

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Московский институт электронной техники

Институт интегральной электроники имени академика К.А. Валиева (ИнЭл)

Курсовая работа по дисциплине

«Электротехника»

Вариант 8

Выполнил:

Ивлиев Кирилл

группа ЭН-24

Проверил:

Самохин Д. В.

Москва, 2025

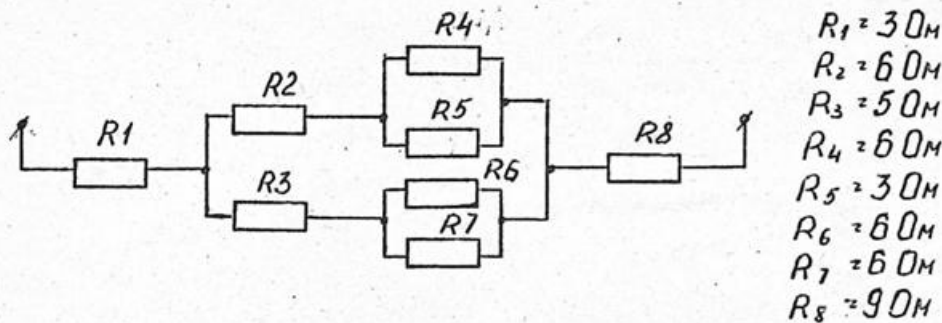
Курсовая работа "Электротехника" Ивлиев ЭН-24

Вариант 8

16 октября 2025 г. 21:20

1 задание

I. Определить эквивалентное сопротивление цепи.



Решение:

$$R_{45} = R_4 R_5 / (R_4 + R_5) = 6 \times 3 / (6 + 3) = 2 \text{ Ом}$$

$$R_{67} = R_6 R_7 / (R_6 + R_7) = 6 \times 6 / (6 + 6) = 3 \text{ Ом}$$

$$R_{245} = R_{45} + R_2 = 2 + 6 = 8 \text{ Ом}$$

$$R_{367} = R_{67} + R_3 = 3 + 5 = 8 \text{ Ом}$$

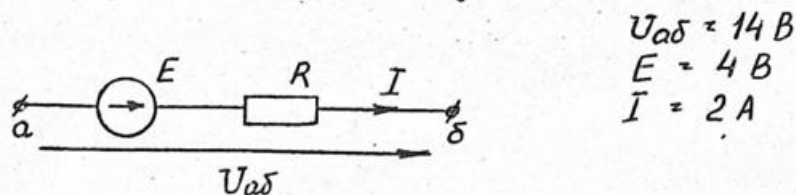
$$R_{245367} = R = R_{245} R_{367} / (R_{245} + R_{367}) = 8 \times 8 / (8 + 8) = 4 \text{ Ом}$$

$$R_{\Sigma} = R_1 + R + R_8 = 3 + 4 + 9 = 16 \text{ Ом}$$

Ответ: $R_{\Sigma} = 16 \text{ Ом}$

3 задание

3. Рассчитать R , используя обобщённый закон Ома.



Решение:

