

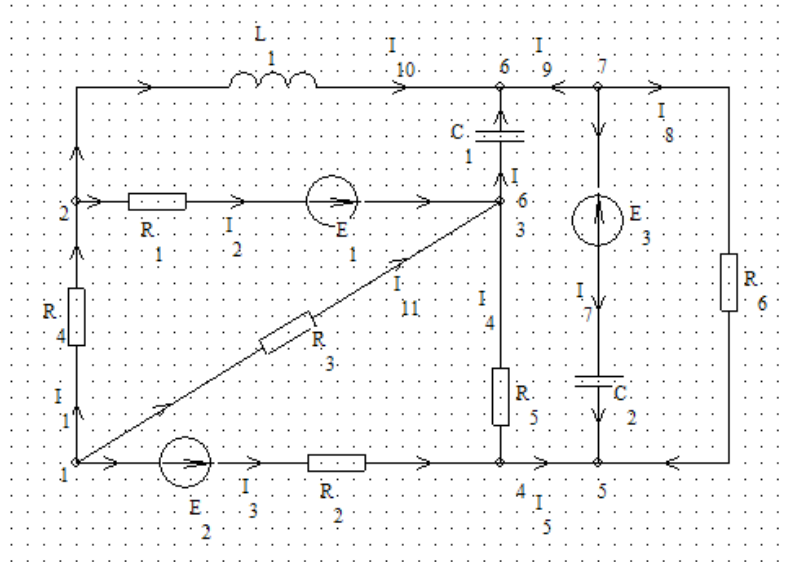
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКА УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ
З ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА МАГНІТНИХ КІЛ»
ВАРІАНТ – К12

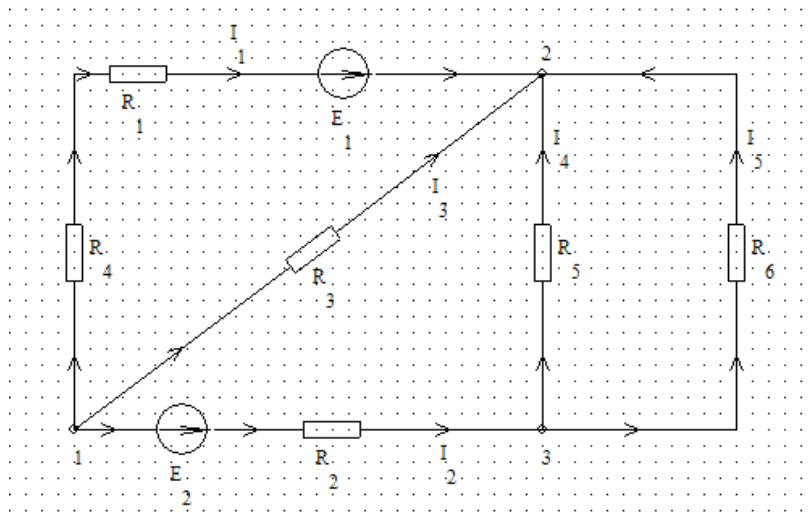
ВИКОНАВ СТУДЕНТ ГРУПИ СП-224
КАВЕРІН ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ

ЗАВДАННЯ 1

Початкова схема:



Спрощена схема:



Дано:

$R_1=30 \text{ Ом}$
 $R_2=25 \text{ Ом}$
 $R_3=30 \text{ Ом}$
 $R_4=25 \text{ Ом}$
 $R_5=20 \text{ Ом}$
 $R_6=20 \text{ Ом}$

$E_1=20 \text{ В}$
 $E_2=24 \text{ В}$
 $E_3=20 \text{ В}$

1. Скласти систему рівнянь за законами Кірхгофа

а. проаналізуємо схему:

Кількість вузлів (q) = 3

Кількість гілок (p) = 5

Отже:

- кількість рівнянь за першим законом Кірхгофа $\Rightarrow q-1 = 2$
- кількість рівнянь за другим законом Кірхгофа $\Rightarrow p-(q-1) = 5-(3-1) = 5-2 = 3$

б. запишемо рівняння за першим законом Кірхгофа:

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$-I_1 - I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

в. запишемо рівняння за другим рівнянням Кірхгофа:

$$-I_1 \cdot (R_1 + R_4) + I_3 \cdot R_3 = -E_1$$

$$I_3 \cdot R_3 - I_4 \cdot R_5 - I_2 \cdot R_2 = -E_2$$

$$-I_5 \cdot R_6 + I_4 \cdot R_5 = 0$$

г. складемо систему рівнянь з наведених вище рівнянь:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + I_3 = 0 \\ -I_1 - I_3 - I_4 - I_5 = 0 \\ -I_1 \cdot (R_1 + R_4) + I_3 \cdot R_3 = -E_1 \\ I_3 \cdot R_3 - I_4 \cdot R_5 - I_2 \cdot R_2 = -E_2 \\ -I_5 \cdot R_6 + I_4 \cdot R_5 = 0 \end{cases}$$

2. Розрахувати коло методом контурних струмів

а. визначимо контурні струми та опори:

$$\begin{aligned} R_{11} &= R_1 + R_4 + R_3 = 85 \\ R_{12} &= R_3 = 30 \\ R_{13} &= 0 \\ R_{21} &= R_3 = 30 \\ R_{22} &= R_3 + R_5 + R_2 = 75 \\ R_{23} &= -R_5 = -20 \\ R_{31} &= 0 \\ R_{32} &= -R_5 = -20 \\ R_{33} &= R_6 + R_5 = 40 \\ E_{11} &= -E_1 = -20 \\ E_{22} &= -E_2 = -24 \\ E_{33} &= 0 \end{aligned}$$

б. складемо рівняння за другим законом Кірхгофа:

$$\begin{aligned} I_{11} \cdot R_{11} + I_{22} \cdot R_{12} + I_{33} \cdot R_{13} &= E_{11} \\ I_{11} \cdot R_{21} + I_{22} \cdot R_{22} + I_{33} \cdot R_{23} &= E_{22} \\ I_{11} \cdot R_{31} + I_{22} \cdot R_{32} + I_{33} \cdot R_{33} &= E_{33} \end{aligned}$$

в. складемо систему лінійних рівнянь:

$$\begin{aligned} 85I_{11} + 30I_{22} &= -20 \\ 30I_{11} + 75I_{22} - 20I_{33} &= -24 \\ -20I_{22} + 40I_{33} &= 0 \end{aligned}$$

г. розв'яжемо СЛАУ зручним методом (в даному випадку використовувався метод Крамера) та отримаємо контурні струми:

$$\begin{aligned} I_{11} &= -0.1254054 \\ I_{22} &= -0.3113514 \\ I_{33} &= -0.1556757 \end{aligned}$$

д. розрахуємо діючі струми за контурними:

$$\begin{aligned} I_1 &= -I_{11} = 0.12540541 \\ I_2 &= -I_{22} = 0.31135135 \\ I_3 &= I_{11} + I_{22} = -0.43675676 \\ I_4 &= -I_{22} + I_{33} = 0.15567568 \\ I_5 &= -I_{33} = 0.15567568 \end{aligned}$$

е. перевіримо за балансом потужностей:

$$\begin{aligned} I_1^2 \cdot R_4 + I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3 + I_4^2 \cdot R_5 + I_5^2 \cdot R_6 &= 0.393163 + 0.471795 + 2.42349 + 5.72269 + 0.484698 + 0.484698 = 9.98054 \\ E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2 &= 2.5081082 + 7.78378375 = 10.29189195 \end{aligned}$$

$$\text{Похибка} = 0.31135195$$

3. Розрахувати коло методом вузлових потенціалів

а. прийmemo потенціал третього вузла за нуль:

$$\varphi_3 = 0$$

б. складемо рівняння для інших двох вузлів:

$$\varphi_1 \cdot G_{11} + \varphi_2 \cdot G_{12} = I_{11}$$

$$\varphi_1 \cdot G_{21} + \varphi_2 \cdot G_{22} = I_{22}$$

в. визначимо значення вузлових та взаємних провідностей:

$$G_{11} = 1/(R_1 + R_4) + 1/R_2 + 1/R_3 = 0.0915152$$

$$G_{12} = -1/(R_1 + R_4) - 1/R_3 = -0.0515152$$

$$G_{22} = 1/(R_1 + R_4) + 1/R_3 + 1/R_5 + 1/R_6 = 0.151515$$

г. визначимо значення вузлових струмів:

$$I_{11} = -E_1/(R_1 + R_4) - E_2/R_2 = -1.32364$$

$$I_{22} = E_1/(R_1 + R_4) = 0.363636$$

д. підставимо значення знайдені в пунктах в, г до рівнянь:

$$\begin{cases} 0.091515\varphi_1 - 0.051515\varphi_2 = -1.3236 \\ -0.051515\varphi_1 + 0.15152\varphi_2 = 0.36364 \end{cases}$$

е. розрахуємо систему зручним способом і отримаємо значення вузлових потенціалів (значення потенціалу третього вузла було прийнято за нуль):

$$\varphi_1 = -16.216$$

$$\varphi_2 = -3.1135$$

$$\varphi_3 = 0$$

є. використавши значення вузлових потенціалів, обчислимо дійсні значення струмів:

$$I_1 = (\varphi_1 - \varphi_2 + E_1)/(R_1 + R_4) = 0.125405$$

$$I_2 = (\varphi_1 - \varphi_3 + E_2)/R_2 = 0.311351$$

$$I_3 = (\varphi_1 - \varphi_2)/R_3 = -0.436757$$

$$I_4 = (\varphi_3 - \varphi_2)/R_5 = 0.155676$$

$$I_5 = (\varphi_3 - \varphi_2)/R_6 = 0.155676$$

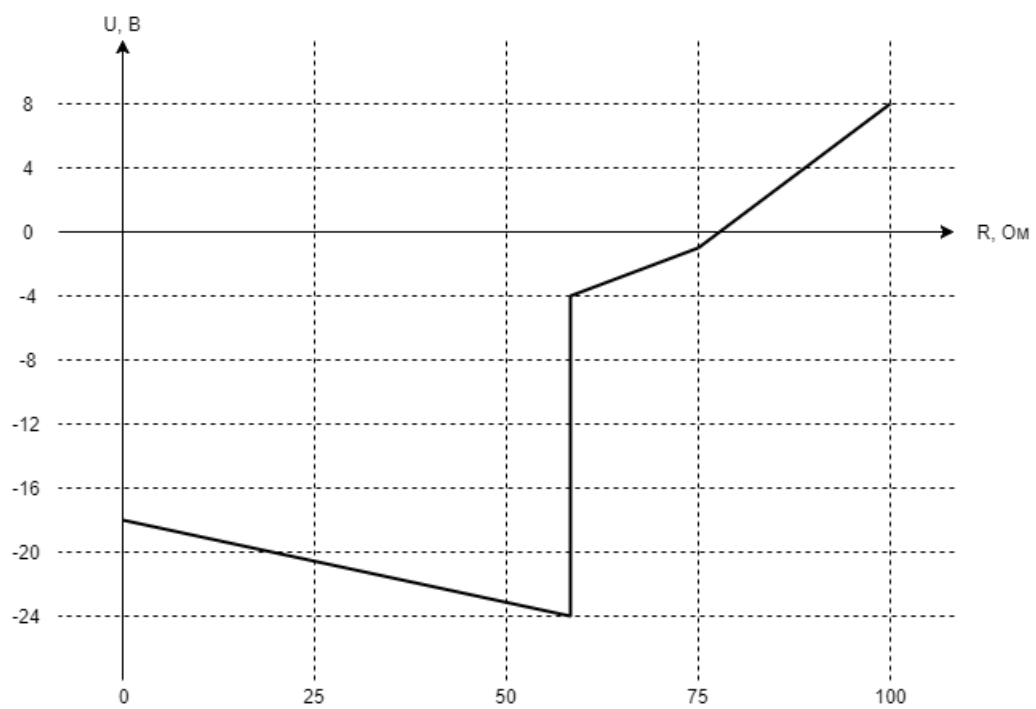
ж. перевіримо за балансом потужностей:

$$I_1^2 \cdot R_4 + I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3 + I_4^2 \cdot R_5 + I_5^2 \cdot R_6 = 0.393160351 + 0.47179242 + 2.42348613 + 5.72270031 + 0.48470034 + 0.48470034 = 9.980539891$$

$$E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2 = 2.5081 + 7.783775 = 10.291875$$

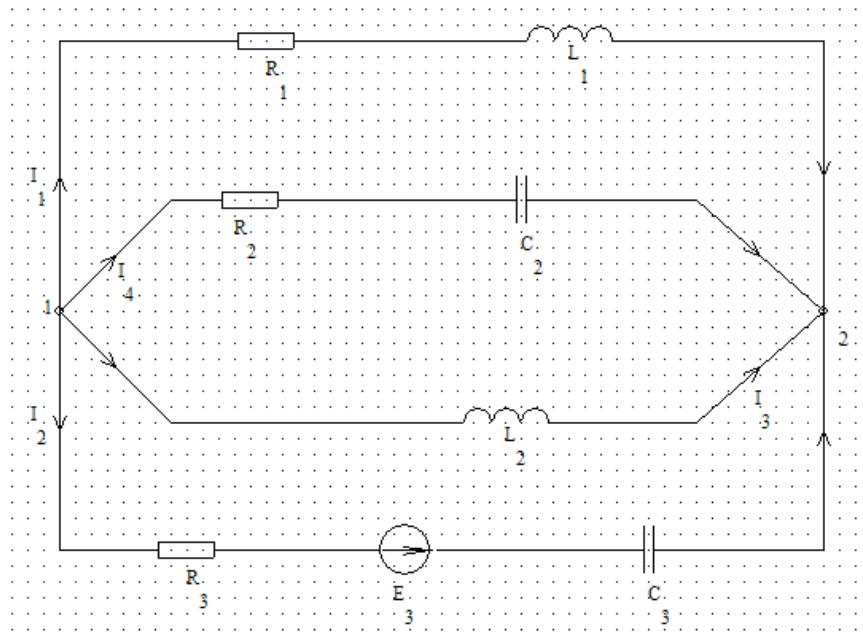
$$\text{Похибка} = 0.311335109$$

4. Потенціальна діаграма



ЗАВДАННЯ 2

Схема кола:



ДАНО:

$$R_2 = 115 \text{ Ом}$$

$$R_1 = 130 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 110 \text{ Ом}$$

$$L_2 = 0,047 \text{ Гн}$$

$$L_1 = 0,042 \text{ Гн}$$

$$C_2 = 2,2 \text{ мкФ}$$

$$C_3 = 2,9 \text{ мкФ}$$

$$E_3 = 90 \text{ В}$$

$$\varphi = 400$$

$$\omega = 2\pi\varphi = 2513$$

Розрахунок методом контурних струмів

1. визначимо опори гілок:

$$Z_1 = R_1 + j \cdot \omega \cdot L_1 = 130 + j \cdot 2513 \cdot 0,042 = 130 + j105,6$$

$$Z_2 = R_2 + j \cdot \omega \cdot L_2 = 115 + j \cdot 2513 \cdot 0,047 = 115 + j118,1$$

$$Z_3 = R_3 + j \cdot \omega \cdot L_3 = 110 + j \cdot 2513 \cdot 0,042 = 110 + j105,6$$

$$Z_4 = R_4 + j \cdot \omega \cdot L_4 = 115 + j \cdot 2513 \cdot 0,047 = 115 + j118,1$$

