

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

***Розрахунково-графічна робота***  
*“Розрахунок однофазного кола синусоїдного струму”*  
*Варіант № 319*

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).

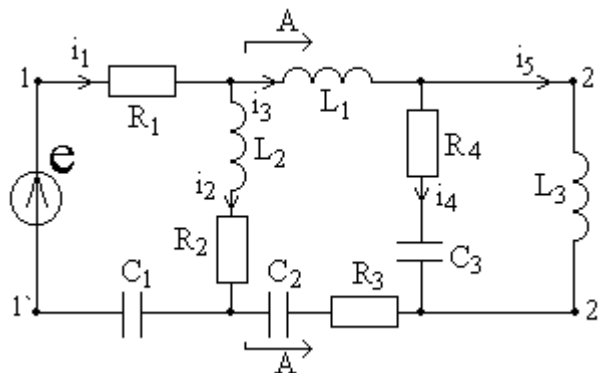
#### 3. ВІДКИНУВШИ ВІТКУ МІЖ ЗАТИСКАЧАМИ 2-2", ВИКОНАТИ ЕКВІВАЛЕНТУВАННЯ ВЗАЄМОІНДУКТИВНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ВІТОК. ОДЕРЖАНУ СХЕМУ РОЗГЛЯДАТИ ЯК ЧОТИРИПОЛЮСНИК З ЗАТИСКАЧАМИ 1-1" ТА 2-2" :

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

$$E := 140 \quad \psi := -45 \quad R_1 := 9 \quad R_2 := 11 \quad R_3 := 13 \quad R_4 := 15$$

$$X_{L1} := 30 \quad X_{L2} := 35 \quad X_{L3} := 40 \quad X_{C1} := 10 \quad X_{C2} := 15 \quad X_{C3} := 20 \quad X_M := 20 \quad f := 50$$

$$U := E \cdot e^{j \cdot \psi \cdot \frac{\pi}{180}} \quad U = 98.995 - 98.995i \quad F(U) = (140 \quad -45)$$



## Символічний метод

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

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

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

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

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

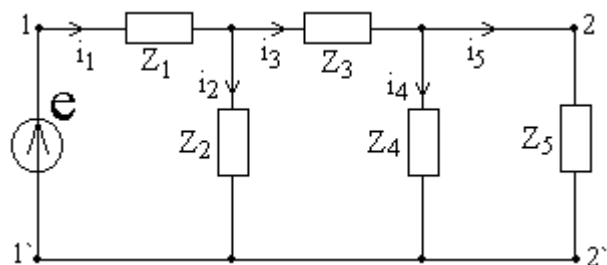
$$Z_1 = 9 - 10i$$

$$Z_2 = 11 + 35i$$

$$Z_3 = 13 + 15i$$

$$Z_4 = 15 - 20i$$

$$Z_5 = 40i$$



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

$$Z_{345} = 51.4 + 3.8i$$

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

$$Z_E = 27.226 + 8.167i$$

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

$$I_1 = 2.335 - 4.337i$$

$$F(I_1) = (4.925 \quad -61.698)$$

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

$$I_2 = 0.04 - 3.455i$$

$$F(I_2) = (3.455 \quad -89.343)$$

$$I_3 := I_1 - I_2$$

$$I_3 = 2.296 - 0.882i$$

$$F(I_3) = (2.459 \quad -21.019)$$

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

$$I_4 = 3.785 + 1.075i$$

$$F(I_4) = (3.935 \quad 15.851)$$

$$I_5 := I_3 - I_4$$

$$I_5 = -1.49 - 1.957i$$

$$F(I_5) = (2.459 \quad -127.279)$$

*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 :

$$S_r := U \cdot I_1$$

$$S_r = 660.47 + 198.13i$$

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

$$P = 660.47$$

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

$$Q = 198.13i$$

### Будуємо сумісну векторну діаграму струмів та топографічну діаграму напруг

Визначимо потенціали всіх точок позначених на схемі:

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

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

$$\phi_a = -43.366 - 23.352i$$

$$F(\phi_a) = (49.253 \quad -151.698)$$

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

$$\phi_b = -42.93 - 61.352i$$

$$F(\phi_b) = (74.88 \quad -124.982)$$

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

$$\phi_c = 77.978 - 59.966i$$

$$F(\phi_c) = (98.369 \quad -37.56)$$

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

$$\phi_1 = 98.995 - 98.995i$$

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

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

$$\phi_A = -2.842 \times 10^{-14} + 1.421i \times 10^{-14}$$

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

$$\phi_d = 85.764 - 133.429i$$

$$F(\phi_d) = (158.615 \quad -57.268)$$

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

$$\phi_e = 115.607 - 144.895i$$

$$F(\phi_e) = (185.363 \quad -51.415)$$

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

$$\phi_k = 137.101 - 220.597i$$

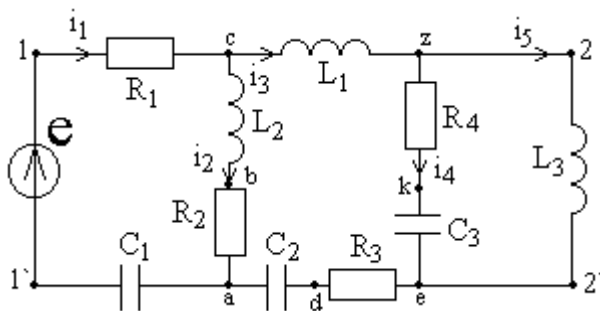
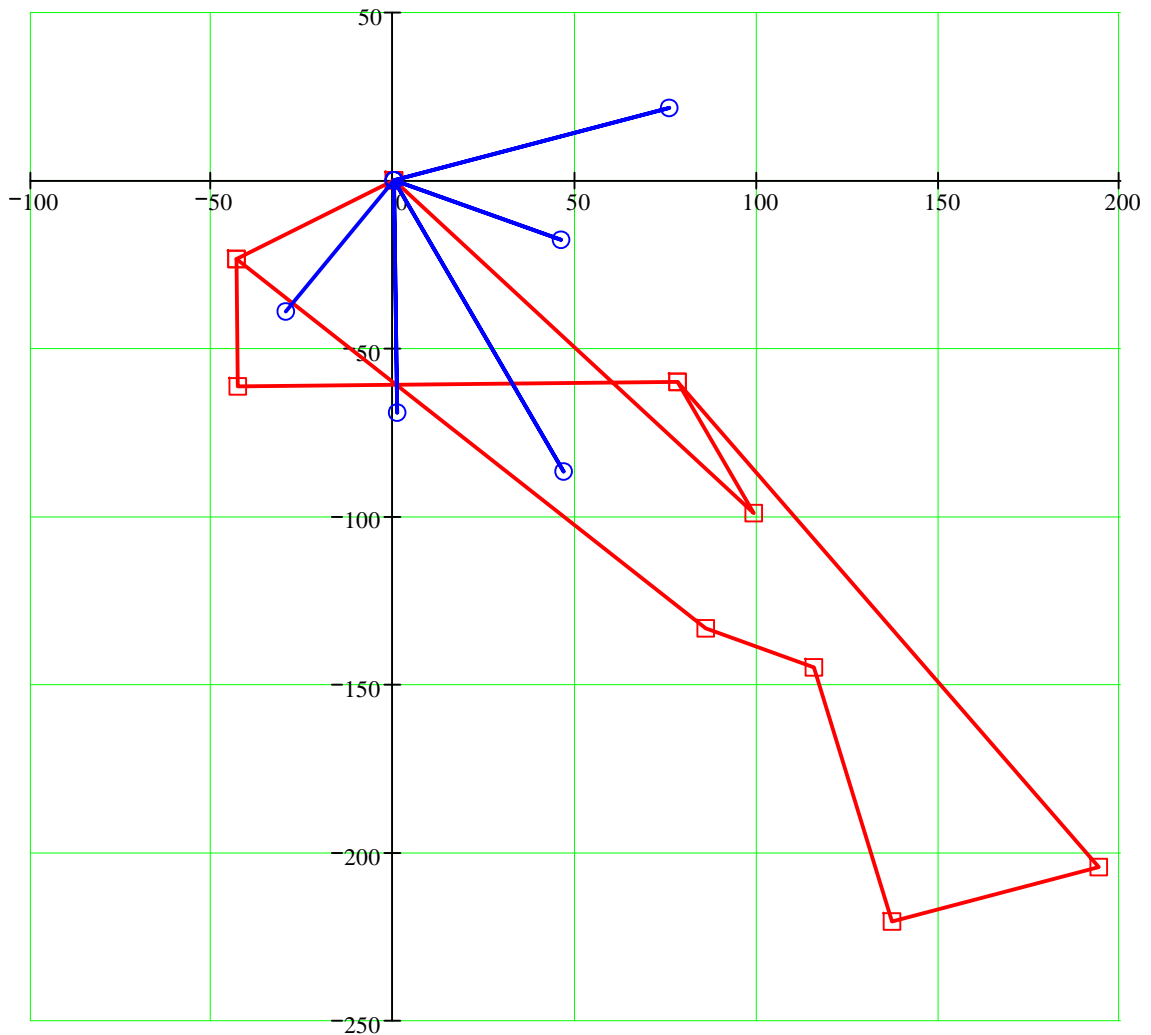
$$F(\phi_k) = (259.73 \quad -58.139)$$

