

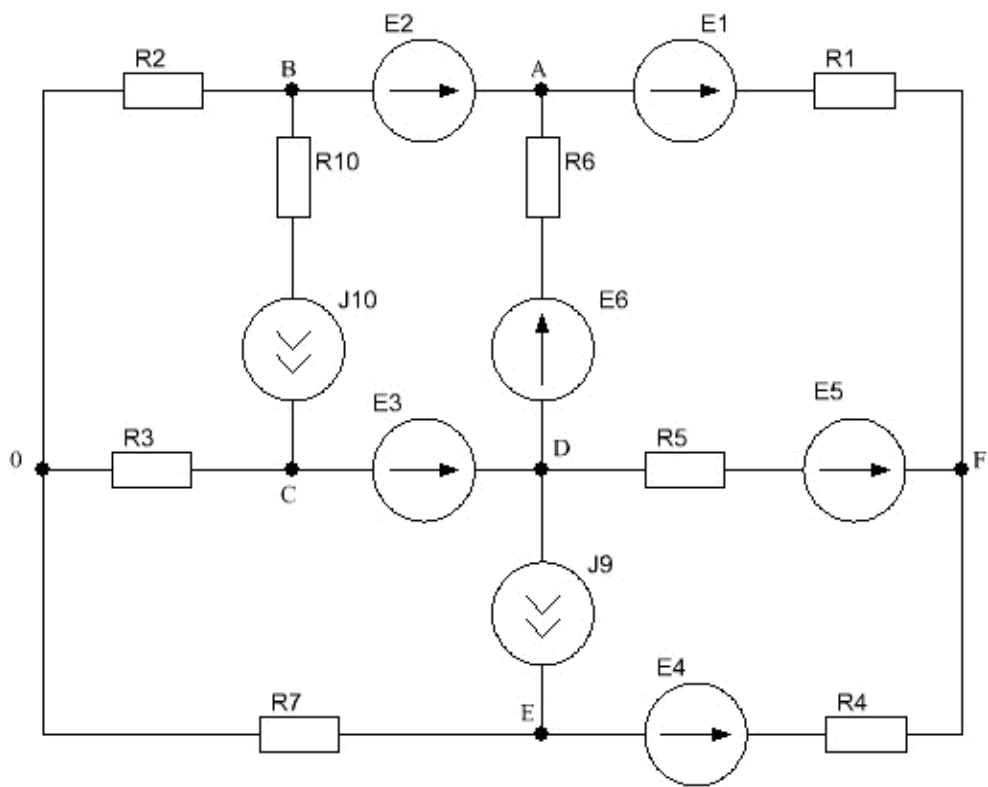
Расчетное задание № 1
по дисциплине "Электротехника и Электроника"

1. Составить граф для заданной электрической схемы. Выбрать дерево, а затем выбрать совокупность главных контуров.

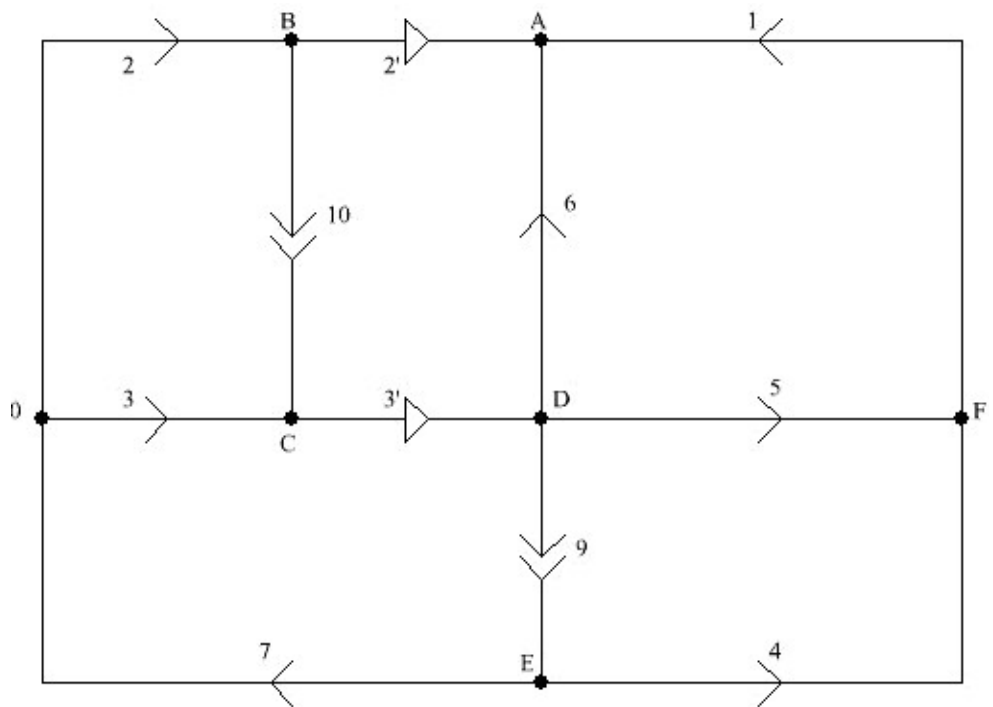
Примечание: параметры схемы R , E , J известны. Вольтметры считать идеальными, т.е. внутреннее сопротивление $R_v \rightarrow \infty$.