2. визначимо контурні опори:

$$Z_{11} = Z_1 + Z_4 = 245 + j223,7$$

$$Z_{12} = 0$$

$$Z_{13} = -Z_4 = -115 - j118,1$$

$$Z_{21} = 0$$

$$Z_{22} = Z_2 + Z_3 = 225 + j223,7$$

$$Z_{23} = Z_3 = 110 + j105,6$$

$$Z_{31} = -Z_4 = -115 - j118,1$$

$$Z_{32} = Z_3 = 110 + j105,6$$

$$Z_{33} = Z_3 + Z_4 = 225 + j223,7$$

$$E_{11} = 0$$

$$E_{22} = E_3 = 90$$

$$E_{33} = 0$$

3. складемо рівняння за контурних струмів:

$$\begin{cases} I_{11} \cdot Z_{11} + I_{22} \cdot Z_{12} + I_{33} \cdot Z_{13} = E_{11} \\ I_{11} \cdot Z_{21} + I_{22} \cdot Z_{22} + I_{33} \cdot Z_{23} = E_{22} \\ I_{11} \cdot Z_{31} + I_{22} \cdot Z_{32} + I_{33} \cdot Z_{33} = E_{33} \end{cases}$$

4. підставимо значення в систему і розрахуємо значення контурних струмів:

$$\begin{cases} (245-j75,3) \cdot I_{11} + (-115+j180,9) \cdot I_{33} = 0 \\ (110-j19,08) \cdot I_{22} + j118,1 \cdot I_{33} = 90 \\ (-115+j180,9) \cdot I_{11} + j118,1 \cdot I_{22} + (115-j62,73) \cdot I_{33} = 0 \end{cases}$$

$$I_{11} = -0,2279 - j0,1425$$

$$I_{22} = 0,4572 + j0,1831$$

$$I_{33} = -0,0967 - j0,3066$$

5. за контурними струмами розрахуємо комплексні струми:

$$I_1 = I_{11} = -0,2279 - j0,1425$$

$$I_2 = I_{22} = 0,4572 + j0,1831$$

$$I_3 = -I_{22} - I_{33} = -0,3605 + j0,1234$$

$$I_4 = -I_{11} + I_{33} = 0,1312 - j0,164$$

6. перевірка за балансом потужностей:

$$\begin{aligned} & |I|^2_1 \cdot R_1 + |I|^2_1 \cdot j \cdot \omega L_1 + |I|^2_2 \cdot R_3 - |I|^2_2 \cdot j / (\omega C_3) + |I|^2_3 \cdot j \cdot \omega L_2 + |I|^2_4 \cdot R_2 - \\ & |I|^2_4 \cdot j / (\omega C_2) = 0,01117 + j0,00907 + 0,7516 - j0,9375 + j0,7949 + 8,009E-5 - \\ & j0,000126 = \mathbf{0,7628 - j0,1336} \\ & (\operatorname{Re}(I_2) \cdot j \cdot \operatorname{Im}(I_2)) \cdot E_3 = \mathbf{0,7628 - j7,4} \end{aligned}$$

$$\text{Похибка: } 0,7628 - j0,1336 - 0,7628 - j7,4 = \mathbf{7,2664j}$$

7. розрахуємо комплексні напруги:

$$U_1 = I_1 Z_1 = (-0,2279 - j0,1425) \cdot (130 + j105,6) = -14,579 - 42,5912j$$