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

$$\phi_z = 193.878 - 204.476i$$

$$F(\phi_z) = (281.778 \quad -46.524)$$

**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.**

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

$$Z_3 = 13 + 15i$$

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

$$Z_4 = 13 - 20i$$

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

$$Z_5 = 40i$$

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

$$Z_E = 49.555 - 1.239i$$

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

$$R_E = 49.555$$

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

$$X_E = -1.239$$

Умова резонансу струмів на ділянці "ab" :

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

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

$$B_2 = 5.042 \times 10^{-4}$$

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

$$X_2 = 1.983 \times 10^3$$

**Розрахувати струми для резонансного стану кола**

$$\begin{aligned} Z_1 &:= R_1 - X_{C1} \cdot i & Z_1 &= 9 - 10i \\ Z_3 &:= R_3 + X_{L1} \cdot i - X_{C2} \cdot i & Z_3 &= 13 + 15i \\ Z_4 &:= R_4 - X_{C3} \cdot i & Z_4 &= 15 - 20i \\ Z_5 &:= X_{L3} \cdot i & Z_5 &= 40i \end{aligned}$$

$$Z_{345} := \frac{Z_4 \cdot Z_5}{Z_4 + Z_5} + Z_3 \quad Z_{345} = 51.4 + 3.8i$$

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

$$Z_{VX}(X_N) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{simplify} \end{array} \right. \rightarrow \frac{-(-342 \cdot X_N - 302 \cdot X_N^2 - 119538 - 12902 \cdot i \cdot X_N + 31 \cdot i \cdot X_N^2 + 132820 \cdot i)}{(13282 + 38 \cdot X_N + 5 \cdot X_N^2)}$$

$$X_N := \text{Im}(Z_{VX}(X_N)) \left| \begin{array}{l} \text{complex} \\ \text{solve, } X_N \rightarrow \\ \text{float, 20} \end{array} \right. \left( \begin{array}{l} 405.63095174449375238 \\ 10.56259664260302182 \end{array} \right) \quad X_N := \begin{pmatrix} X_{N0} \\ X_{N1} \end{pmatrix}$$

Отже резонанс кола буде при таких активних опорах у другій вітці:  $X_N = \begin{pmatrix} 405.631 \\ 10.563 \end{pmatrix}$

$$X_n := X_{N0} \quad X_n = 405.631 \quad Z_{VX}(X_n) = 58.668$$

$$I_1 := \frac{U}{Z_{VX}(X_n)} \quad I_1 = 1.687 - 1.687i \quad F(I_1) = (2.386 \quad -45)$$

$$I_2 := I_1 \cdot \frac{Z_{345}}{Z_{345} + i \cdot X_n} \quad I_2 = -0.165 - 0.248i \quad F(I_2) = (0.298 \quad -123.616)$$

$$I_3 := I_1 - I_2 \quad I_3 = 1.852 - 1.439i \quad F(I_3) = (2.346 \quad -37.845)$$

$$I_4 := I_3 \cdot \frac{Z_5}{Z_4 + Z_5} \quad I_4 = 3.753 - 0.064i \quad F(I_4) = (3.753 \quad -0.975)$$

