

# ТОЭ – часть 1

## практическое занятие 2

Законы Кирхгофа и баланс  
мощностей

**1. Первый закон Кирхгофа:**  
Для любого **узла** цепи  
**алгебраическая сумма токов**  
**равна нулю,**  
причем со знаком “**+**”  
принимаются токи,  
**выходящие** из узла:

$$\sum i_k = 0$$

## 2. Второй закон Кирхгофа:

Для любого контура цепи алгебраическая сумма напряжений на пассивных элементах равна алгебраической сумме ЭДС и напряжений источников тока, действующих в этом контуре

# Задача

Дано:

$$R_1=R_3=R_4=100 \text{ (Ом)};$$

$$E_1=100 \text{ (В)};$$

$$J=2 \text{ (А)};$$

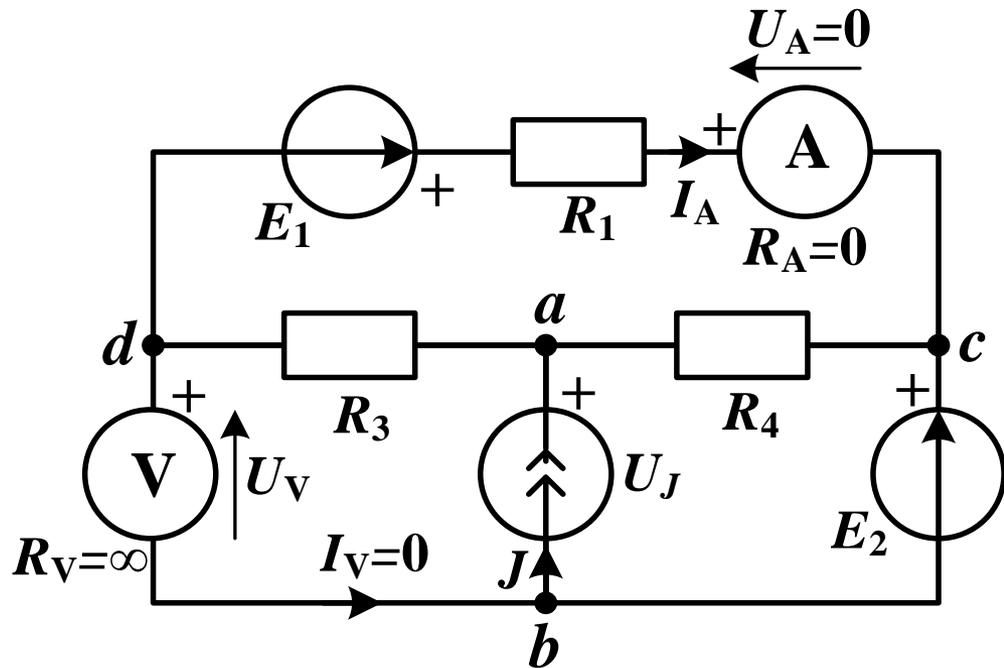
$$U_V=200 \text{ (В)}.$$

**Амперметр (А)** – прибор для измерения тока.

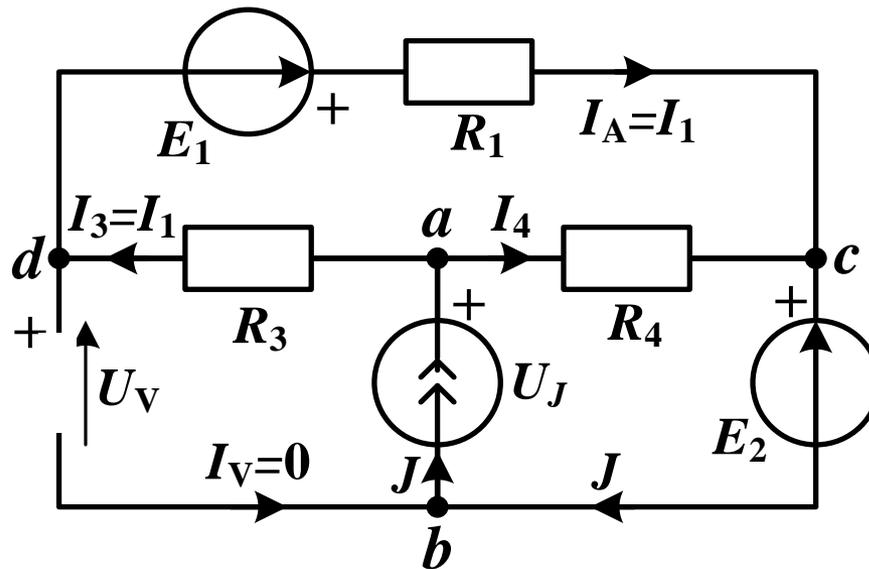
**Вольтметр (V)** – прибор для измерения напряжения.

