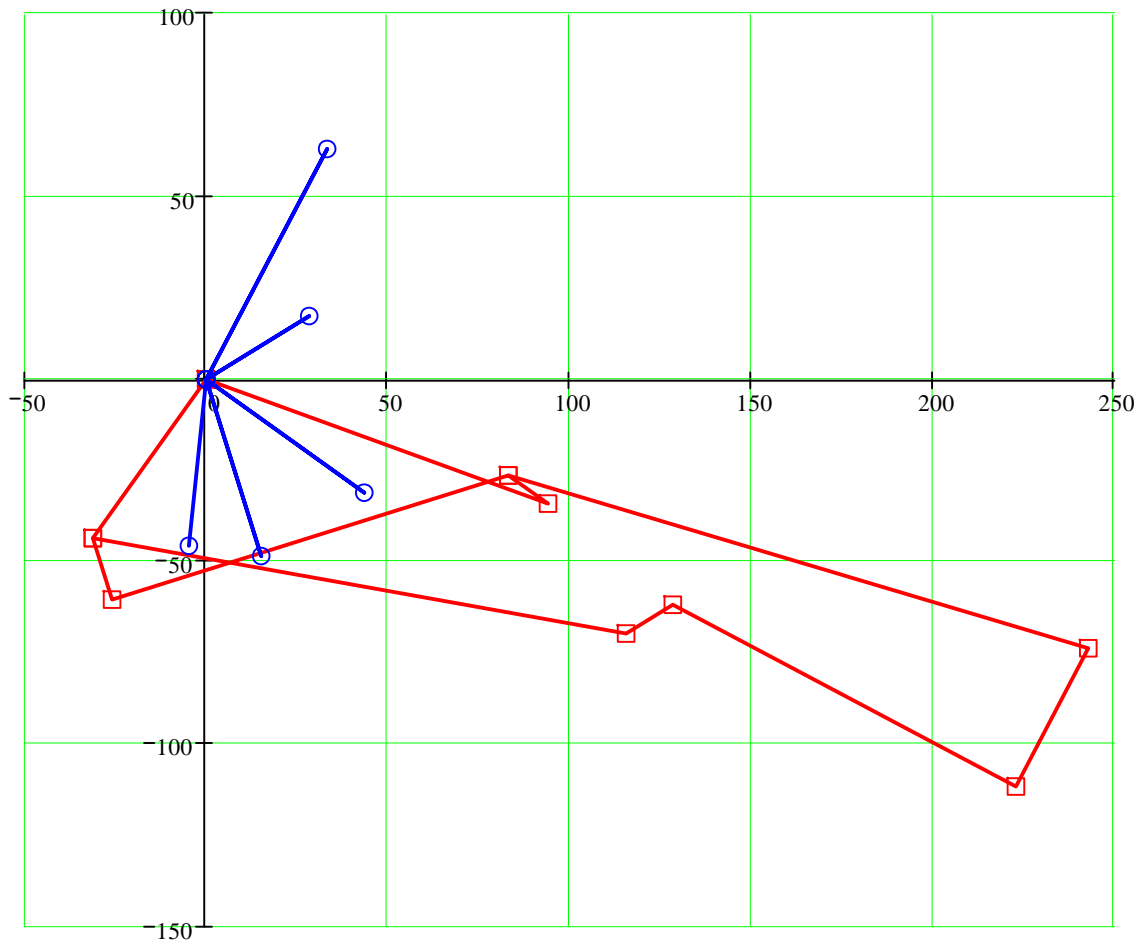
$$F(\phi_k) = (249.25 \quad -26.616)$$

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

$$\phi_z = 242.733 - 73.853i$$

$$F(\phi_z) = (253.72 \quad -16.923)$$

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.

