

**ТОЭ – часть 1**  
**практическое занятие 3**

**Методы контурных токов и  
узловых потенциалов**

# Задача

Дано:

$$R_2 = \dots = R_5 = 100 \text{ (Ом)};$$

$$E_1 = 100 \text{ (В)};$$

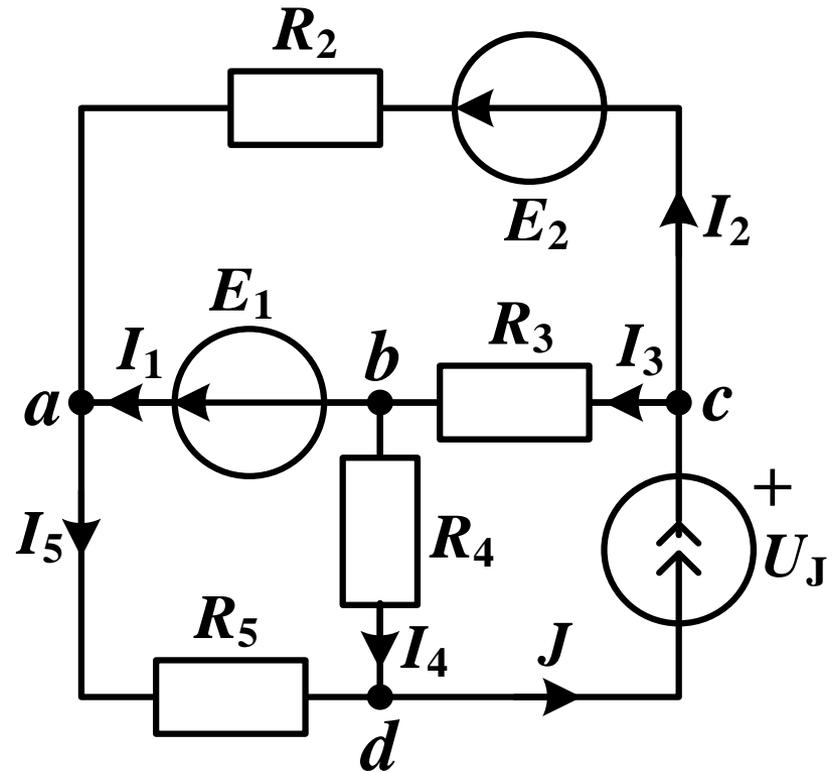
$$J = 2 \text{ (А)};$$

$$E_2 = 200 \text{ (В)}.$$

-----

Найти:  $I_{1-5} = ?$

$U_J = ?$   $P_b = ?$   $P_R = ?$



# 1. Метод контурных токов:

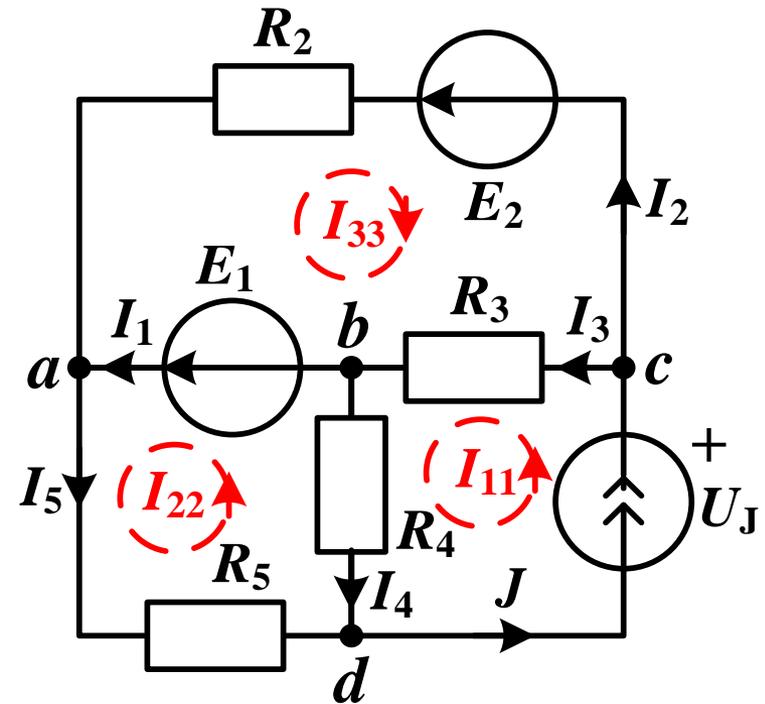
$I_{11}, I_{22}, I_{33}$  – **контурные токи**

$n_y=4$  – **число узлов;**

$n_b=6$  – **число ветвей;**

$n_i=5$  – **число неизв.**

**ТОКОВ.**



$N_{км} = n_b - n_y + 1 = 3$  – **число контурных токов**

$N_{ку} = n_i - n_y + 1 = 2$  – **число контурных уравнений**

При  $I_{11}=J=2$  (А) составляем контурные уравнения:

$$I_{22}(R_4+R_5)-I_{11}R_4+I_{33}0=E_1$$

$$I_{33}(R_2+R_3)+I_{11}R_3+I_{22}0=E_1-E_2$$

ИЛИ

$$200I_{22}-200=100; 200I_{33}+200=-100.$$

Тогда  $I_{22}=1,5$  (А);  $I_{33}=-1,5$  (А).