$$I_5 := I_3 - I_4 \quad I_5 = -1.9 - 1.375i \quad F(I_5) = (2.346 \quad -144.105)$$

$$S_1 := U \cdot \overline{I_1} \quad S_1 = 334.086$$

$$P := (|I_1|)^2 \cdot R_1 + (|I_3|)^2 \cdot R_3 + (|I_4|)^2 \cdot R_4 \quad P = 334.086$$

$$Q := (|I_1|)^2 \cdot (-X_{C1}) + (|I_2|)^2 \cdot X_n + (|I_3|)^2 \cdot (X_{L1} - X_{C2}) + (|I_4|)^2 \cdot (-X_{C3}) + (|I_5|)^2 \cdot X_{L3} \quad Q = 2.842 \times 10^{-14}$$

При  $X_n := X_{N1} \quad X_n = 10.563 \quad Z_{VX}(X_n) = 11.013$

$$I_1 := \frac{U}{Z_{VX}(X_n)} \quad I_1 = 8.989 - 8.989i \quad F(I_1) = (12.712 \quad -45)$$

$$I_2 := I_1 \cdot \frac{Z_{345}}{Z_{345} + i \cdot X_n} \quad I_2 = 6.796 - 10.223i \quad F(I_2) = (12.276 \quad -56.384)$$

$$I_3 := I_1 - I_2 \quad I_3 = 2.192 + 1.235i \quad F(I_3) = (2.516 \quad 29.388)$$

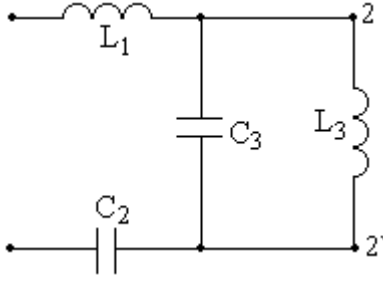
$$I_4 := I_3 \cdot \frac{Z_5}{Z_4 + Z_5} \quad I_4 = 1.621 + 3.685i \quad F(I_4) = (4.025 \quad 66.258)$$

$$I_5 := I_3 - I_4 \quad I_5 = 0.571 - 2.45i \quad F(I_5) = (2.516 \quad -76.872)$$

$$S_1 := U \cdot \overline{I_1} \quad S_1 = 1.78 \times 10^3 \quad P := (|I_1|)^2 \cdot R_1 + (|I_3|)^2 \cdot R_3 + (|I_4|)^2 \cdot R_4 \quad P = 1.78 \times 10^3$$

$$Q := (|I_1|)^2 \cdot (-X_{C1}) + (|I_2|)^2 \cdot X_n + (|I_3|)^2 \cdot (X_{L1} - X_{C2}) + (|I_4|)^2 \cdot (-X_{C3}) + (|I_5|)^2 \cdot X_{L3} \quad Q = 3.411 \times 10^{-13}$$