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

$$Z_3 = 9 + 15i$$

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

$$Z_4 = 9 - 30i$$

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

$$Z_5 = 50i$$

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

$$Z_E = 55.778 - 38.95i$$

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

$$R_E = 55.778$$

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

$$X_E = -38.95$$

Умова резонансу струмів на ділянці "ab" :

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

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

$$B_2 = 8.416 \times 10^{-3}$$

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

$$X_2 = 118.825$$

Розрахувати струми для резонансного стану кола

$$\begin{aligned} Z_1 &:= R_1 - X_{C1} \cdot i & Z_1 &= 5 - 20i \\ Z_3 &:= R_3 + X_{L1} \cdot i - X_{C2} \cdot i & Z_3 &= 9 + 15i \\ Z_4 &:= R_4 - X_{C3} \cdot i & Z_4 &= 12 - 30i \\ Z_5 &:= X_{L3} \cdot i & Z_5 &= 50i \end{aligned}$$

$$Z_{345} := \frac{Z_4 \cdot Z_5}{Z_4 + Z_5} + Z_3 \quad Z_{345} = 64.147 - 26.912i$$

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

$$Z_{VX}(X_N) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{simplify} \end{array} \right. \rightarrow \frac{-(9150 \cdot X_N - 2351 \cdot X_N^2 - 822645 - 201129 \cdot i \cdot X_N + 1595 \cdot i \cdot X_N^2 + 3290580 \cdot i)}{(164529 - 1830 \cdot X_N + 34 \cdot X_N^2)}$$

$$X_N := \text{Im}(Z_{VX}(X_N)) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{solve, } X_N \rightarrow \\ \text{float, 20} \end{array} \right. \left(\begin{array}{l} 106.77881733923273429 \\ 19.320869181143441255 \end{array} \right) \quad X_N := \begin{pmatrix} X_{N0} \\ X_{N1} \end{pmatrix}$$

Отже резонанс кола буде при таких активних опорах у другій вітці: $X_N = \begin{pmatrix} 106.779 \\ 19.321 \end{pmatrix}$

$$X_n := X_{N0} \quad X_n = 106.779 \quad Z_{VX}(X_n) = 74.698$$

$$I_1 := \frac{U}{Z_{VX}(X_n)} \quad I_1 = 1.258 - 0.458i \quad F(I_1) = (1.339 \quad -20)$$

$$I_2 := I_1 \cdot \frac{Z_{345}}{Z_{345} + i \cdot X_n} \quad I_2 = -0.063 - 0.907i \quad F(I_2) = (0.909 \quad -93.989)$$

$$I_3 := I_1 - I_2 \quad I_3 = 1.321 + 0.449i \quad F(I_3) = (1.395 \quad 18.77)$$

$$I_4 := I_3 \cdot \frac{Z_5}{Z_4 + Z_5} \quad I_4 = 1.933 + 2.283i \quad F(I_4) = (2.991 \quad 49.734)$$

$$I_5 := I_3 - I_4 \quad I_5 = -0.612 - 1.834i \quad F(I_5) = (1.933 \quad -108.464)$$

$$S_1 := U \cdot \overline{I_1} \quad S_1 = 133.872$$

$$P := (|I_1|)^2 \cdot R_1 + (|I_3|)^2 \cdot R_3 + (|I_4|)^2 \cdot R_4 \quad P = 133.872$$

$$Q := (|I_1|)^2 \cdot (-X_{C1}) + (|I_2|)^2 \cdot X_n + (|I_3|)^2 \cdot (X_{L1} - X_{C2}) + (|I_4|)^2 \cdot (-X_{C3}) + (|I_5|)^2 \cdot X_{L3} \quad Q = -5.684 \times 10^{-14}$$

При $X_n := X_{N1} \quad X_n = 19.321 \quad Z_{VX}(X_n) = 10.739$

$$I_1 := \frac{U}{Z_{VX}(X_n)} \quad I_1 = 8.75 - 3.185i \quad F(I_1) = (9.312 \quad -20)$$

$$I_2 := I_1 \cdot \frac{Z_{345}}{Z_{345} + i \cdot X_n} \quad I_2 = 8.112 - 5.896i \quad F(I_2) = (10.028 \quad -36.011)$$

$$I_3 := I_1 - I_2 \quad I_3 = 0.638 + 2.711i \quad F(I_3) = (2.785 \quad 76.749)$$