$$U_2 = I_2 Z_2 = (0,4572 + j0,1831) \cdot (110 - j137,2) = 75,4133 - 42,5868j$$

$$U_3 = I_3 Z_3 = (-0,3605 + j0,1234) \cdot (j118,1) = -14,5735 - 42,575j$$

$$U_4 = I_4 Z_4 = (0,1312 - j0,164) \cdot (115 - j180,9) = -14,5796 - 42,594j$$

Визначення дійсних та миттєвих струмів

1. розрахуємо амплітудні струми та їх початкові фази:

$$I_{1m} = \sqrt{0,2279^2 + 0,1425^2} = 0,2687$$

$$I_{2m} = \sqrt{0,4572^2 + 0,1831^2} = 0,4925$$

$$I_{3m} = \sqrt{0,3605^2 + 0,1234^2} = 0,4043$$

$$I_{4m} = \sqrt{0,1312^2 + 0,164^2} = 0,21$$

$$\Psi_{i1} = \arctg\left(\frac{0,1425}{0,2279}\right) = 0,5587$$

$$\Psi_{i2} = \arctg\left(\frac{0,1831}{0,4572}\right) = 0,3809$$

$$\Psi_{i3} = \arctg\left(\frac{0,1234}{0,3605}\right) = 0,3298$$

$$\Psi_{i4} = \arctg\left(\frac{0,164}{0,1312}\right) = 0,8960$$

2. розрахуємо **діючі** струми ($I_i = \frac{I_{im}}{\sqrt{2}}$):

$$I_1 = \frac{I_{1m}}{\sqrt{2}} = \frac{0.2687}{1.4142} = 0.19$$

$$I_2 = \frac{I_{2m}}{\sqrt{2}} = \frac{0.4925}{1.4142} = 0.3482$$

$$I_3 = \frac{I_{3m}}{\sqrt{2}} = \frac{0.4043}{1.4142} = 0.2858$$

$$I_4 = \frac{I_{4m}}{\sqrt{2}} = \frac{0.21}{1.4142} = 0.1484$$

3. розрахуємо **миттєві** струми ($i = I_{im} \sin(\omega t + \Psi_i)$):

$$i_1 = 0.19 * \sin(2513t + 0.5587)$$

$$i_1 = 0.3448 * \sin(2513t + 0.3809)$$

$$i_1 = 0.2858 * \sin(2513t + 0.3298)$$

$$i_1 = 0.1484 * \sin(2513t + 0.8960)$$

Визначення **дійсних** та **миттєвих** напруг

1. розрахуємо **амплітудні** напруги та їх **початкові фази**

$$U_{1m} = \sqrt{14.579^2 + 42.5912^2} = 45.0161$$

$$U_{2m} = \sqrt{75.4133^2 + 42.5868^2} = 86.6071$$

$$U_{3m} = \sqrt{14.5735^2 + 42.575^2} = 45.0001$$

$$U_{4m} = \sqrt{14.5796^2 + 42.594^2} = 45.0201$$

$$\Psi_{u1} = \arctg\left(\frac{42.5912}{14.579}\right) = 1.2409$$

$$\Psi_{u2} = \arctg\left(\frac{42.5868}{75.4133}\right) = 0.5140$$

$$\Psi_{u3} = \arctg\left(\frac{42.575}{14.5735}\right) = 1.2409$$

$$\Psi_{u4} = \arctg\left(\frac{42.594}{14.5796}\right) = 1.2410$$

2. розрахуємо **діючі** напруги

$$U_1 = \frac{U_{1m}}{\sqrt{2}} = \frac{45.0161}{1.4142} = 31.8314$$

$$U_2 = \frac{U_{2m}}{\sqrt{2}} = \frac{86.6071}{1.4142} = 61.2410$$

$$U_3 = \frac{U_{3m}}{\sqrt{2}} = \frac{45.0001}{1.4142} = 31.8201$$

$$U_4 = \frac{U_{4m}}{\sqrt{2}} = \frac{45.0201}{1.4142} = 31.8343$$

3. розрахуємо **миттєві** напруги ($u = U_{im} \sin(\omega t + \Psi_i)$):