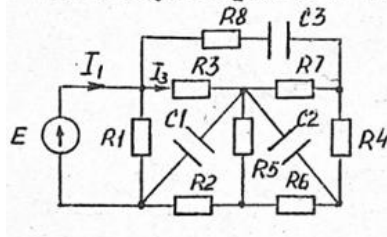
$$I = (U_{ab} + E) / R$$

$$R = (U_{ab} + E) / I = (14 + 4) / 2 = 9 \text{ Ом}$$

Ответ: 9 Ом

2 задание

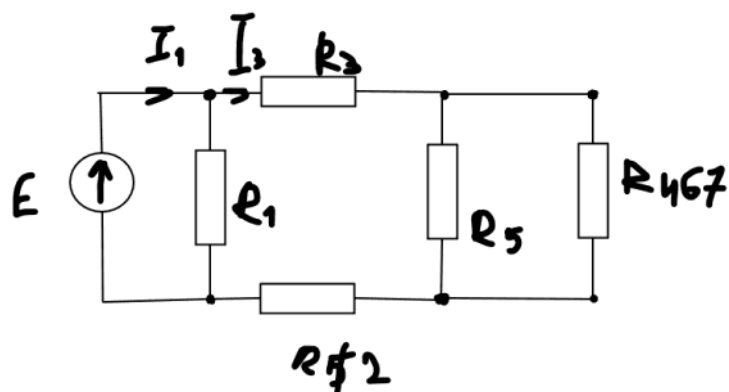
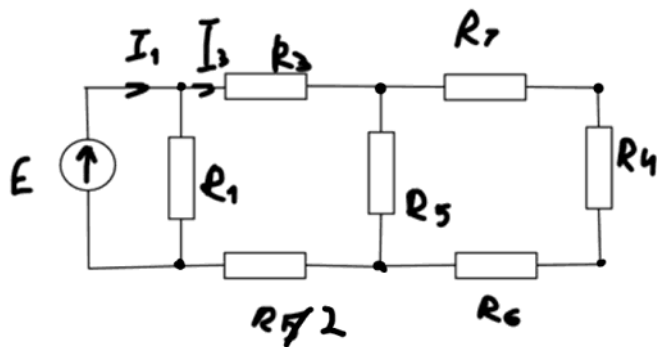
2. Определить ток I_1 методом свёртки, а затем ток I_3 , используя выражение для делителя тока.



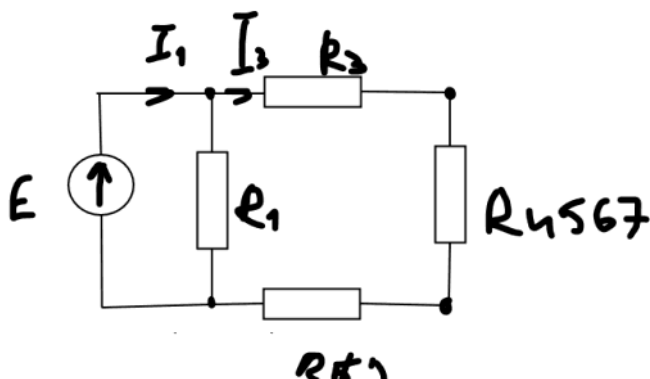
$E = 12 \text{ В}$
 $C_1 = 1 \text{ нФ}$
 $C_2 = 0,5 \text{ нФ}$
 $C_3 = 2 \text{ нФ}$
 $R_1 = 9 \text{ Ом}$
 $R_2 = 8 \text{ Ом}$
 $R_3 = 5 \text{ Ом}$
 $R_4 = 4 \text{ Ом}$
 $R_5 = 10 \text{ Ом}$
 $R_6 = 3 \text{ Ом}$
 $R_7 = 3 \text{ Ом}$
 $R_8 = 10 \text{ Ом}$

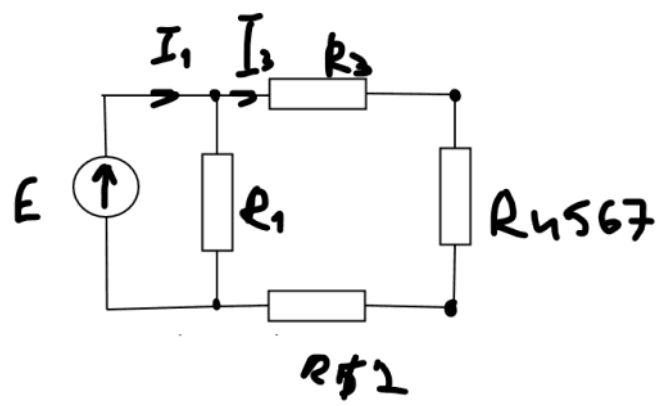
Решение:

После свёртки схемы (участки с конденсаторами рассматриваем, как разрыв цепи), получаем:

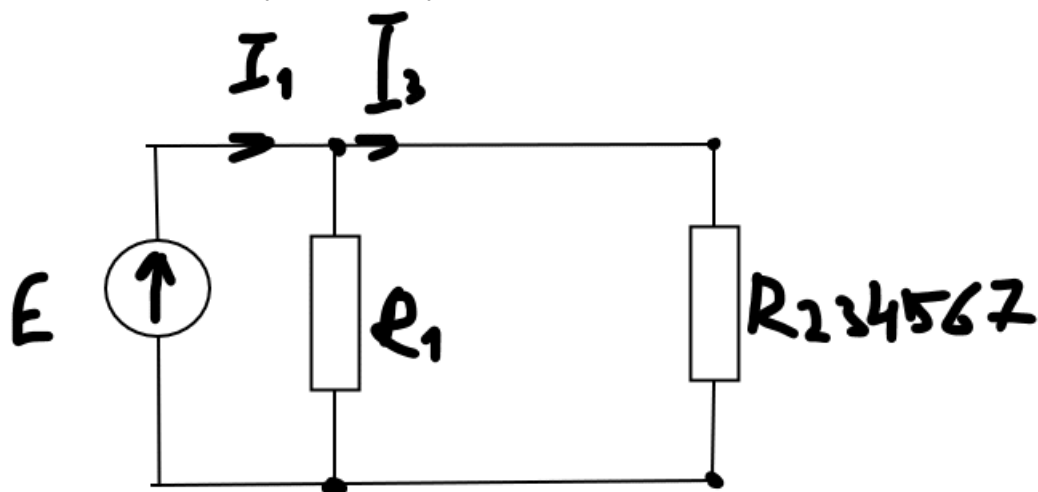


$$R_{467} = R_4 + R_6 + R_7 = 4 + 3 + 3 = 10 \text{ Ом}$$





$$R_{4567} = R_{467}R_5 / (R_{467} + R_5) = 10 \cdot 3 / 10 + 3 = 30 / 13 = 2.3 \text{ A}$$



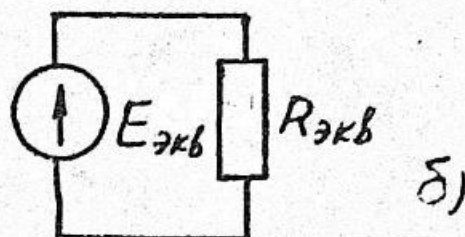
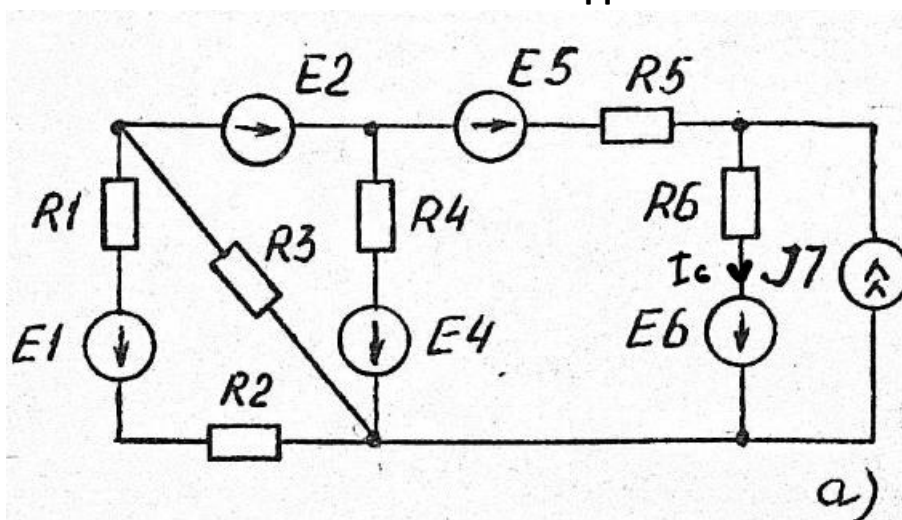
$$R_{234567} = R_{4567} + R_2 + R_3 = 8 + 5 + 30 / 13 = 15.3 \text{ A}$$

$$R_{\Sigma} = R_{234567}R_1 / (R_{234567} + R_1) = 15.3 \cdot 9 / (9 + 15.3) = 5.7 \text{ A}$$

$$I_1 = E / R_{\Sigma} = 12 / 5.7 = 2.1 \text{ A}$$

$$I_3 = I_1 \cdot R_1 / (R_{234567} + R_1) = 2.1 \cdot 9 / (9 + 15.3) = 0.8 \text{ A}$$