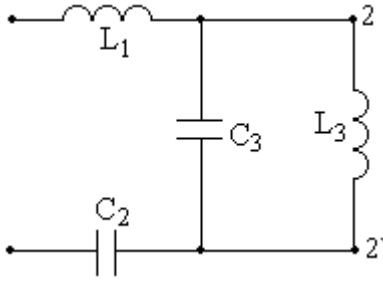
$$I_4 := I_3 \cdot \frac{Z_5}{Z_4 + Z_5} \quad I_4 = -1.817 + 5.688i \quad F(I_4) = (5.971 \quad 107.713)$$

$$I_5 := I_3 - I_4 \quad I_5 = 2.455 - 2.977i \quad F(I_5) = (3.858 \quad -50.486)$$

$$S_1 := U \cdot \overline{I_1} \quad S_1 = 931.184 \quad P := (|I_1|)^2 \cdot R_1 + (|I_3|)^2 \cdot R_3 + (|I_4|)^2 \cdot R_4 \quad P = 931.184$$

$$Q := (|I_1|)^2 \cdot (-X_{C1}) + (|I_2|)^2 \cdot X_n + (|I_3|)^2 \cdot (X_{L1} - X_{C2}) + (|I_4|)^2 \cdot (-X_{C3}) + (|I_5|)^2 \cdot X_{L3} \quad Q = 7.958 \times 10^{-13}$$

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



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

$$L_1 = 0.127$$

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

$$C_2 = 1.273 \times 10^{-4}$$

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

$$C_3 = 1.061 \times 10^{-4}$$

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

$$L_3 = 0.159$$

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

Знаходимо нулі: $Z(p) = 0$

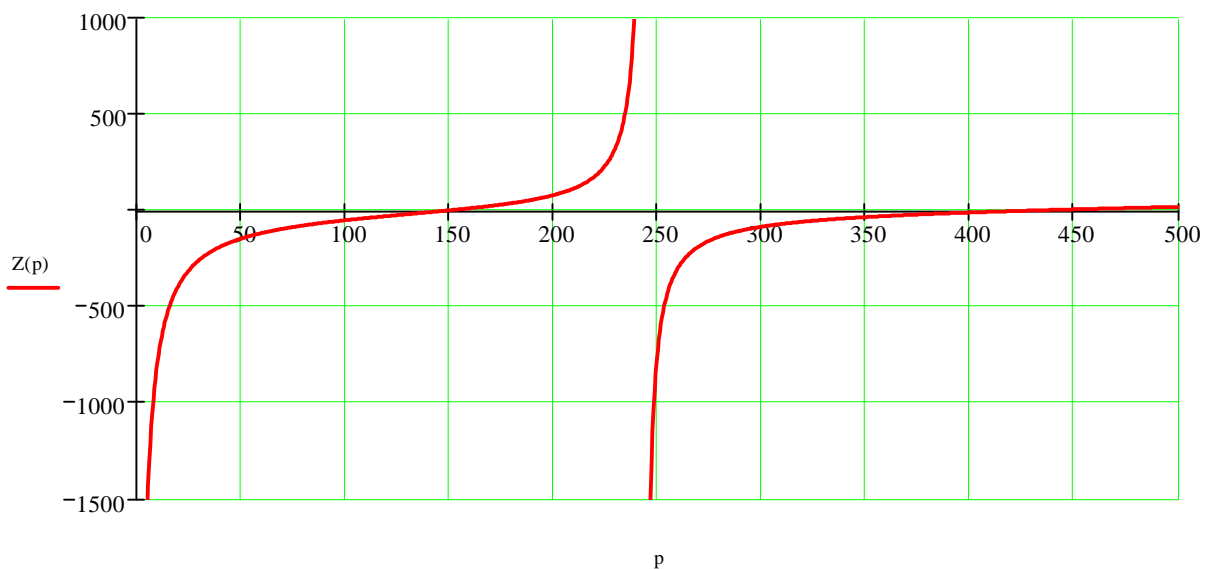
$$w_1 := Z(p) \left| \begin{array}{l} \text{solve, } p \\ \text{float, } 3 \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} 417. \\ -417. \\ 144. \\ -144. \end{pmatrix}$$