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



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

$$L_1 = 0.095$$

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

$$C_2 = 2.122 \times 10^{-4}$$

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

$$C_3 = 1.592 \times 10^{-4}$$

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

$$L_3 = 0.127$$

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

Знаходимо нулі:  $Z(p) = 0$

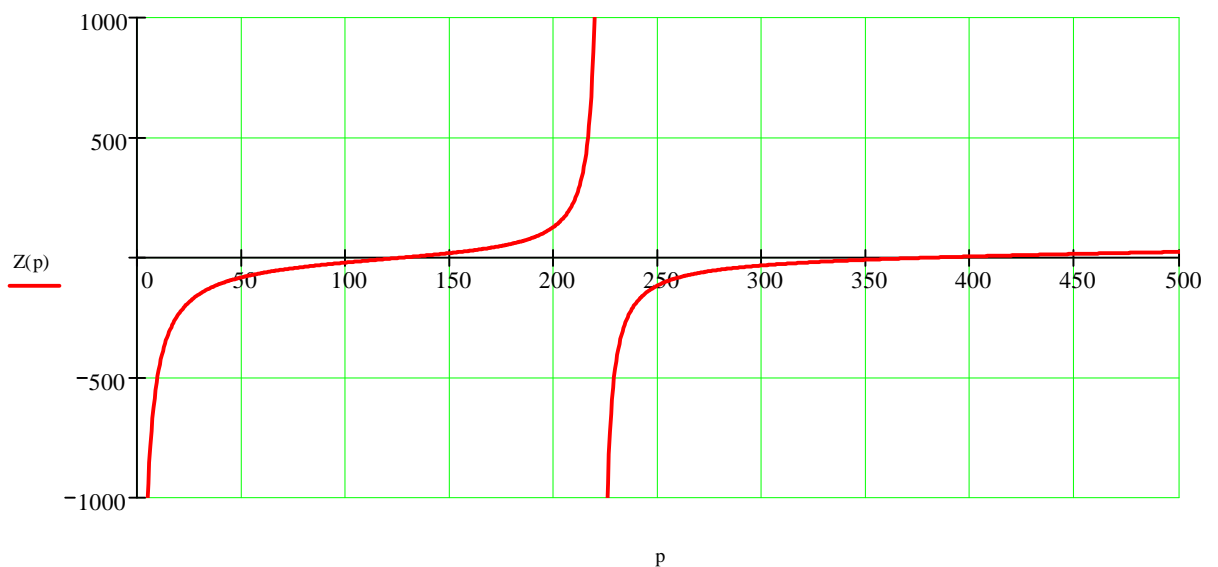
$$w_1 := Z(p) \left| \begin{array}{l} \text{solve, } p \\ \text{float, } 3 \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} 128. \\ -128. \\ 386. \\ -386. \end{pmatrix}$$

$$w_1 := \begin{pmatrix} w_{10} \\ w_{12} \end{pmatrix} \quad w_1 = \begin{pmatrix} 128 \\ 386 \end{pmatrix}$$

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

$$w := \frac{1}{Z(p)} \left| \begin{array}{l} \text{solve, } p \\ \text{float, } 10 \end{array} \right. \rightarrow \begin{pmatrix} 222.1441469 \\ -222.1441469 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$w := \begin{pmatrix} w_0 \\ w_2 \end{pmatrix} \quad w = \begin{pmatrix} 222.144 \\ 0 \end{pmatrix}$$



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

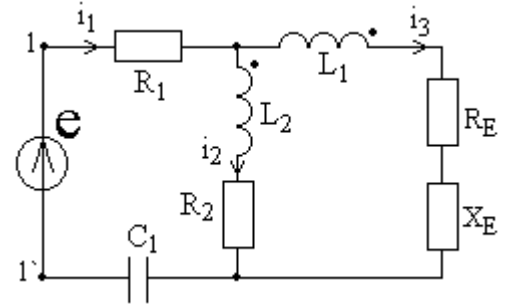
2.1. Перетворивши схему до двох незалежних контурів, розрахувати струми у всіх вітках схеми методом контурних струмів, визначити покази вольметра;

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

$$\begin{aligned} Z_3 &:= R_3 - X_{C2} \cdot i & Z_3 &= 13 - 15i \\ Z_4 &:= R_4 - X_{C3} \cdot i & Z_4 &= 15 - 20i \\ Z_5 &:= X_{L3} \cdot i & Z_5 &= 40i \\ Z_{345} &:= \frac{Z_5 \cdot Z_4}{Z_5 + Z_4} + Z_3 & Z_{345} &= 51.4 - 26.2i \end{aligned}$$



$$R_E := \operatorname{Re}(Z_{345}) \quad R_E = 51.4 \quad X_E := \operatorname{Im}(Z_{345}) \quad X_E = -26.2$$

Знайдемо контурні та міжконтурні опори схеми:

$$\begin{aligned} Z_{11} &:= R_1 + R_2 + X_{L2} \cdot i - X_{C1} \cdot i & Z_{11} &= 20 + 25i \\ Z_{22} &:= R_E + X_E \cdot i + X_{L1} \cdot i + X_{L2} \cdot i + R_2 + 2 \cdot X_M \cdot i & Z_{22} &= 62.4 + 78.8i \\ Z_{12} &:= R_2 + X_{L2} \cdot i + X_M \cdot i & Z_{21} &:= Z_{12} & Z_{12} &= 11 + 55i \\ U &= 98.995 - 98.995i & F(U) &= (140 \quad -45) \end{aligned}$$