4 задание



$$E_1 \approx 6 \text{ B}$$

$$E_2 \approx 9 \text{ B}$$

$$E_4 \approx 54 \text{ B}$$

$$E_5 \approx 2 \text{ B}$$

$$E_6 \approx 8 \text{ B}$$

$$I_7 \approx 3 \text{ A}$$

$$R_1 \approx 1 \text{ Ом}$$

$$R_2 \approx 20 \text{ Ом}$$

$$R_3 \approx 30 \text{ Ом}$$

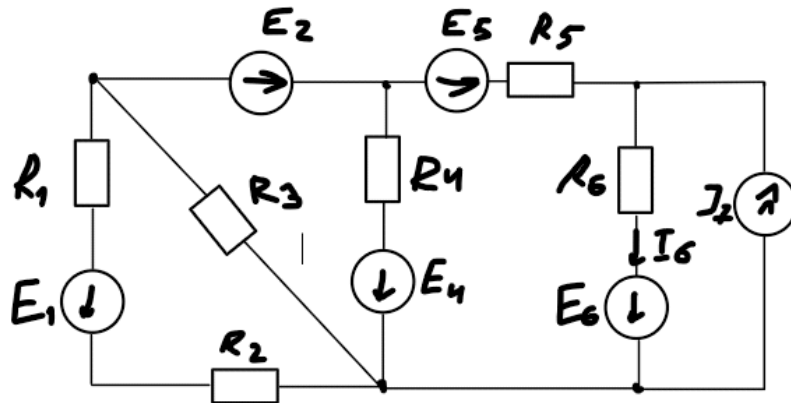
$$R_4 \approx 60 \text{ Ом}$$

$$R_5 \approx 4/5 \text{ Ом}$$

$$R_6 \approx 20 \text{ Ом}$$

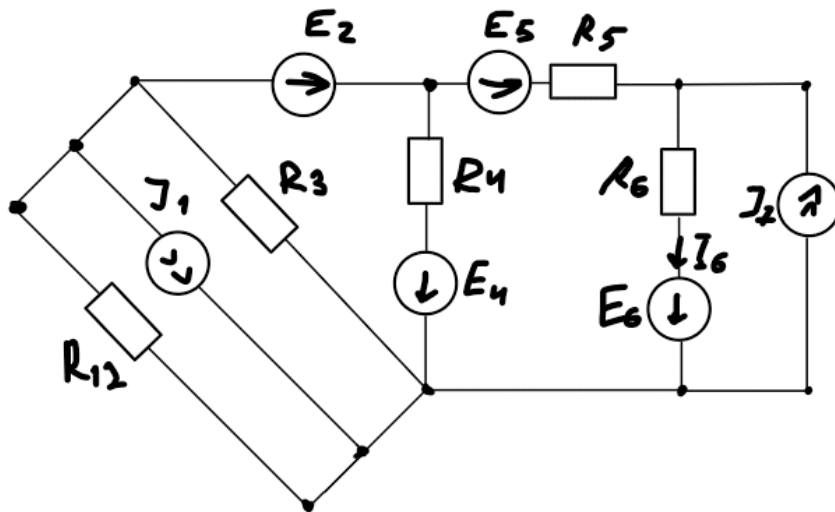
$I_6 - ?$

1 способ - МЭП



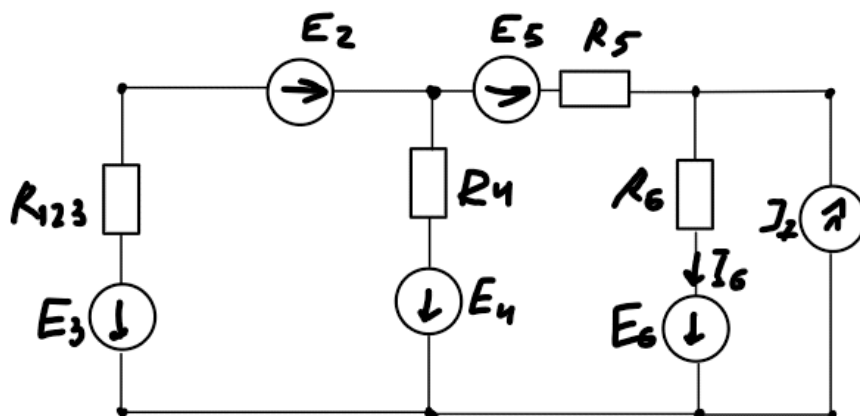
$$R_{12} = R_1 + R_2 = 1 + 2 = 3 \text{ Ом}$$