-----  
Найти:

$$E_2=? I_A=? P_b=? P_R=?$$



# 1. Расчетная схема с произвольным направлением тока $I_4$ :



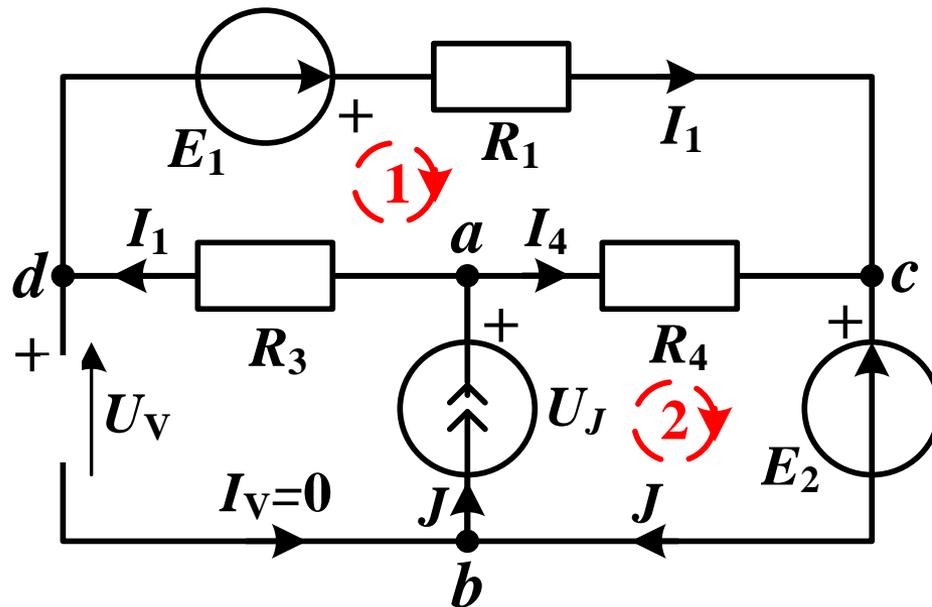
$n_y=2$  ( $a,c$ ) – число узлов

$n_b=3$  ( $adc, abc, ac$ ) – число ветвей

$n_1=n_y-1=1$  – число уравнений по **1-му** закону Кирхгофа

$n_2=n_b-n_1=2$  – число уравнений по **2-му** закону Кирхгофа

## 2. Уравнения по законам Кирхгофа:

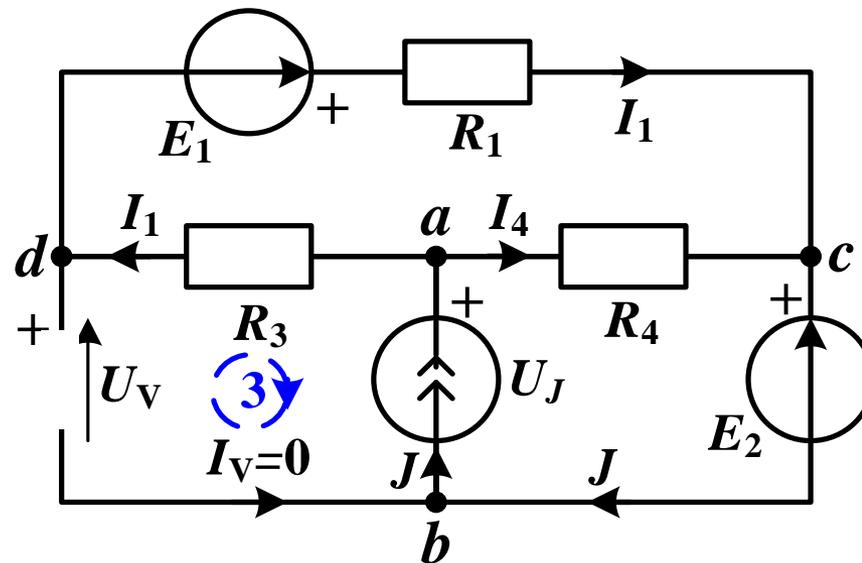


Узел *a*:  $I_1 + I_4 - J = 0$  (1)

1 контур *adca*:  $R_3 I_1 + R_1 I_1 - R_4 I_4 = E_1$  (2)

2 контур *acba*:  $R_4 I_4 = -E_2 + U_J$  (3)

ЭДС  $E_2$  неизвестна, поэтому составляем дополнительное уравнение по 2-му закону Кирхгофа для контура с заданным показанием вольтметра ( $U_V$ )



3 контур  $abda$ :  $-R_3 I_1 = U_V - U_J$  (4)

### 3. Решение уравнений 1 – 4:

$$(1): I_4 = J - I_1$$

$$(1) \Rightarrow (2): (R_1 + R_3)I_1 - R_4(J - I_1) = E_1 \quad (5)$$

$$(5): I_1 = I_A = \frac{E_1 + R_4 J}{R_1 + R_3 + R_4} = \frac{100 + 100 \cdot 2}{100 + 100 + 100} = 1 \text{ (A)}$$

$$(4): U_J = U_V + R_3 I_1$$

$$(1), (4) \Rightarrow (3): R_4(J - I_1) = -E_2 + (U_V + R_3 I_1) \quad (6)$$

$$(6): E_2 = U_V + (R_3 + R_4)I_1 - R_4 J = \\ = 200 + (100 + 100)1 - 100 \cdot 2 = 200 \text{ (B)}$$

$$(1): I_4 = J - I_1 = 2 - 1 = 1 \text{ (A)} \quad (4): U_J = U_V + R_3 I_1 = 300 \text{ (B)}$$

#### 4. Баланс мощностей $P_b = P_R$ :

Вырабатываемая источниками мощность  
 $P_b = E_1 I_1 + U_J J + E_2 (-J) = 100 + 300 \cdot 2 + 200(-2) = 300$  (Вт)

Потребляемая резисторами в виде тепла  
мощность (закон Джоуля-Ленца):

$$P_R = I_1^2 (R_1 + R_3) + I_4^2 R_4 = 1^2 200 + 1^2 100 = 300 \text{ (Вт)}$$

Погрешность: 
$$\delta = \frac{|P_b - P_R|}{P_b} 100\% < 3\%$$