

~~~~~

### Задаём численные значения элементов цепи

R1 := 11    R2 := 71    R3 := 0    R4 := 0    R5 := 0    R6 := 95    R7 := 0    R8 := 51

$$\text{XL1} := 0 \quad \text{XL2} := 0 \quad \text{XL3} := 45 \quad \text{XL4} := 46 \quad \text{XL5} := 46 \quad \text{XL6} := 0 \quad \text{XL7} := 18 \quad \text{XL8} := 0$$
$$\text{XC1} := 0 \quad \text{XC2} := 33 \quad \text{XC3} := 92 \quad \text{XC4} := 0 \quad \text{XC5} := 0 \quad \text{XC6} := 52 \quad \text{XC7} := 0 \quad \text{XC8} := 24$$
$$E1 := 0 \cdot e^{i \cdot 0 \deg} \quad E3 := 0 \cdot e^{i \cdot 0 \deg} \quad E5 := 0 \cdot e^{i \cdot 0 \deg} \quad E7 := 0 \cdot e^{i \cdot 0 \deg}$$
$$E2 := 0 \cdot e^{i \cdot 0 \text{deg}} \quad E4 := 0 \cdot e^{i \cdot 0 \text{deg}} \quad E6 := 53 \cdot e^{i \cdot 253 \text{deg}} \quad E8 := 0 \cdot e^{i \cdot 0 \text{deg}}$$
$$Z1 := R1 + i \cdot XL1 - i \cdot XC1 = 11$$
$$Z_2 := R_2 + i \cdot X_{L2} - i \cdot X_{C2} = 71 - 33i \qquad Z_6 := R_6 + i \cdot X_{L6} - i \cdot X_{C6} = 95 - 52i$$
$$Z3 := R3 + i \cdot XL3 - i \cdot XC3 = -47i \qquad Z7 := R7 + i \cdot XL7 - i \cdot XC7 = 18i$$
$$Z_4 := R_4 + i \cdot X_{L4} - i \cdot X_{C4} = 46i \qquad Z_8 := R_8 + i \cdot X_{L8} - i \cdot X_{C8} = 51 - 24i$$

## 7. 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.

$$A1 := \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ Z1 & 0 & 0 & 0 & Z5 & Z6 & Z7 & 0 \\ 0 & Z2 & Z3 & Z4 & 0 & 0 & -Z7 & 0 \\ Z1 & Z2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & Z8 \end{pmatrix} \quad B1 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ E1 + E5 + E6 + E7 \\ E2 + E3 + E4 - E7 \\ E1 + E2 + E8 \end{pmatrix}$$

Выводим численные значения матриц

$$A1 = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 11 & 0 & 0 & 0 & 46i & 95 - 52i & 18i & 0 \\ 0 & 71 - 33i & -47i & 46i & 0 & 0 & -18i & 0 \\ 11 & 71 - 33i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 51 - 24i \end{pmatrix} \quad B1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -15.496 - 50.684i \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

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.

$$x^T = (-0.259 - 0.306i \quad 0.089 - 0.044i \quad 0.193 - 0.18i \quad 0.193 - 0.18i \quad -0.155 - 0.442i \quad -0.155 - 0.442i \quad -0.348 - 0.262i \quad -0.104 + 0.136i)$$

8. Определение токов в ветвях исходной схемы методом контурных токов

Выводим матрицы столбцы с целью проверки исходных данных

$$E = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -15.496 - 50.684i \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad R = \begin{pmatrix} 11 \\ 71 - 33i \\ -47i \\ 46i \\ 46i \\ 95 - 52i \\ 18i \\ 51 - 24i \end{pmatrix}$$

Формируем диагональную матрицу RD из матрицы R

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

Выводим диагональную матрицу RD с целью проверки

$$RD = \begin{pmatrix} 11 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 71 - 33i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -47i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 46i & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 46i & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 95 - 52i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 18i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 51 - 24i \end{pmatrix}$$

Формируем узловую матрицу A и контурную B

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

Находим контурные токи

$$I_k := (B \cdot RD \cdot B^T)^{-1} (B \cdot E) \quad I_k = \begin{pmatrix} -0.155 - 0.442i \\ 0.193 - 0.18i \\ -0.104 + 0.136i \end{pmatrix}$$

Определяем токи ветвей

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

$$I^T = (-0.259 - 0.306i \quad 0.089 - 0.044i \quad 0.193 - 0.18i \quad 0.193 - 0.18i \quad -0.155 - 0.442i \quad -0.155 - 0.442i \quad -0.348 - 0.262i \quad -0.104 + 0.136i)$$

Определяем токи в сопротивлениях ветвей

$$IR := I$$

$$IR^T = (-0.259 - 0.306i \quad 0.089 - 0.044i \quad 0.193 - 0.18i \quad 0.193 - 0.18i \quad -0.155 - 0.442i \quad -0.155 - 0.442i \quad -0.348 - 0.262i \quad -0.104 + 0.136i)$$

9. Определение токов в ветвях исходной схемы методом узловых напряжений

Формируем узловую матрицу A и контурную B

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

Формируем диагональную матрицу RD из матрицы R

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

Переформировываем матрицу RD в G

$$\underline{G} := \frac{1}{RD}$$

Определяем потенциалы всех узлов по отношению к базисному узлу

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

$$F = \begin{pmatrix} -22.19 + 16.755i \\ -25.039 + 13.391i \\ -20.147 + 7.315i \\ -28.613 - 1.779i \\ -20.327 + 7.122i \end{pmatrix}$$

Определяем напряжение на всех ветвях цепи

$$U := A^T F$$

Определяем токи в сопротивлениях ветвей

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

$$U = \begin{pmatrix} -2.848 - 3.364i \\ 4.892 - 6.076i \\ -8.466 - 9.094i \\ 8.286 + 8.9i \\ 20.327 - 7.122i \\ -22.19 + 16.755i \\ 4.712 - 6.269i \\ -2.044 + 9.44i \end{pmatrix}$$

$$IR = \begin{pmatrix} -0.259 - 0.306i \\ 0.089 - 0.044i \\ 0.193 - 0.18i \\ 0.193 - 0.18i \\ -0.155 - 0.442i \\ -0.155 - 0.442i \\ -0.348 - 0.262i \\ -0.104 + 0.136i \end{pmatrix}$$