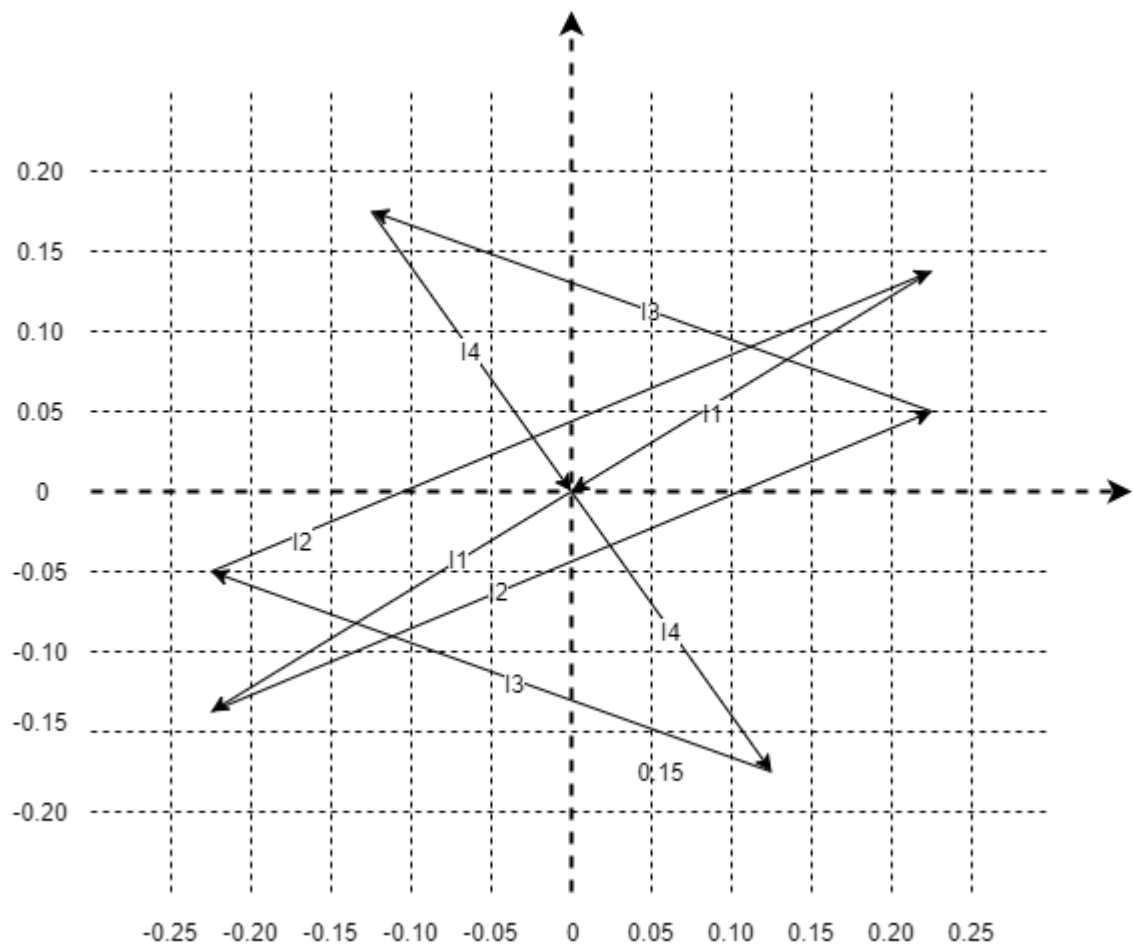
$$u_1 = 45.0161 * \sin(2513t + 1.2409)$$

$$u_1 = 86.6071 * \sin(2513t + 0.5140)$$

$$u_1 = 45.0001 * \sin(2513t + 1.2409)$$

$$u_1 = 45.0001 * \sin(2513t + 1.2410)$$

Векторна діаграма струмів



Топографічна діаграма напруг