$$w_1 := \begin{pmatrix} w_{10} \\ w_{12} \end{pmatrix} \quad w_1 = \begin{pmatrix} 417 \\ 144 \end{pmatrix}$$

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

$$w := \frac{1}{Z(p)} \left| \begin{array}{l} \text{solve, } p \\ \text{float, } 10 \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} 243.3467206 \\ -243.3467206 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$w := \begin{pmatrix} w_0 \\ w_2 \end{pmatrix} \quad w = \begin{pmatrix} 243.347 \\ 0 \end{pmatrix}$$



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

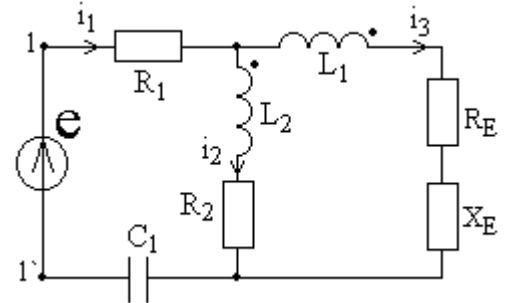
2.1. Перетворивши схему до двох незалежних контурів, розрахувати струми у всіх вітках схеми методом контурних струмів, визначити покази вольметра;

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

$$\begin{aligned} Z_3 &:= R_3 - X_{C2} \cdot i & Z_3 &= 9 - 25i \\ Z_4 &:= R_4 - X_{C3} \cdot i & Z_4 &= 12 - 30i \\ Z_5 &:= X_{L3} \cdot i & Z_5 &= 50i \\ Z_{345} &:= \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 & Z_{345} &= 64.147 - 66.912i \end{aligned}$$



$$R_E := \operatorname{Re}(Z_{345}) \quad R_E = 64.147 \quad X_E := \operatorname{Im}(Z_{345}) \quad X_E = -66.912$$

Знайдемо контурні та міжконтурні опори схеми:

$$\begin{aligned} Z_{11} &:= R_1 + R_2 + X_{L2} \cdot i - X_{C1} \cdot i & Z_{11} &= 12 + 25i \\ Z_{22} &:= R_E + X_E \cdot i + X_{L1} \cdot i + X_{L2} \cdot i + R_2 + 2 \cdot X_M \cdot i & Z_{22} &= 71.147 + 68.088i \\ Z_{12} &:= R_2 + X_{L2} \cdot i + X_M \cdot i & Z_{21} &:= Z_{12} & Z_{12} &= 7 + 70i \\ U &= 93.969 - 34.202i & F(U) &= (100 \quad -20) \end{aligned}$$

Given

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

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_3 \end{pmatrix} &:= \operatorname{Find}(I_1, I_3) & I_2 &:= I_1 - I_3 & I_1 &= 2.28 + 0.07i & F(I_1) &= (2.281 \quad 1.759) \\ & & & & I_2 &= 1.075 - 1.027i & F(I_2) &= (1.487 \quad -43.69) \\ & & & & I_3 &= 1.205 + 1.097i & F(I_3) &= (1.63 \quad 42.307) \\ I_4 &:= I_3 \cdot \frac{Z_5}{Z_4 + Z_5} & I_4 &= 1.006 + 3.346i & F(I_4) &= (3.494 \quad 73.27) \\ I_5 &:= I_3 - I_4 & I_5 &= 0.2 - 2.249i & F(I_5) &= (2.258 \quad -84.928) \end{aligned}$$