2. Записать необходимое количество уравнений по законам Кирхгофа, позволяющих рассчитывать неизвестные токи ветвей и напряжения на источниках тока.
3. Записать необходимое количество контурных уравнений по методу контурных токов для расчета неизвестных контурных токов.
4. Записать выражения для расчета токов ветвей через контурные токи.
5. Записать уравнения для расчета напряжений на зажимах вольтметров, считая токи ветвей известными.
6. Составить уравнения для расчета потенциалов узлов методом узловых потенциалов и записать уравнения для расчета токов ветвей через потенциалы узлов.
7. Рассматривая исходную схему относительно ветви $E_2 - R_2$ как активный двухполюсник, определить его параметры: V_{oc} , I_{sc} , $R_{экв}$, а также записать выражение для расчета тока I_2 через параметры активного двухполюсника.

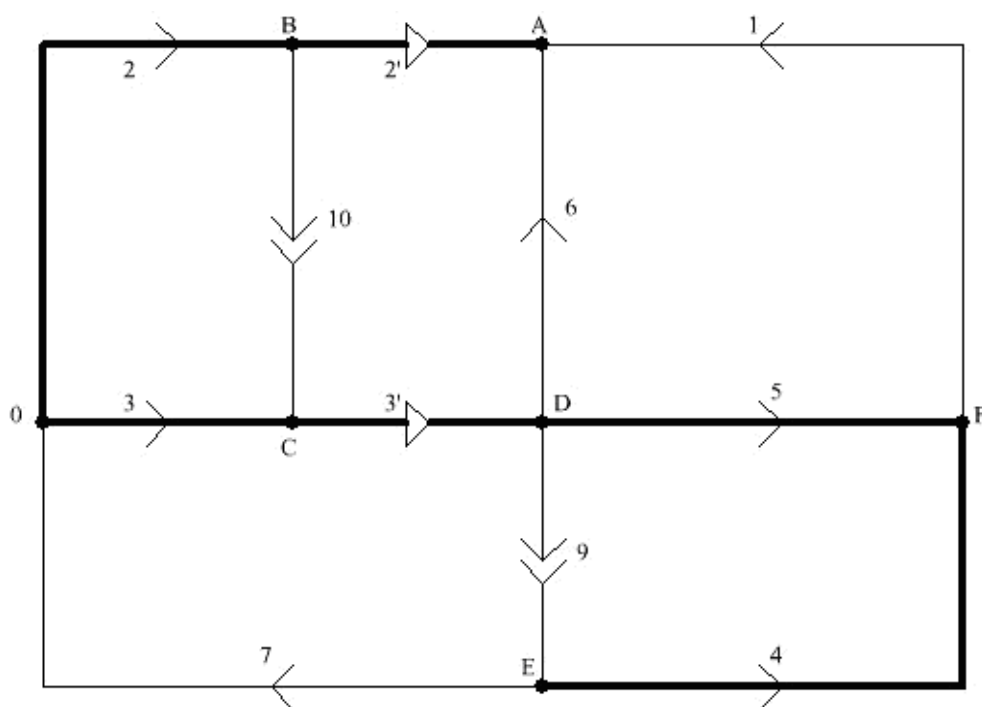
Изображение схемы цепи, включающую только источники и приемники энергии:



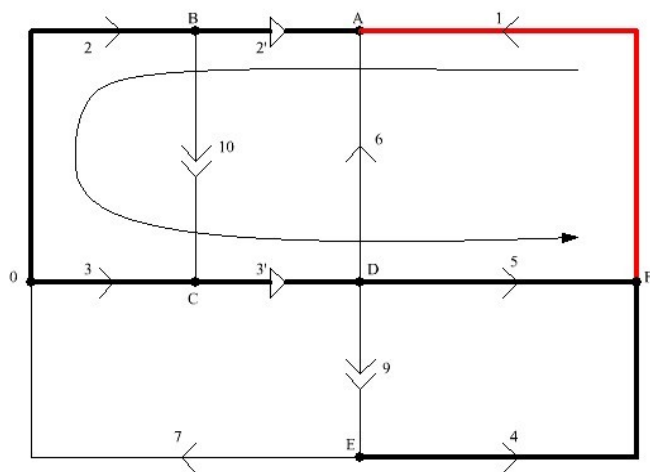
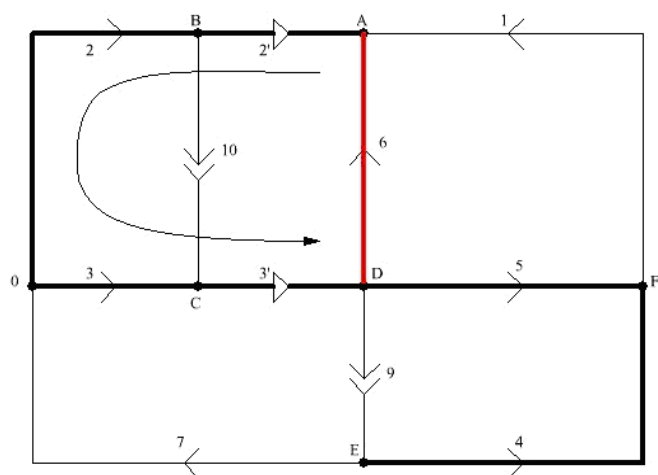
Граф цепи имеет вид:

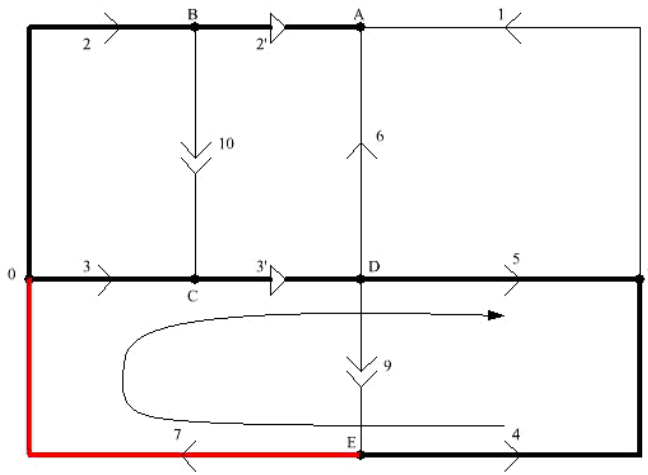


Дерево графа:



Совокупность главных контуров:





Система уравнений цепи на основании законов Кирхгофа:

$$\begin{cases}
 0 = -I_1 - I_2 - I_6 \\
 0 = J_{10} - I_2 + I_2' \\
 0 = -J_{10} - I_3 + I_3' \\
 0 = -I_3' + I_5 + I_6 + J_9 \\
 0 = I_4 + I_7 - J_9 \\
 0 = I_1 - I_4 - I_5 \\
 -E_2 + E_3 + E_6 = -I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_6 R_6 \\
 -E_1 - E_2 + E_3 + E_5 = I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_5 R_5 \\
 E_3 - E_4 + E_5 = I_3 R_3 - I_4 R_4 + I_5 R_5 + I_7 R_7
 \end{cases}
 \Rightarrow
 \begin{cases}
 0 = -I_1 - I_2 - I_6 \\
 -J_{10} = -I_2 + I_2' \\
 J_{10} = -I_3 + I_3' \\
 -J_9 = -I_3' + I_5 + I_6 \\
 J_9 = I_4 + I_7 \\
 0 = I_1 - I_4 - I_5 \\
 -E_2 + E_3 + E_6 = -I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_6 R_6 \\
 -E_1 - E_2 + E_3 + E_5 = I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_5 R_5 \\
 E_3 - E_4 + E_5 = I_3 R_3 - I_4 R_4 + I_5 R_5 + I_7 R_7
 \end{cases}$$

