

### Задание

Для заданной электрической цепи по заданным параметрам нагрузки и питающим напряжениям выполнить следующее:

1. Определить фазные и линейные токи при замкнутом и разомкнутом ключе S;
2. Определить показания приборов в двух режимах;
3. Построить графики мгновенных токов и напряжений в каждой фазе и обратном проводнике;
4. Выбрать марки измерительных приборов и пределы измерений;
5. Построить векторные диаграммы токов и топографические диаграммы напряжений.
6. Рассчитать симметрирующие устройства, подключаемые к нагрузке для уменьшения несимметрии  $U_2/U_1 \leq 0.2$

Указание

N номер студента по списку

M номер группы

M := 1

Дано:  $R := 25 \cdot M$      $XL1 := 15 \cdot M$      $XC1 := 30 \cdot M$

$$U_1 := \frac{17 \cdot N}{\sqrt{2}} \quad U_3 := \frac{11 \cdot N}{\sqrt{2}} \quad U_5 := \frac{7 \cdot N}{\sqrt{2}}$$

$$U_1 = 12.0208 \text{ N} \quad U_3 = 7.7782 \text{ N} \quad U_5 = 4.9497 \text{ N}$$

$$U_{a1} := U_1 \quad U_{a1} = 12.0208 \text{ N} \quad |U_{a1}| = 12.0208 \text{ N} \quad \arg(U_{a1}) = 0 \cdot \text{deg}$$

$$U_{b1} := U_1 \cdot e^{-120j \cdot \text{deg}} \quad U_{b1} = (-6.0104 - 10.4103i) \text{ N} \quad |U_{b1}| = 12.0208 \text{ N} \quad \arg(U_{b1}) = -120 \cdot \text{deg}$$

$$U_{c1} := U_1 \cdot e^{120j \cdot \text{deg}} \quad U_{c1} = (-6.0104 + 10.4103i) \text{ N} \quad |U_{c1}| = 12.0208 \text{ N} \quad \arg(U_{c1}) = 120 \cdot \text{deg}$$

$$U_{a3} := U_3 \cdot e^{30j \cdot \text{deg}} \quad U_{a3} = (6.7361 + 3.8891i) \text{ N} \quad |U_{a3}| = 7.7782 \text{ N} \quad \arg(U_{a3}) = 30 \cdot \text{deg}$$

$$U_{b3} := U_3 \cdot e^{30j \cdot \text{deg}} \quad U_{b3} = (6.7361 + 3.8891i) \text{ N} \quad |U_{b3}| = 7.7782 \text{ N} \quad \arg(U_{b3}) = 30 \cdot \text{deg}$$

$$U_{c3} := U_3 \cdot e^{30j \cdot \text{deg}} \quad U_{c3} = (6.7361 + 3.8891i) \text{ N} \quad |U_{c3}| = 7.7782 \text{ N} \quad \arg(U_{c3}) = 30 \cdot \text{deg}$$

$$U_{a5} := U_5 \cdot e^{-45j \cdot \text{deg}} \quad U_{a5} = (3.5 - 3.5i) \text{ N} \quad |U_{a5}| = 4.9497 \text{ N} \quad \arg(U_{a5}) = -45 \cdot \text{deg}$$

$$U_{b5} := U_5 \cdot e^{75j \cdot \text{deg}} \quad U_{b5} = (1.2811 + 4.7811i) \text{ N} \quad |U_{b5}| = 4.9497 \text{ N} \quad \arg(U_{b5}) = 75 \cdot \text{deg}$$

$$U_{c5} := U_5 \cdot e^{-165j \cdot \text{deg}} \quad U_{c5} = (-4.7811 - 1.2811i) \text{ N} \quad |U_{c5}| = 4.9497 \text{ N} \quad \arg(U_{c5}) = -165 \cdot \text{deg}$$

## Расчет цепи при соединении источника и нагрузки звезда-звезда с нулевым проводом:

Определим линейные напряжения:

$U_{ab1} := U_{a1} - U_{b1}$	$U_{ab1} = (18.0312 + 10.4103i) \text{ N}$	$ U_{ab1}  = 20.8207 \text{ N}$	$\arg(U_{ab1}) = 30\text{-deg}$
$U_{bc1} := U_{b1} - U_{c1}$	$U_{bc1} = -20.8207i \text{ N}$	$ U_{bc1}  = 20.8207 \text{ N}$	$\arg(U_{bc1}) = -90\text{-deg}$
$U_{ca1} := U_{c1} - U_{a1}$	$U_{ca1} = (-18.0312 + 10.4103i) \text{ N}$	$ U_{ca1}  = 20.8207 \text{ N}$	$\arg(U_{ca1}) = 150\text{-deg}$
$U_{ab3} := U_{a3} - U_{b3}$	$U_{ab3} = 0 \text{ N}$		
$U_{bc3} := U_{b3} - U_{c3}$	$U_{bc3} = 0 \text{ N}$		
$U_{ca3} := U_{c3} - U_{a3}$	$U_{ca3} = 0 \text{ N}$		
$U_{ab5} := U_{a5} - U_{b5}$	$U_{ab5} = (2.2189 - 8.2811i) \text{ N}$	$ U_{ab5}  = 8.5732 \text{ N}$	$\arg(U_{ab5}) = -75\text{-deg}$
$U_{bc5} := U_{b5} - U_{c5}$	$U_{bc5} = (6.0622 + 6.0622i) \text{ N}$	$ U_{bc5}  = 8.5732 \text{ N}$	$\arg(U_{bc5}) = 45\text{-deg}$
$U_{ca5} := U_{c5} - U_{a5}$	$U_{ca5} = (-8.2811 + 2.2189i) \text{ N}$	$ U_{ca5}  = 8.5732 \text{ N}$	$\arg(U_{ca5}) = 165\text{-deg}$

Определим комплексные сопротивления:

$X_{C1} = 30$		$X_{L1} = 15$	
$X_{C3} := \frac{X_{C1}}{3}$	$X_{C3} = 10$	$X_{L3} := X_{L1} \cdot 3$	$X_{L3} = 45$
$X_{C5} := \frac{X_{C1}}{5}$	$X_{C5} = 6$	$X_{L5} := X_{L1} \cdot 5$	$X_{L5} = 75$
$Z_{a1} := R + j \cdot X_{L1}$	$Z_{a1} = 25 + 15i$	$ Z_{a1}  = 29.1548$	$\arg(Z_{a1}) = 30.9638\text{-deg}$
$Z_{a3} := R + j \cdot X_{L3}$	$Z_{a3} = 25 + 45i$	$ Z_{a3}  = 51.4782$	$\arg(Z_{a3}) = 60.9454\text{-deg}$
$Z_{a5} := R + j \cdot X_{L5}$	$Z_{a5} = 25 + 75i$	$ Z_{a5}  = 79.0569$	$\arg(Z_{a5}) = 71.5651\text{-deg}$
$Z_{b1} := R$	$Z_{b1} = 25$	$ Z_{b1}  = 25$	$\arg(Z_{b1}) = 0\text{-deg}$
$Z_{b3} := R$	$Z_{b3} = 25$	$ Z_{b3}  = 25$	$\arg(Z_{b3}) = 0\text{-deg}$
$Z_{b5} := R$	$Z_{b5} = 25$	$ Z_{b5}  = 25$	$\arg(Z_{b5}) = 0\text{-deg}$
$Z_{c1} := -j \cdot X_{C1}$	$Z_{c1} = -30i$	$ Z_{c1}  = 30$	$\arg(Z_{c1}) = -90\text{-deg}$
$Z_{c3} := -j \cdot X_{C3}$	$Z_{c3} = -10i$	$ Z_{c3}  = 10$	$\arg(Z_{c3}) = -90\text{-deg}$
$Z_{c5} := -j \cdot X_{C5}$	$Z_{c5} = -10i$	$ Z_{c5}  = 10$	$\arg(Z_{c5}) = -90\text{-deg}$