Given

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

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_3 \end{pmatrix} &:= \operatorname{Find}(I_1, I_3) & I_2 &:= I_1 - I_3 & I_1 &= 3.97 - 2.76i & F(I_1) &= (4.835 \quad -34.809) \\ & & & & I_2 &= 1.296 - 2.396i & F(I_2) &= (2.725 \quad -61.588) \\ & & & & I_3 &= 2.673 - 0.364i & F(I_3) &= (2.698 \quad -7.744) \\ I_4 &:= I_3 \cdot \frac{Z_5}{Z_4 + Z_5} & I_4 &= 3.771 + 2.101i & F(I_4) &= (4.317 \quad 29.126) \\ I_5 &:= I_3 - I_4 & I_5 &= -1.098 - 2.465i & F(I_5) &= (2.698 \quad -114.004) \end{aligned}$$

### Баланс потужностей електричного кола :

$$\begin{aligned} S_r &:= U \cdot \overline{I_1} & S_r &= 666.227 - 119.765i \\ P_r &:= \operatorname{Re}(S_r) & P_r &= 666.227 & Q_r &:= \operatorname{Im}(S_r) & Q_r &= -119.765 \\ S_{M1} &:= \overline{I_2} \cdot I_3 \cdot X_M \cdot i & S_{M1} &= -118.712 + 86.743i & F(S_{M1}) &= (147.026 \quad 143.844) \\ S_{M2} &:= \overline{I_3} \cdot I_2 \cdot X_M \cdot i & S_{M2} &= 118.712 + 86.743i & F(S_{M2}) &= (147.026 \quad 36.156) \\ S_{KC} &:= (|I_1|)^2 \cdot (R_1 - X_{C1} \cdot i) + (|I_2|)^2 \cdot (R_2 + X_{L2} \cdot i) + (|I_3|)^2 \cdot (X_{L1} \cdot i + R_E + X_E \cdot i) - (S_{M1} + S_{M2}) \\ S_{KC} &= 666.227 - 119.765i \end{aligned}$$