$$J_1 = E_1 / R_{12} = 6 / 3 = 2 \text{ А}$$

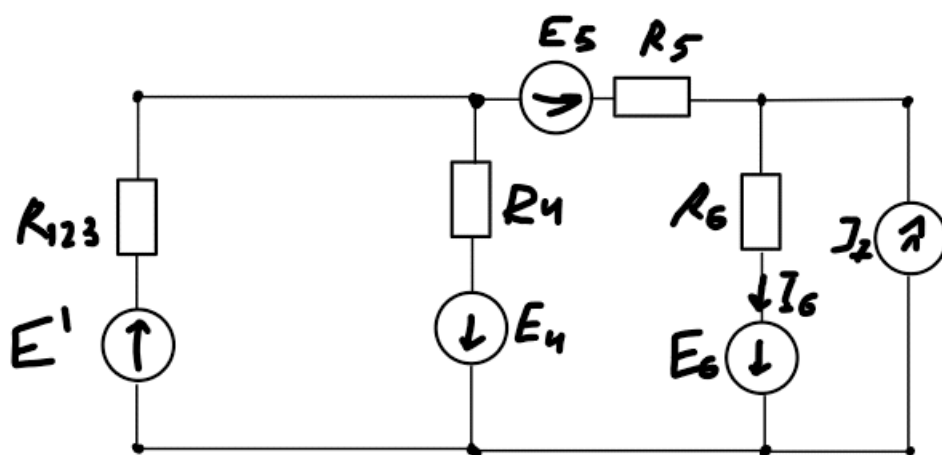


$$R_{123} = R_{12}R_3 / (R_{12} + R_3) = 3 \cdot 3 / (3 + 3) = 1.5 \text{ Ом}$$

$$E_3 = J_1 \cdot R_{123} = 2 \cdot 1.5 = 3 \text{ В}$$

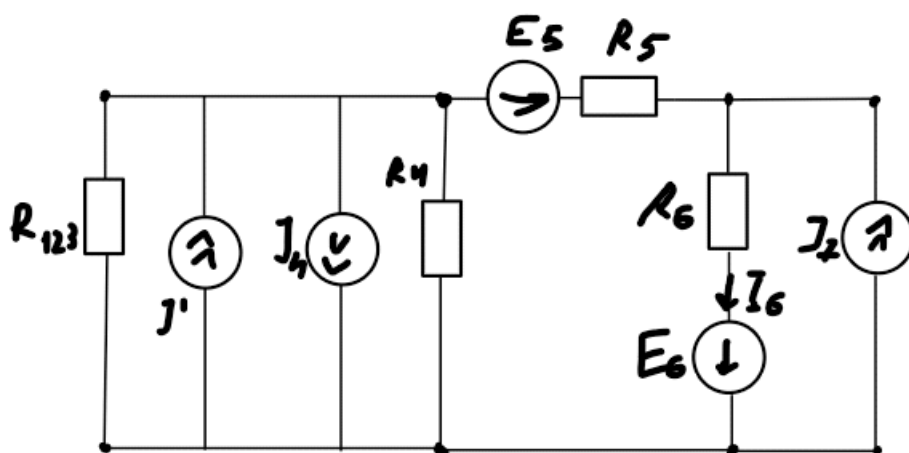


$$E' = E_2 - E_3 = 9 - 3 = 6 \text{ В}$$



$$J' = E'/R_{123} = 6/1.5 = 4 \text{ A}$$

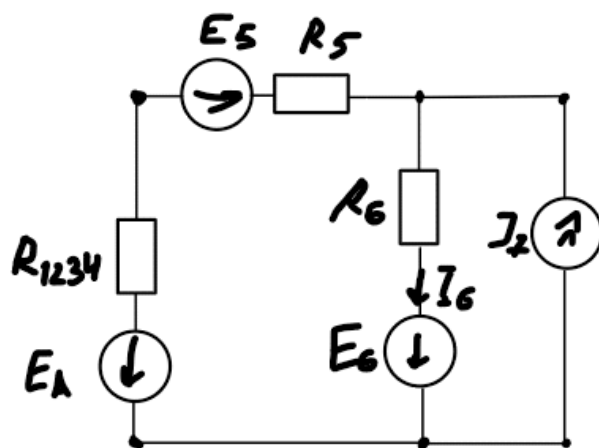
$$J_4 = E_4/R_4 = 54/6 = 9 \text{ A}$$



$$R_{1234} = R_{123}R_4/(R_{123} + R_4) = 1.5*6/(1.5+6) = 1.2 \text{ Ом}$$

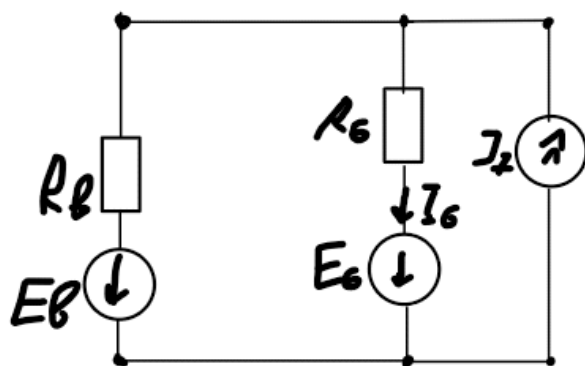
$$J_a = J_4 - J' = 9 - 4 = 5 \text{ A}$$