Определим токи:

$I_{a1} := \frac{U_{a1}}{Z_{a1}}$	$I_{a1} = (0.3536 - 0.2121i) \text{ N}$	$ I_{a1}  = 0.4123 \text{ N}$	$\arg(I_{a1}) = -30.9638\text{-deg}$
$I_{b1} := \frac{U_{b1}}{Z_{b1}}$	$I_{b1} = (-0.2404 - 0.4164i) \text{ N}$	$ I_{b1}  = 0.4808 \text{ N}$	$\arg(I_{b1}) = -120\text{-deg}$
$I_{c1} := \frac{U_{c1}}{Z_{c1}}$	$I_{c1} = (-0.347 - 0.2003i) \text{ N}$	$ I_{c1}  = 0.4007 \text{ N}$	$\arg(I_{c1}) = -150\text{-deg}$

$$\begin{aligned}
I_{a3} &:= \frac{U_{a3}}{Z_{a3}} & I_{a3} &= (0.1296 - 0.0777i) \text{ N} & |I_{a3}| &= 0.1511 \text{ N} & \arg(I_{a3}) &= -30.9454 \cdot \text{deg} \\
I_{b3} &:= \frac{U_{b3}}{Z_{b3}} & I_{b3} &= (0.2694 + 0.1556i) \text{ N} & |I_{b3}| &= 0.3111 \text{ N} & \arg(I_{b3}) &= 30 \cdot \text{deg} \\
I_{c3} &:= \frac{U_{c3}}{Z_{c3}} & I_{c3} &= (-0.3889 + 0.6736i) \text{ N} & |I_{c3}| &= 0.7778 \text{ N} & \arg(I_{c3}) &= 120 \cdot \text{deg} \\
I_{a5} &:= \frac{U_{a5}}{Z_{a5}} & I_{a5} &= (-0.028 - 0.056i) \text{ N} & |I_{a5}| &= 0.0626 \text{ N} & \arg(I_{a5}) &= -116.5651 \cdot \text{deg} \\
I_{b5} &:= \frac{U_{b5}}{Z_{b5}} & I_{b5} &= (0.0512 + 0.1912i) \text{ N} & |I_{b5}| &= 0.198 \text{ N} & \arg(I_{b5}) &= 75 \cdot \text{deg} \\
I_{c5} &:= \frac{U_{c5}}{Z_{c5}} & I_{c5} &= (0.1281 - 0.4781i) \text{ N} & |I_{c5}| &= 0.495 \text{ N} & \arg(I_{c5}) &= -75 \cdot \text{deg}
\end{aligned}$$

Определим показания амперметра включенного в фазу В:

$$I_b := \sqrt{(|I_{b1}|)^2 + (|I_{b3}|)^2 + (|I_{b5}|)^2} \quad I_b = 0.606 \text{ N}$$

Определим мгновенное значение тока нулевого провода:

$$\begin{aligned}
I_{o1} &:= I_{a1} + I_{b1} + I_{c1} & I_{o1} &= (-0.2339 - 0.8289i) & |I_{o1}| &= 0.8613 \text{ N} \\
I_{o1m} &:= |I_{o1}| \cdot \sqrt{2} & I_{o1m} &= 1.218 \text{ N} & \psi_{o1} &:= \arg(I_{o1}) & \psi_{o1} &= -105.7565 \cdot \text{deg} \\
I_{o3} &:= I_{a3} + I_{b3} + I_{c3} & I_{o3} &= (0.0101 + 0.7515i) & |I_{o3}| &= 0.7515 \text{ N} \\
I_{o3m} &:= |I_{o3}| \cdot \sqrt{2} & I_{o3m} &= 1.0628 \text{ N} & \psi_{o3} &:= \arg(I_{o3}) & \psi_{o3} &= 89.2281 \cdot \text{deg} \\
I_{o5} &:= I_{a5} + I_{b5} + I_{c5} & I_{o5} &= (0.1514 - 0.3429i) & |I_{o5}| &= 0.3748 \text{ N} \\
I_{o5m} &:= |I_{o5}| \cdot \sqrt{2} & I_{o5m} &= 0.53 \text{ N} & \psi_{o5} &:= \arg(I_{o5}) & \psi_{o5} &= -66.1817 \cdot \text{deg}
\end{aligned}$$

