

ORIGIN := 1

Задаём численные значения элементов цепи

$$\begin{aligned}
 R1 &:= 32 & R2 &:= 0 & R3 &:= 64 & R4 &:= 97 & R5 &:= 0 & R6 &:= 28 \\
 X11 &:= 0 & X12 &:= 33 & X13 &:= 14 & X14 &:= 13 & X15 &:= 58 & X16 &:= 0 \\
 Xc1 &:= 22 & Xc2 &:= 0 & Xc3 &:= 51 & Xc4 &:= 0 & Xc5 &:= 47 & Xc6 &:= 54 \\
 E1 &:= 0 \cdot e^{i \cdot 0 \text{deg}} & E2 &:= 0 \cdot e^{i \cdot 0 \text{deg}} & E3 &:= 0 \cdot e^{i \cdot 0 \text{deg}} \\
 E4 &:= 21 \cdot e^{i \cdot 17 \text{deg}} & E5 &:= 0 \cdot e^{i \cdot 0 \text{deg}} & E6 &:= 0 \cdot e^{i \cdot 0 \text{deg}} \\
 Z1 &:= R1 + i \cdot X11 - i \cdot Xc1 = 32 - 22i & Z4 &:= R4 + i \cdot X14 - i \cdot Xc4 = 97 + 13i \\
 Z2 &:= R2 + i \cdot X12 - i \cdot Xc2 = 33i & Z5 &:= R5 + i \cdot X15 - i \cdot Xc5 = 11i \\
 Z3 &:= R3 + i \cdot X13 - i \cdot Xc3 = 64 - 37i & Z6 &:= R6 + i \cdot X16 - i \cdot Xc6 = 28 - 54i
 \end{aligned}$$

6. Определение токов в ветвях исходной схемы методом законов Кирхгофа

Записываем уравнения, описывающие цепь, в матричном виде

$Ax = B$, где: A - квадратная матрица;

B - матрица столбец правых частей;

x - матрица столбец искомых токов.

$$A1 := \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & -1 \\ Z1 & 0 & 0 & -Z4 & Z5 & 0 \\ 0 & Z2 & 0 & 0 & -Z5 & Z6 \\ Z1 & Z2 & Z3 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad B1 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ E1 - E4 + E5 \\ E2 + E6 - E5 \\ E1 + E2 + E3 \end{pmatrix}$$

Выводим численные значения матриц

$$A1 = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & -1 \\ 32 - 22i & 0 & 0 & -97 - 13i & 11i & 0 \\ 0 & 33i & 0 & 0 & -11i & 28 - 54i \\ 32 - 22i & 33i & 64 - 37i & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad B1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -20.082 - 6.14i \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Находим неизвестные токи умножая обратную матрицу A на матрицу B.

$$x := A1^{-1} \cdot B1$$

Выводим численные значения токов в виде вектора строки путём транспонирования x.

$$x^T = (-0.12 - 0.055i \quad 0.052 - 0.114i \quad 0.033 - 0.022i \quad 0.153 + 0.033i \quad -0.172 + 0.059i \quad 0.02 - 0.01i)$$

7. Определение токов в ветвях исходной схемы методом контурных токов

Выводим матрицы столбцы с целью проверки исходных данных

$$E = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 20.082 + 6.14i \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad R = \begin{pmatrix} 32 - 22i \\ 33i \\ 64 - 37i \\ 97 + 13i \\ 11i \\ 28 - 54i \end{pmatrix}$$

Формируем диагональную матрицу RD из матрицы R

$$RD := \text{diag}(R)$$

Выводим диагональную матрицу RD с целью проверки

$$RD = \begin{pmatrix} 32 - 22i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 33i & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 64 - 37i & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 97 + 13i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 11i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 28 - 54i \end{pmatrix}$$

Формируем узловую матрицу A и контурную B

$$A := \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad B := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Находим контурные токи

$$I_k := (B \cdot RD \cdot B^T)^{-1} (B \cdot E) \quad I_k = \begin{pmatrix} -0.153 - 0.033i \\ 0.02 - 0.092i \\ 0.033 - 0.022i \end{pmatrix}$$

Определяем токи ветвей

$$I := B^T \cdot I_k$$

$$I^T = (-0.12 - 0.055i \quad 0.052 - 0.114i \quad 0.033 - 0.022i \quad 0.153 + 0.033i \quad -0.172 + 0.059i \quad 0.033 - 0.022i)$$

Определяем токи в сопротивлениях ветвей

$$IR := I$$

$$IR^T = (-0.12 - 0.055i \quad 0.052 - 0.114i \quad 0.033 - 0.022i \quad 0.153 + 0.033i \quad -0.172 + 0.059i \quad 0.033 - 0.022i)$$

8. Определение токов в ветвях исходной схемы методом узловых напряжений

Формируем узловую матрицу A и контурную B

$$A := \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad B := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$RD := \text{diag}(R)$ Формируем диагональную матрицу RD из матрицы R

$G := \frac{1}{RD}$ Переформировываем матрицу RD в G

$$F := (A \cdot G \cdot A^T)^{-1} \cdot (-A \cdot G \cdot E)$$

$$F = \begin{pmatrix} 5.688 + 1.001i \\ 0.651 + 1.896i \\ 4.403 + 3.624i \end{pmatrix}$$

Определяем потенциалы всех узлов по отношению к базисному узлу

Определяем напряжение на всех ветвях цепи

$$U := A^T F$$

$$U^T = (-5.037 + 0.894i \quad 3.752 + 1.729i \quad 1.285 - 2.623i \quad -5.688 - 1.001i \quad -0.651 - 1.896i \quad -4.403 - 3.624i)$$

Определяем токи в сопротивлениях ветвей

$$IR := G \cdot (U + E)$$

$$IR^T = (-0.12 - 0.055i \quad 0.052 - 0.114i \quad 0.033 - 0.022i \quad 0.153 + 0.033i \quad -0.172 + 0.059i \quad 0.02 - 0.092i)$$