Напряжения на источниках тока могут быть определены после нахождения неизвестных токов в ветвях:

$$\begin{aligned}
 U_{BC} &= -I_2 R_2 + I_3 R_3; \\
 U_{J_{10}} &= U_{BC} - J_{10} R_{10}; \\
 U_{J_9} &= I_5 R_5 - E_5 - I_4 R_4 + E_4.
 \end{aligned}$$

Для обозначенных на графах контуров может быть записана система уравнений для контурных токов:

$$\begin{cases}
 -E_2 + E_3 + E_6 + J_{10}(R_2 + R_3) = I_{\kappa 1}(R_2 + R_3 + R_6) + I_{\kappa 2}(R_2 + R_3) + I_{\kappa 3} R_3 \\
 -E_1 - E_2 + E_3 + E_5 + J_9 R_5 + J_{10}(R_2 + R_3) = I_{\kappa 1}(R_2 + R_3) + I_{\kappa 2}(R_1 + R_2 + R_3 + R_5) + I_{\kappa 3}(R_3 + R_5) \\
 E_3 - E_4 + E_5 + J_9(R_4 + R_5) + R_3 J_{10} = I_{\kappa 1} R_3 + I_{\kappa 2}(R_3 + R_5) + I_{\kappa 3}(R_3 + R_4 + R_5 + R_7)
 \end{cases}$$

Уравнения токов ветвей, выраженных через контурные:

$$\begin{aligned}
I_1 &= I_{\kappa 2}; \\
I_2 &= -I_{\kappa 1} - I_{\kappa 2} + J_{10}; \\
I_3 &= I_{\kappa 1} + I_{\kappa 2} + I_{\kappa 3} - J_{10}; \\
I_4 &= -I_{\kappa 3} + J_9; \\
I_5 &= I_{\kappa 2} + I_{\kappa 3} - J_9; \\
I_6 &= I_{\kappa 1}; \\
I_7 &= I_{\kappa 3}; \\
I_{E\bar{B}} &= -I_1 - I_2; \\
I_{E\bar{B}} &= I_{\kappa 1} + I_{\kappa 2} + I_3.
\end{aligned}$$

Показания вольтметров могут быть рассчитаны следующим образом:

$$\begin{aligned}
V_1 &= E_6 + I_5 R_5 - E_5; \\
V_2 &= -I_4 R_4 + E_4 + I_7 R_7.
\end{aligned}$$

Система уравнений цепи относительно потенциалов ее узлов:

$$\left\{ \begin{aligned}
&\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_6} \right) \Phi_A - \frac{1}{R_6} \Phi_D - \frac{1}{R_1} \Phi_F = -J_{10} - \frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} + \frac{E_6}{R_6} \\
&-\frac{1}{R_6} \Phi_A + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} \right) \Phi_D - \frac{1}{R_5} \Phi_F = -J_9 + J_{10} + \frac{E_3}{R_3} - \frac{E_5}{R_5} - \frac{E_6}{R_6} \\
&\left(\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_7} \right) \Phi_E - \frac{1}{R_4} \Phi_F = J_9 - \frac{E_4}{R_4} \\
&-\frac{1}{R_1} \Phi_A - \frac{1}{R_5} \Phi_D - \frac{1}{R_4} \Phi_E + \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) \Phi_F = \frac{E_1}{R_1} + \frac{E_4}{R_4} + \frac{E_5}{R_5} \\
&\Phi_A - \Phi_B = E_2 \\
&\Phi_D - \Phi_C = E_3
\end{aligned} \right.$$

Уравнения токов в ветвях, выраженных через потенциалы узлов:

$$I_1 = \frac{\Phi_F - \Phi_A - E_1}{R_1};$$

$$I_2 = \frac{-\Phi_B}{R_2};$$

$$I_3 = \frac{-\Phi_C}{R_3};$$

$$I_4 = \frac{\Phi_E - \Phi_F + E_4}{R_4};$$

$$I_5 = \frac{\Phi_D - \Phi_F + E_5}{R_5};$$

$$I_6 = \frac{\Phi_D - \Phi_A + E_6}{R_6};$$

$$I_7 = \frac{\Phi_E}{R_7};$$

$$I_{E2} = -J_{10} - \frac{\Phi_B}{R_2};$$

$$I_{E3} = J_{10} - \frac{\Phi_C}{R_3}.$$