$$i_{o1}(t) := 12.18 \cdot \sin(314t + -105.7565 \text{ deg})$$

$$i_{o3}(t) := 10.9183 \cdot \sin(942t + 89.2281 \text{ deg})$$

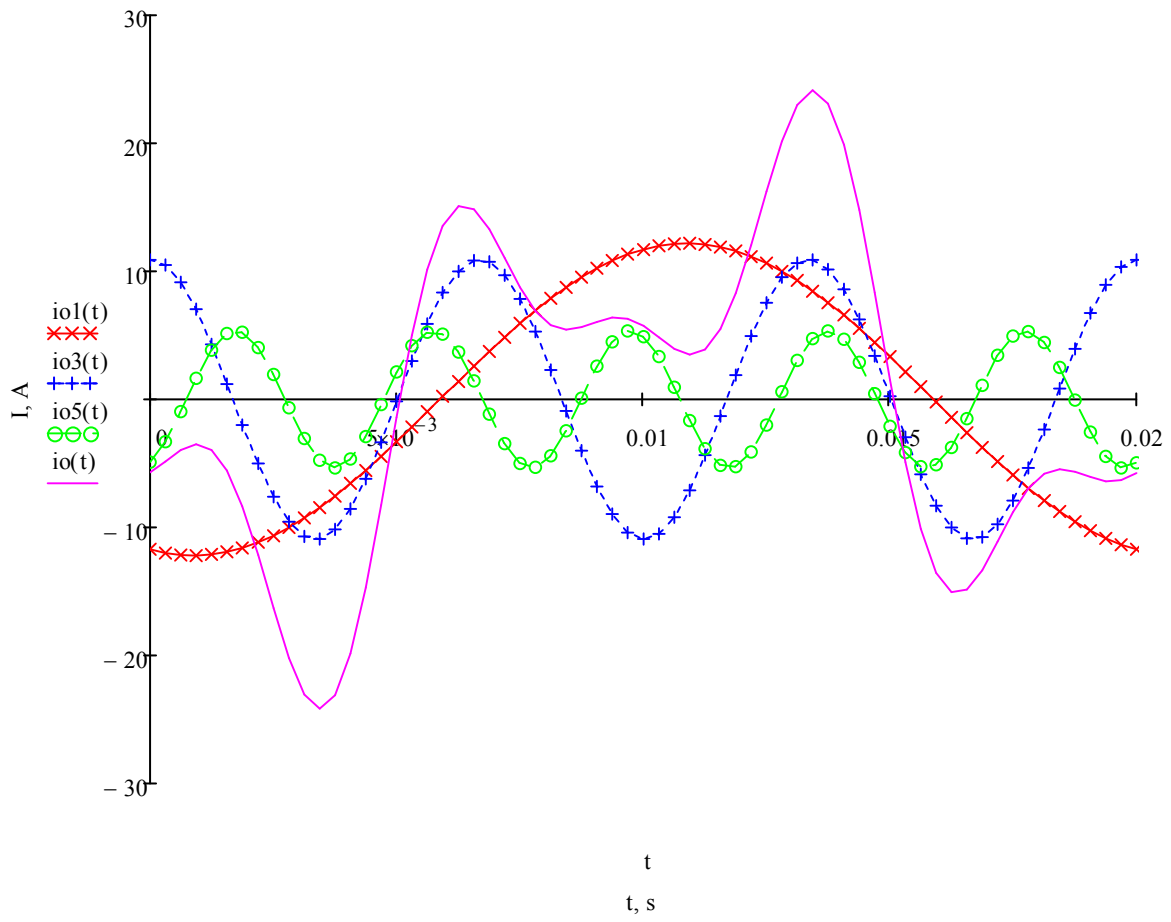
$$i_{o5}(t) := 5.3533 \cdot \sin(1570t + -66.1817 \text{ deg})$$