**Визначимо потенціали всіх точок позначених на схемі:**

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

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

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

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

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

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

$$\phi_A := \phi_I - U$$

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

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

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

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

$$\phi_a = -27.601 - 39.699i$$

$$\phi_b = -13.34 - 66.06i$$

$$\phi_{c'} = 70.537 - 20.686i$$

$$\phi_c = 63.266 - 74.154i$$

$$\phi_I = 98.995 - 98.995i$$

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

$$\phi_k = -37.126 - 109.743i$$

$$\phi_m = 100.289 - 128.43i$$

$$\phi_{m'} = 52.36 - 154.358i$$

$$\phi_c = 63.266 - 74.154i$$

$$F(\phi_a) = (48.35 \quad -124.809)$$

$$F(\phi_b) = (67.393 \quad -101.417)$$

$$F(\phi_{c'}) = (73.508 \quad -16.344)$$

$$F(\phi_c) = (97.476 \quad -49.53)$$

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

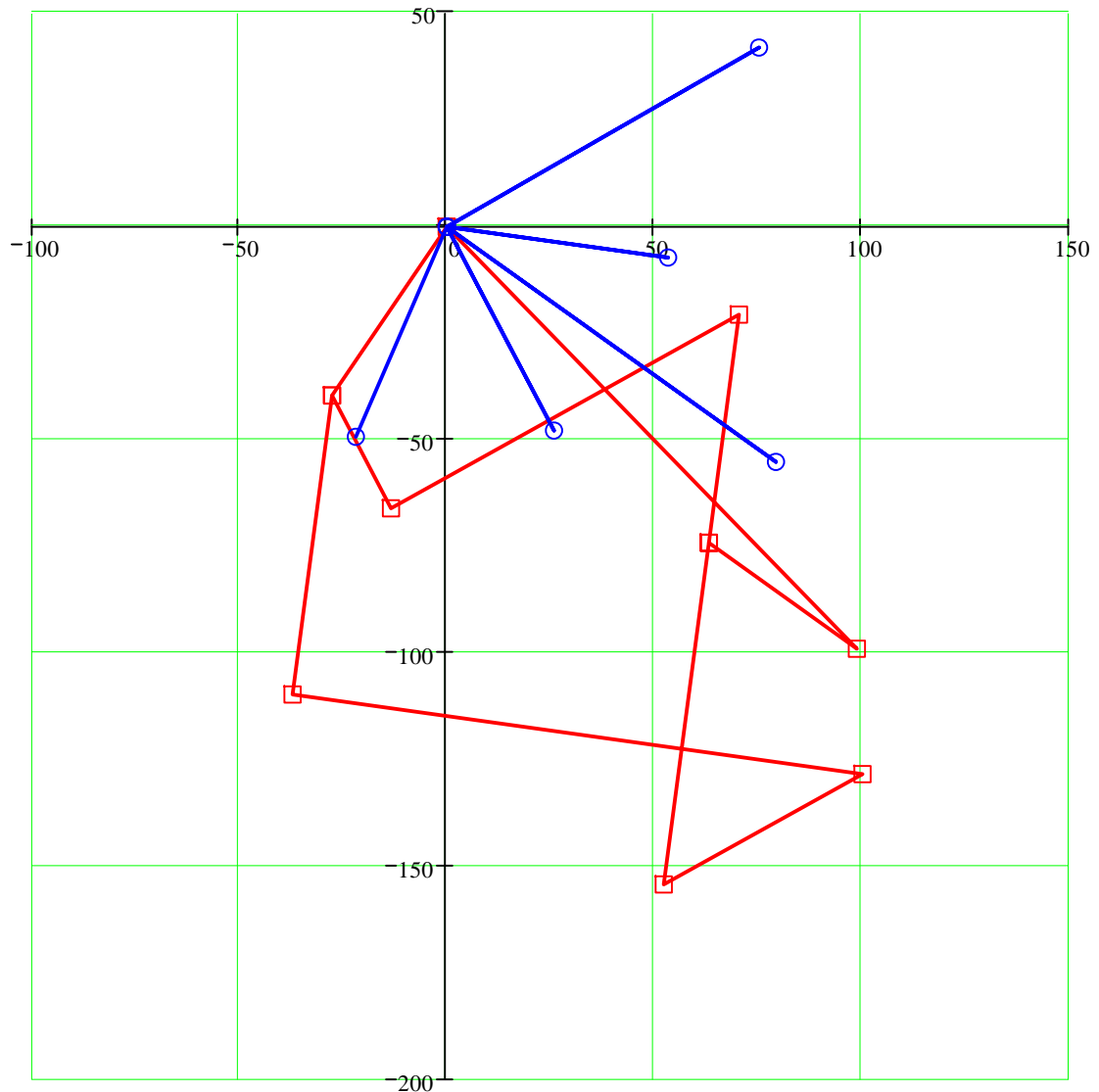
$$F(\phi_k) = (115.853 \quad -108.691)$$

$$F(\phi_m) = (162.948 \quad -52.014)$$

$$F(\phi_{m'}) = (162.997 \quad -71.263)$$

$$F(\phi_c) = (97.476 \quad -49.53)$$

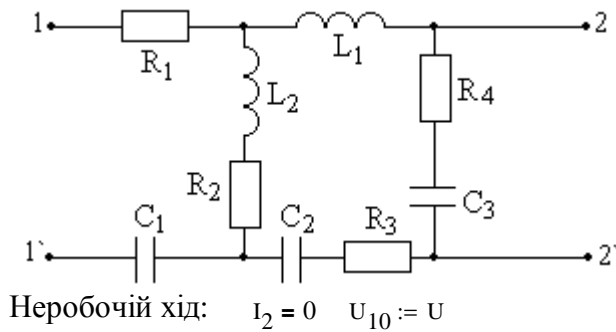
**Суміщена векторна діаграма струмів і топографічна діаграма напруг:**





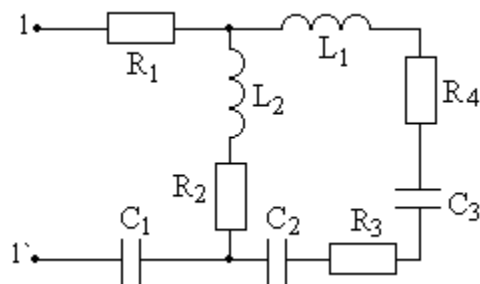
ВІДКИНУВШИ ВІТКУ МІЖ ЗАТИСКАЧАМИ 2-2", ВИКОНАТИ ЕКВІВАЛЕНТУВАННЯ  
ВЗАЄМОІНДУКТИВНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ВІТОК. ОДЕРЖАНУ СХЕМУ РОЗГЛЯДАТИ ЯК  
ЧОТИРИПОЛЮСНИК З ЗАТИСКАЧАМИ 1-1" ТА 2-2" :