**В результате:**

$$I_1 = I_{22} + I_{33} = 0;$$

$$I_2 = -I_{33} = 1,5 \text{ (A)};$$

$$I_3 = I_{11} + I_{33} = 0,5 \text{ (A)};$$

$$I_4 = I_{11} - I_{22} = 0,5 \text{ (A)};$$

$$I_5 = I_{22} = 1,5 \text{ (A)}.$$

**По 2-му закону Кирхгофа для контура *dcb*:**

$$U_J = R_3 I_3 + R_4 I_4 = 100 \text{ (В)}$$

## 2. Метод узловых потенциалов:

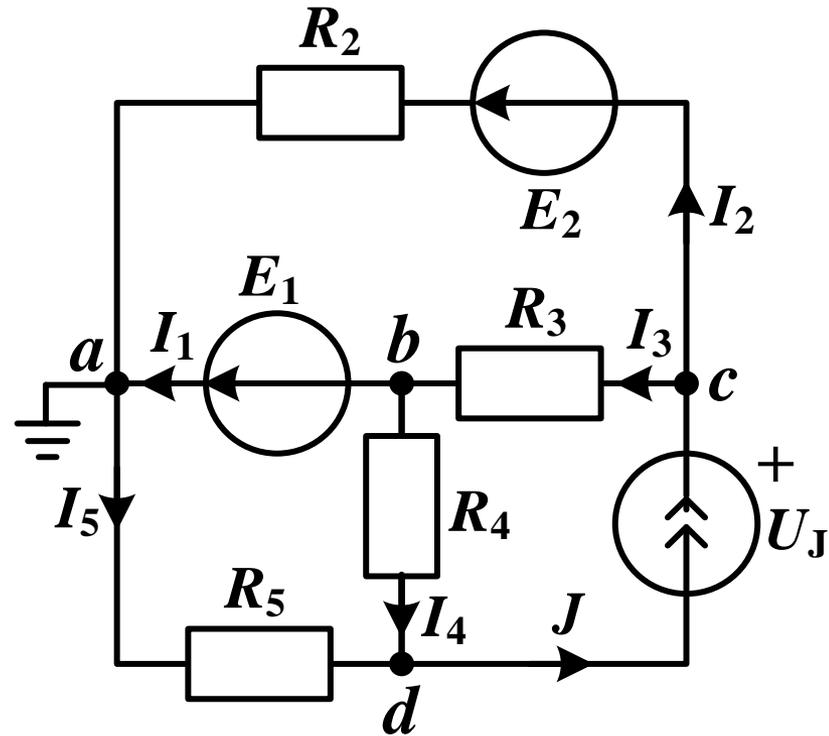
$\varphi_a, \varphi_b, \varphi_c, \varphi_d$  – ПОТЕНЦИАЛЫ УЗЛОВ

Примем  $\varphi_a = 0$ ,  
тогда  $\varphi_b = -E_1 = -100$  (В)

Для определения  
 $\varphi_c$  и  $\varphi_d$  составляем  
уравнения:

$$\varphi_c \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) - \varphi_b \left( \frac{1}{R_3} \right) = J - \frac{E_2}{R_2}$$

$$\varphi_d \left( \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) - \varphi_b \left( \frac{1}{R_4} \right) = -J$$



В результате:

$$\begin{array}{l} 0,02\varphi_c + 1 = 2 - 2 = 0 \\ 0,02\varphi_d + 1 = -2 \end{array} \quad \longrightarrow \quad \begin{array}{l} \varphi_c = -50 \text{ (В)} \\ \varphi_d = -150 \text{ (В)} \end{array}$$

По обобщенному закону Ома:

$$I_2 = \frac{\varphi_c - \varphi_a + E_2}{R_2} = 1,5 \text{ (А)}; I_3 = \frac{\varphi_c - \varphi_b}{R_3} = 0,5 \text{ (А)};$$

$$I_4 = \frac{\varphi_b - \varphi_d}{R_4} = 0,5 \text{ (А)}; I_5 = \frac{\varphi_a - \varphi_d}{R_5} = 1,5 \text{ (А)};$$

$$U_J = \varphi_c - \varphi_d = 100 \text{ (В)}.$$

По 1-му закону Кирхгофа (*b*):  $I_1 = I_3 - I_4 = 0$

3. Для проверки составляем баланс мощностей:

**а) вырабатываемая мощность  
источников**

$$P_b = E_1 I_1 + E_2 I_2 + U_J J = 500 \text{ (Вт)}$$

**б) потребляемая мощность**

$$P_R = I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3 + I_4^2 \cdot R_4 + I_5^2 \cdot R_5 = 500 \text{ (Вт)}$$

**в) погрешность**

$$\delta = \frac{|P_b - P_R|}{P_b} 100 = 0\% < 1\%$$