$$i_o(t) := i_{o1}(t) + i_{o3}(t) + i_{o5}(t) \rightarrow 12.2 \cdot \sin(-106.0 \cdot \text{deg} + 314.0 \cdot t) + 10.9 \cdot \sin(89.2 \cdot \text{deg} + 942.0 \cdot t) + 5.35 \cdot \sin(-66.2 \cdot \text{deg} + 1570 \cdot t)$$

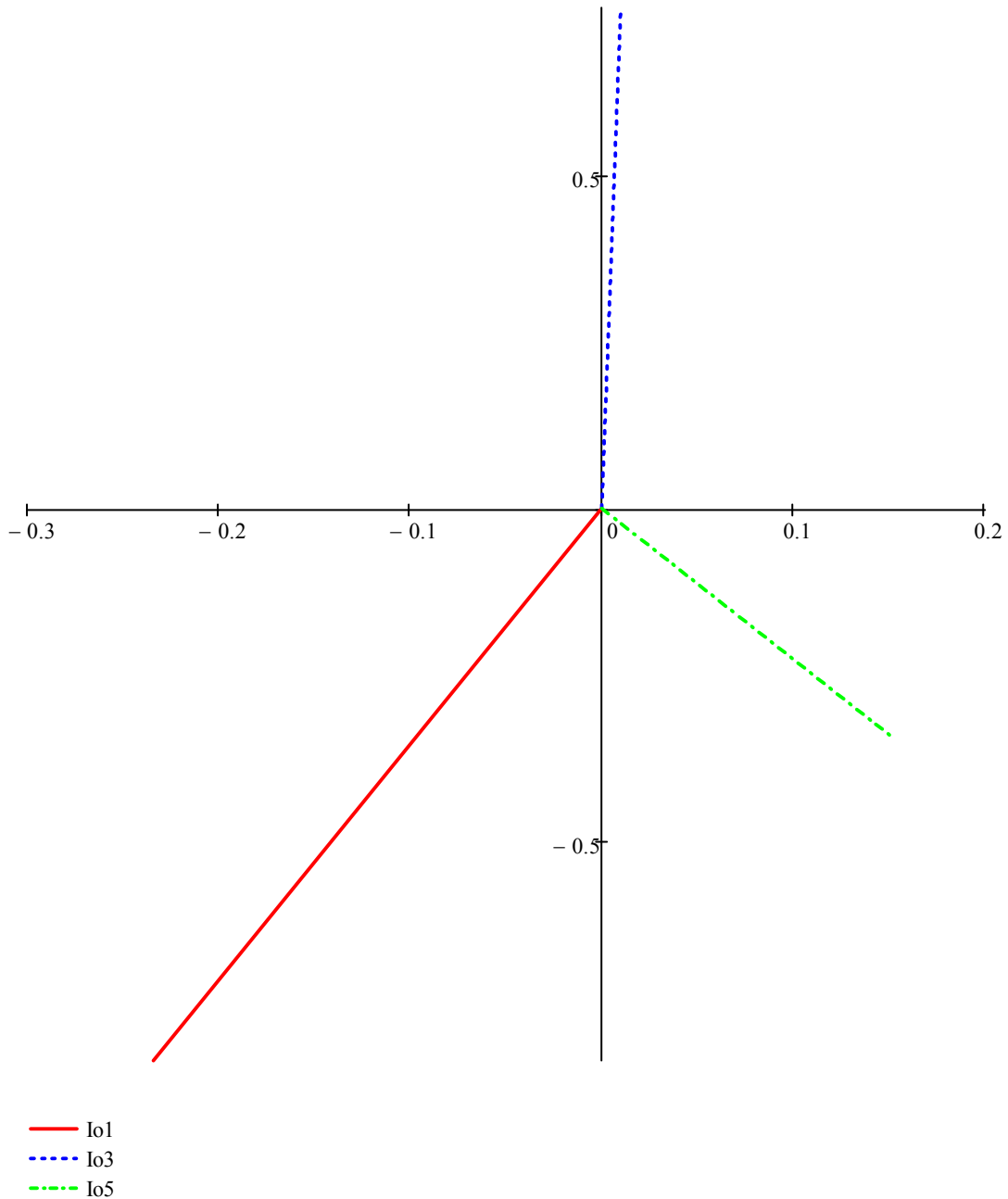
Определим показания амперметра включенного в нулевой провод:

$$I_o := \sqrt{(|I_{o1}|)^2 + (|I_{o3}|)^2 + (|I_{o5}|)^2} \quad I_o = 1.2029 \text{ N}$$

$$t := 0, \frac{20}{1000 \cdot 64} \dots \frac{20}{1000}$$



M = 1 A/дел



Определим показания ваттметров:

$$P_{w1} := \operatorname{Re}(-U_{a1} \cdot \overline{I_{o1}}) + \operatorname{Re}(-U_{a3} \cdot \overline{I_{o3}}) + \operatorname{Re}(-U_{a5} \cdot \overline{I_{o5}})$$

$$P_{w1} = -1.9092 \text{ N}^2$$

$$P_{w2} := \operatorname{Re}(U_{ab1} \cdot \overline{I_{o1}}) + \operatorname{Re}(U_{ab3} \cdot \overline{I_{o3}}) + \operatorname{Re}(U_{ab5} \cdot \overline{I_{o5}})$$

$$P_{w2} = -9.6709 \text{ N}^2$$

Расчет цепи при соединении источника и нагрузки  
звезда-звезда без нулевого провода:

Определим проводимости:

$Y_{a1} := \frac{1}{Z_{a1}}$	$Y_{a1} = 0.0294 - 0.0176i$	$ Y_{a1}  = 0.0343$	$\arg(Y_{a1}) = -30.9638 \cdot \text{deg}$
$Y_{b1} := \frac{1}{Z_{b1}}$	$Y_{b1} = 0.04$	$ Y_{b1}  = 0.04$	$\arg(Y_{b1}) = 0 \cdot \text{deg}$
$Y_{c1} := \frac{1}{Z_{c1}}$	$Y_{c1} = 0.0333i$	$ Y_{c1}  = 0.0333$	$\arg(Y_{c1}) = 90 \cdot \text{deg}$
$Y_{a3} := \frac{1}{Z_{a3}}$	$Y_{a3} = 9.434 \times 10^{-3} - 0.017i$	$ Y_{a3}  = 0.0194$	$\arg(Y_{a3}) = -60.9454 \cdot \text{deg}$
$Y_{b3} := \frac{1}{Z_{b3}}$	$Y_{b3} = 0.04$	$ Y_{b3}  = 0.04$	$\arg(Y_{b3}) = 0 \cdot \text{deg}$
$Y_{c3} := \frac{1}{Z_{c3}}$	$Y_{c3} = 0.1i$	$ Y_{c3}  = 0.1$	$\arg(Y_{c3}) = 90 \cdot \text{deg}$
$Y_{a5} := \frac{1}{Z_{a5}}$	$Y_{a5} = 4 \times 10^{-3} - 0.012i$	$ Y_{a5}  = 0.0126$	$\arg(Y_{a5}) = -71.5651 \cdot \text{deg}$
$Y_{b5} := \frac{1}{Z_{b5}}$	$Y_{b5} = 0.04$	$ Y_{b5}  = 0.04$	$\arg(Y_{b5}) = 0 \cdot \text{deg}$
$Y_{c5} := \frac{1}{Z_{c5}}$	$Y_{c5} = 0.1i$	$ Y_{c5}  = 0.1$	$\arg(Y_{c5}) = 90 \cdot \text{deg}$