Баланс потужностей електричного кола :

$$\begin{aligned} S_r &:= U \cdot \overline{I_1} & S_r &= 211.895 - 84.575i \\ P_r &:= \operatorname{Re}(S_r) & P_r &= 211.895 & Q_r &:= \operatorname{Im}(S_r) & Q_r &= -84.575 \\ S_{M1} &:= \overline{I_2} \cdot I_3 \cdot X_M \cdot i & S_{M1} &= -60.432 + 4.23i & F(S_{M1}) &= (60.58 \quad 175.996) \\ S_{M2} &:= \overline{I_3} \cdot I_2 \cdot X_M \cdot i & S_{M2} &= 60.432 + 4.23i & F(S_{M2}) &= (60.58 \quad 4.004) \\ S_{KC} &:= (|I_1|^2 \cdot (R_1 - X_{C1} \cdot i) + (|I_2|^2 \cdot (R_2 + X_{L2} \cdot i) + (|I_3|^2 \cdot (X_{L1} \cdot i + R_E + X_E \cdot i) - (S_{M1} + S_{M2})) \\ S_{KC} &= 211.895 - 84.575i \end{aligned}$$

Визначимо потенціали всіх точок позначених на схемі:

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

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

$$\phi_a = 1.4 - 45.608i$$

$$F(\phi_a) = (45.63 \quad -88.241)$$

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

$$\phi_b = 8.926 - 52.798i$$

$$F(\phi_b) = (53.547 \quad -80.404)$$

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

$$\phi_{c'} = 55.141 - 4.419i$$

$$F(\phi_{c'}) = (55.318 \quad -4.582)$$

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

$$\phi_c = 82.567 - 34.552i$$

$$F(\phi_c) = (89.505 \quad -22.708)$$

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

$$\phi_1 = 93.969 - 34.202i$$

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

