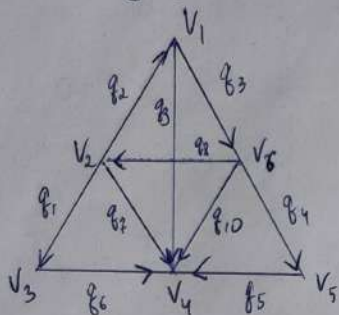
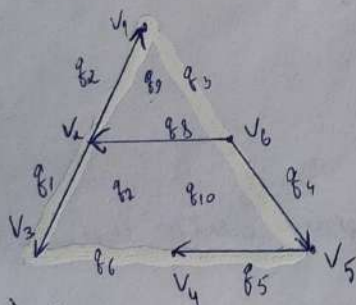


1) Зададим на графе произв. ориентацию:



2) Построим произв. остовное дерево \mathcal{D} зад. графа:



3) Найдем базис циклов

$$(\mathcal{D} + g_3): \mathcal{C}_1: V_1 - V_6 - V_2 - V_1 \Rightarrow c(\mathcal{C}_1) = (0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0)$$

$$(\mathcal{D} + g_9): \mathcal{C}_2: V_1 - V_4 - V_5 - V_6 - V_2 - V_1 \Rightarrow c(\mathcal{C}_2) = (0 \ 1 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0)$$

$$(\mathcal{D} + g_6): \mathcal{C}_3: V_6 - V_5 - V_4 - V_3 - V_2 - V_6 \Rightarrow c(\mathcal{C}_3) = (-1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0)$$

$$(\mathcal{D} + g_7): \mathcal{C}_4: V_2 - V_4 - V_5 - V_6 - V_2 \Rightarrow c(\mathcal{C}_4) = (0 \ 0 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0)$$

$$(\mathcal{D} + g_{10}): \mathcal{C}_5: V_6 - V_5 - V_4 - V_6 \Rightarrow c(\mathcal{C}_5) = (0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1)$$

4) Цикломатрица матр. графа имеет вид:

$$C = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

5) Выпишем зако. Кирхгофа для напряж:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \\ u_6 \\ u_7 \\ u_8 \\ u_9 \\ u_{10} \end{pmatrix} = 0$$

$$\begin{cases} u_2 + u_3 + u_8 = 0 \\ u_2 - u_4 - u_5 + u_8 + u_9 = 0 \\ -u_1 + u_4 + u_5 - u_6 - u_8 = 0 \\ -u_4 - u_5 + u_7 + u_8 = 0 \\ u_4 + u_5 - u_{10} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} u_3 = -u_2 - u_8 \\ u_9 = -u_2 + u_4 + u_5 - u_8 \\ u_6 = -u_1 + u_4 + u_5 - u_8 \\ u_7 = u_4 + u_5 - u_8 \\ u_{10} = u_4 + u_5 \end{cases}$$

6) Выпишем зако. Кирхгофа для токов:

7) Выпишем урав. Кирхгофа для токов. Найдем матрицу инцид.

В ориентации:

	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}
u_1	0	1	-1	0	0	0	0	0	-1	0
u_2	-1	-1	0	0	0	0	-1	1	0	0
u_3	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0
u_4	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
u_5	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0
u_6	0	0	1	-1	0	0	0	-1	0	-1

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

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \\ I_7 \\ I_8 \\ I_9 \end{pmatrix} = 0$$

$$\begin{cases} I_2 - I_3 - I_9 = 0 \\ -I_1 - I_2 - I_7 + I_8 = 0 \\ I_1 - I_6 = 0 \\ I_5 + I_6 + I_7 + I_9 + I_{10} = 0 \\ I_4 - I_5 = 0 \\ \cancel{I_3 - I_4 - I_8 - I_{10} = 0} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} I_2 - I_3 - I_9 = 0 \\ -I_1 - I_2 - I_7 + I_8 = 0 \\ I_1 - I_6 = 0 \\ I_5 + I_6 + I_7 + I_9 + I_{10} = 0 \\ I_4 - I_5 = 0 \end{cases}$$

8) постробуем закон Ома:

$$\begin{cases} E_1 = -I_1 R_1 - I_8 R_8 \\ 0 = -I_3 R_3 - I_2 R_2 + I_4 R_4 + I_5 R_5 - I_8 R_8 \\ 0 = -I_6 R_6 - I_1 R_1 + I_4 R_4 + I_5 R_5 - I_8 R_8 \\ 0 = -I_7 R_7 + I_4 R_4 + I_5 R_5 - I_8 R_8 \\ E_2 = I_4 R_4 + I_5 R_5 \end{cases}$$

От вет: $-I_1 R_1 - I_8 R_8 = E_1$

$$-I_9 R_9 - I_2 R_2 + I_4 R_4 + I_5 R_5 - I_8 R_8 = 0$$

$$-I_6 R_6 - I_1 R_1 + I_4 R_4 + I_5 R_5 - I_8 R_8 = 0$$

$$-I_7 R_7 + I_4 R_4 + I_5 R_5 - I_8 R_8 = 0$$

$$I_4 R_4 + I_5 R_5 = E_2$$

$$I_2 - I_3 - I_9 = 0$$

$$-I_1 - I_2 - I_7 + I_8 = 0$$

$$I_1 - I_6 = 0$$

$$I_5 + I_6 + I_7 + I_9 + I_{10} = 0$$

$$I_4 - I_5 = 0$$

9. улов. и 9 неизвестных - токи I_1, \dots, I_{10} ; з.п.с. E_1, E_2
и сопротивления $R_1, R_2, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9$ известны