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



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

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



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

$$Z_1 = 9 + 10i$$

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

$$Z_2 = 11 + 15i$$

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

$$Z_3 = 28 - 25i$$

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

$$Z_{10} = 24.538 + 17.702i$$

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

$$Z_{20} = 32.98 - 18.976i$$

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

$$I_{10} = 0.739 - 4.568i$$

$$F(I_{10}) = (4.627 \quad -80.807)$$

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

$$I_{30} = 2.086 - 0.469i$$

$$F(I_{30}) = (2.138 \quad -12.68)$$

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

$$U_{20} = 21.899 - 48.75i$$

$$F(U_{20}) = (53.443 \quad -65.81)$$

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

$$A = 2.449 + 0.931i$$

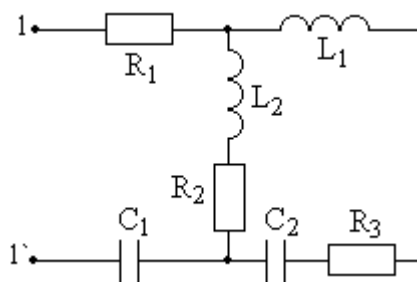
$$F(A) = (2.62 \quad 20.81)$$

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

$$C = 0.084 - 0.022i$$

$$F(C) = (0.087 \quad -14.997)$$

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



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

$$Z_1 = 9 + 10i$$

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

$$Z_2 = 11 + 15i$$

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

$$Z_3 = 13 - 5i$$

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

$$Z_K = 18.811 + 11.746i$$

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

$$I_{1K} = 1.422 - 6.151i$$

$$F(I_{1K}) = (6.313 \quad -76.981)$$

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

$$I_{2K} = 3.146 - 3.241i$$

$$F(I_{2K}) = (4.516 \quad -45.855)$$

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

$$B = 30.994 + 0.462i$$

$$F(B) = (30.998 \quad 0.855)$$

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

$$D = 1.197 - 0.723i$$

$$F(D) = (1.398 \quad -31.126)$$

### Перевірка

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

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

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

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

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

$$U_1 = 196.526 + 203.496i$$

$$F(U_1) = (282.901 \ 45.998)$$

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

$$I_1 = 9.559 + 1.519i$$

$$F(I_1) = (9.679 \ 9.027)$$

Перевірка:

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

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

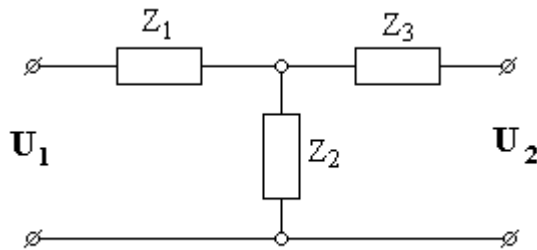
$$U_2 := \frac{I_1 - I_2 \cdot D}{C}$$

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

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

$$F(I_2) = (1 \ 4.789 \times 10^{-15})$$

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



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

$$Z_1 = 13.381 + 14.713i$$

$$F(Z_1) = (19.888 \ 47.714)$$

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

$$Z_2 = 11 + 15i$$

$$F(Z_2) = (18.601 \ 53.746)$$

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

$$Z_3 = 4.352 - 7.474i$$

$$F(Z_3) = (8.649 \ -59.786)$$

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

$$R_1 = 13.381$$

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

$$X_1 = 14.713$$

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

$$R_2 = 11.157$$

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

$$X_2 = 2.989$$

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

$$R_3 = 4.352$$

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

$$X_3 = -7.474$$

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

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

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

$$L_1 = 0.047$$

$$L_2 = 9.514 \times 10^{-3}$$

$$C_3 = 4.259 \times 10^{-4}$$