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

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

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

$$\phi_k = 74.805 - 126.26i$$

$$F(\phi_k) = (146.756 \quad -59.355)$$

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

$$\phi_m = 152.124 - 55.889i$$

$$F(\phi_m) = (162.065 \quad -20.173)$$

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

$$\phi_{m'} = 126.448 - 82.766i$$

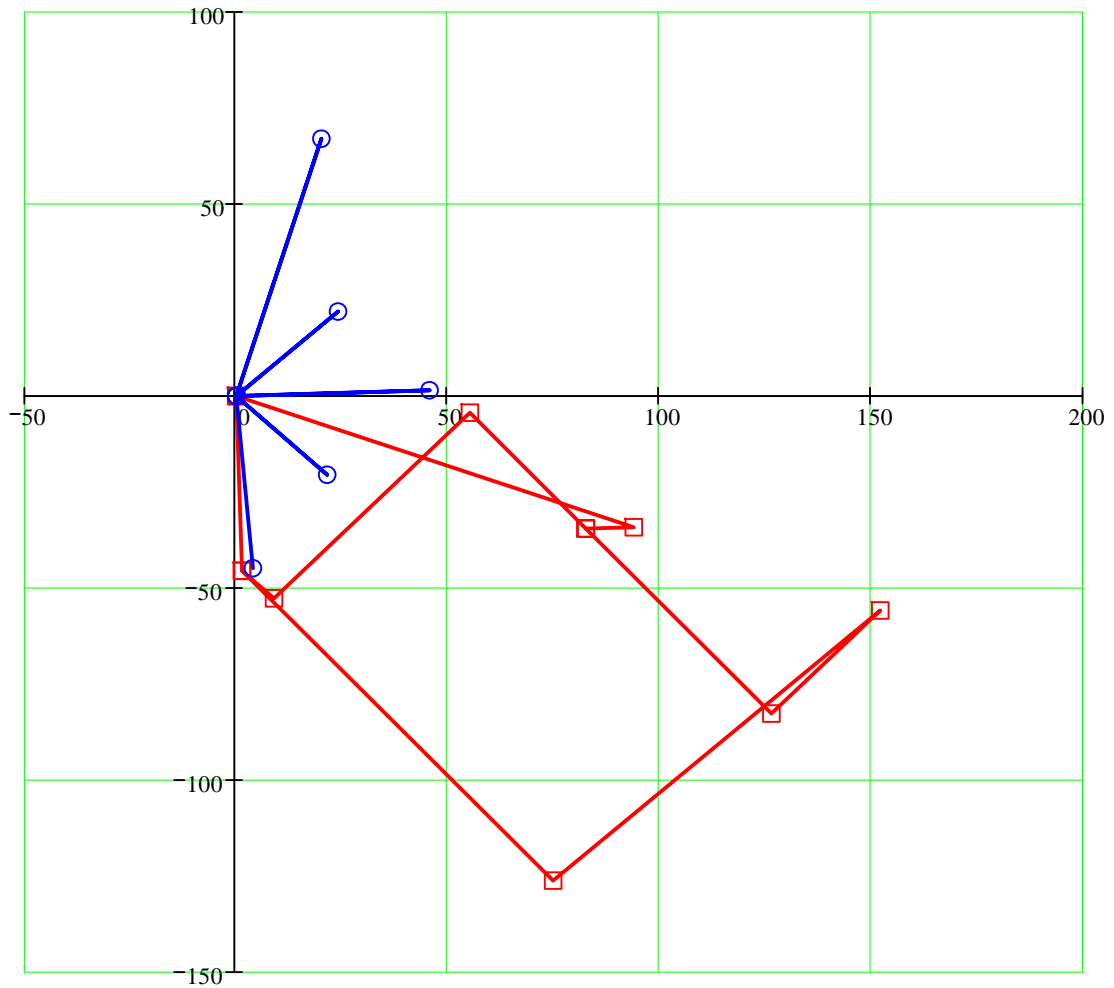
$$F(\phi_{m'}) = (151.127 \quad -33.206)$$

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

$$\phi_c = 82.567 - 34.552i$$

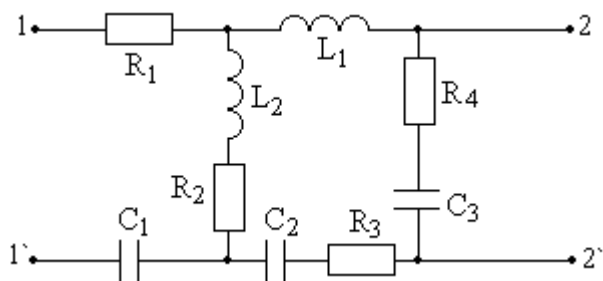
$$F(\phi_c) = (89.505 \quad -22.708)$$

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" :

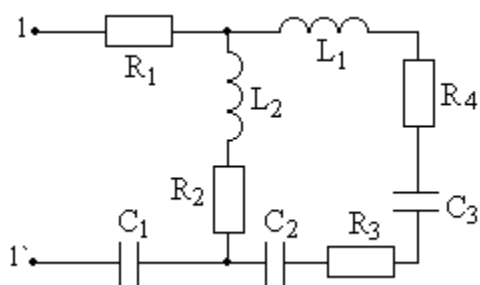
1) Розрахувати коефіцієнти чотириполосника **A, B, C, D**



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

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

Неробочий хід: $I_2 = 0$ $U_{10} := U$



$$Z_1 := R_1 + j \cdot (X_M - X_{C1}) \quad Z_1 = 5 + 5i$$

$$Z_2 := R_2 + j \cdot (X_{L2} - X_M) \quad Z_2 = 7 + 20i$$

$$Z_3 := R_3 + R_4 - j \cdot (X_M + X_{C3} + X_{C2} - X_{L1}) \quad Z_3 = 21 - 40i$$

$$Z_{10} := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_{10} = 25.03 + 24.307i$$

$$Z_{20} := \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} + Z_3 \quad Z_{20} = 24.375 - 35.78i$$