Определим напряжение смещения нейтрали:

$U_{o'o1} := \frac{U_{a1} \cdot Y_{a1} + U_{b1} \cdot Y_{b1} + U_{c1} \cdot Y_{c1}}{Y_{a1} + Y_{b1} + Y_{c1}}$	$U_{o'o1} = (-5.7732 - 10.637i) \text{ N}$
$U_{o'o3} := \frac{U_{a3} \cdot Y_{a3} + U_{b3} \cdot Y_{b3} + U_{c3} \cdot Y_{c3}}{Y_{a3} + Y_{b3} + Y_{c3}}$	$U_{o'o3} = (6.7361 + 3.8891i) \text{ N}$
$U_{o'o5} := \frac{U_{a5} \cdot Y_{a5} + U_{b5} \cdot Y_{b5} + U_{c5} \cdot Y_{c5}}{Y_{a5} + Y_{b5} + Y_{c5}}$	$U_{o'o5} = (-2.429 - 2.9344i) \text{ N}$

Определим показания вольтметра, включенного между точками OO':

$$U_{voo'} := \sqrt{(|U_{o'o1}|)^2 + (|U_{o'o3}|)^2 + (|U_{o'o5}|)^2} \quad U_{voo'} = 14.8824 \text{ N}$$

Определим фазные напряжения фазы В:

$U_{bo'1} := U_{b1} - U_{o'o1}$	$U_{bo'1} = (-0.2372 + 0.2267i) \text{ N}$	$ U_{bo'1}  = 0.3281 \text{ N}$	$\arg(U_{bo'1}) = 136.302 \cdot \text{deg}$
$U_{bo'3} := U_{b3} - U_{o'o3}$	$U_{bo'3} = 0 \text{ N}$		

$$U_{b0'5} := U_{b5} - U_{o'o5} \quad U_{b0'5} = (3.7101 + 7.7155i) \text{ N} \quad |U_{b0'5}| = 8.5612 \text{ N} \quad \arg(U_{b0'5}) = 64.3189 \cdot \text{deg}$$

Определим токи фазы В:

$$I_{b1} := \frac{U_{b0'1}}{Z_{b1}} \quad I_{b1} = (-9.4879 \times 10^{-3} + 9.0662i \times 10^{-3}) \text{ N}$$

$$I_{b3} := \frac{U_{b0'3}}{Z_{b3}} \quad I_{b3} = 0 \text{ N}$$

$$I_{b5} := \frac{U_{b0'5}}{Z_{b5}} \quad I_{b5} = (0.1484 + 0.3086i) \text{ N}$$

Определим показания амперметра, включенного в фазу В:

$$I_b := \sqrt{(|I_{b1}|)^2 + (|I_{b3}|)^2 + (|I_{b5}|)^2} \quad I_b = 0.3427 \text{ N}$$

570.0-t)

$$\begin{aligned}
v_{Io1} &:= \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \text{Re}(Io1) & \text{Im}(Io1) \end{pmatrix} & v_{Io3} &:= \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \text{Re}(Io3) & \text{Im}(Io3) \end{pmatrix} & v_{Io5} &:= \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \text{Re}(Io5) & \text{Im}(Io5) \end{pmatrix} \\
v_{Io1} &= \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -0.2339 & -0.8289 \end{pmatrix} & v_{Io3} &= \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0.0101 & 0.7515 \end{pmatrix}^N & v_{Io5} &= \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0.1514 & -0.3429 \end{pmatrix}^N
\end{aligned}$$