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

$$I_{10} = 1.249 - 2.58i$$

$$F(I_{10}) = (2.866 \quad -64.16)$$

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

$$I_{30} = 1.31 + 1.183i$$

$$F(I_{30}) = (1.765 \quad 42.087)$$

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

$$U_{20} = 51.207 - 25.099i$$

$$F(U_{20}) = (57.028 \quad -26.111)$$

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

$$A = 1.744 + 0.187i$$

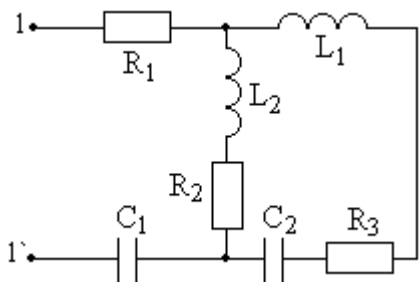
$$F(A) = (1.754 \quad 6.111)$$

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

$$C = 0.04 - 0.031i$$

$$F(C) = (0.05 \quad -38.049)$$

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



$$Z_1 := R_1 + j \cdot (X_M - X_{C1}) \quad Z_1 = 5 + 5i$$

$$Z_2 := R_2 + j \cdot (X_{L2} - X_M) \quad Z_2 = 7 + 20i$$

$$Z_3 := R_3 - j \cdot (X_M + X_{C2} - X_{L1}) \quad Z_3 = 9 - 10i$$

$$Z_K := \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} + Z_1 \quad Z_K = 19.91 + 2.556i$$

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

$$I_{1K} = 4.426 - 2.286i$$

$$F(I_{1K}) = (4.982 \quad -27.316)$$

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

$$I_{2K} = 5.485 + 1.105i$$

$$F(I_{2K}) = (5.595 \quad 11.389)$$

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

$$B = 15.258 - 9.31i$$

$$F(B) = (17.874 \quad -31.389)$$

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

$$D = 0.695 - 0.557i$$

$$F(D) = (0.89 \quad -38.705)$$

Перевірка

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

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

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

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

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

$$U_1 = 156.921 + 94.036i$$

$$F(U_1) = (182.94 \ 30.932)$$

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

$$I_1 = 5.671 - 1.261i$$

$$F(I_1) = (5.81 \ -12.531)$$

Перевірка:

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

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

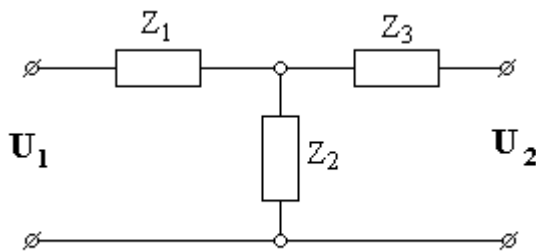
$$U_2 := \frac{I_1 - I_2 \cdot D}{C}$$

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

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

$$F(I_2) = (1 \ -3.691 \times 10^{-14})$$

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



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

$$Z_1 = 9.361 + 12.044i$$

$$F(Z_1) = (15.254 \ 52.143)$$

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

$$Z_2 = 7 + 20i$$

$$F(Z_2) = (21.19 \ 70.71)$$

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

$$Z_3 = 2.047 - 12.466i$$

$$F(Z_3) = (12.633 \ -80.674)$$

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

$$R_1 = 9.361$$

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

$$X_1 = 12.044$$

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

$$R_2 = 15.669$$

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

$$X_2 = 12.264$$

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

$$R_3 = 2.047$$

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

$$X_3 = -12.466$$

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

$$L_2 := \frac{X_2}{2 \cdot \pi \cdot f}$$

$$C_3 := -\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_3}$$

$$L_1 = 0.038$$

$$L_2 = 0.039$$

$$C_3 = 2.553 \times 10^{-4}$$