$$E_a = J_a * R_{1234} = 5 * 1.2 = 6 \text{ В}$$



$$E_b = E_a - E_5 = 6 - 2 = 4 \text{ В}$$

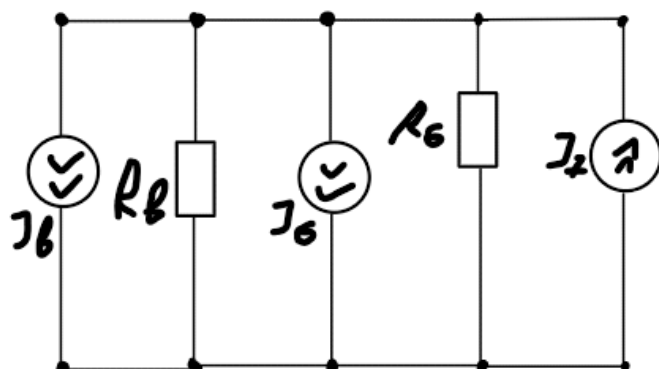
$$R_b = R_{1234} + R_5 = 1.2 + 0.8 = 2 \text{ Ом}$$



- Схема (*)

$$J_b = E_b / R_b = 4 / 2 = 2 \text{ А}$$

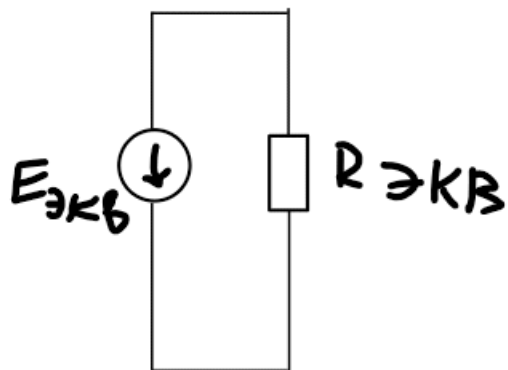
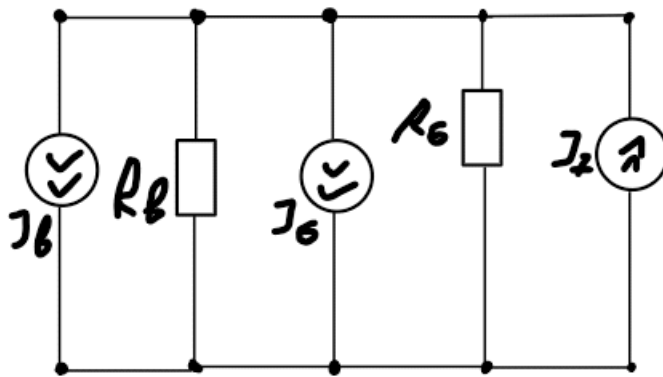
$$J_6 = E_6 / R_6 = 8 / 2 = 4 \text{ А}$$



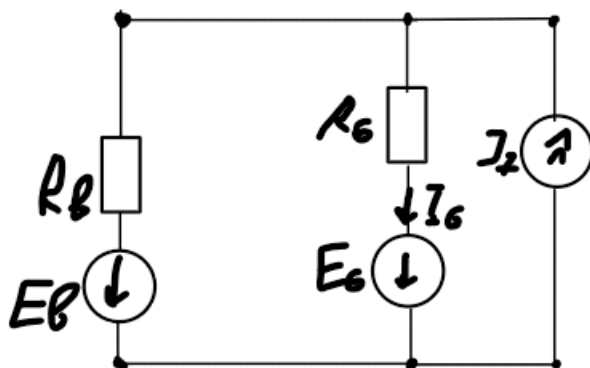
$$J_{\text{экв}} = J_b + J_6 - J_7 = 2 + 4 - 3 = 3 \text{ А}$$

$$R_{\text{экв}} = R_6 R_b / (R_6 + R_b) = 2 * 2 / (2 + 2) = 1 \text{ Ом}$$

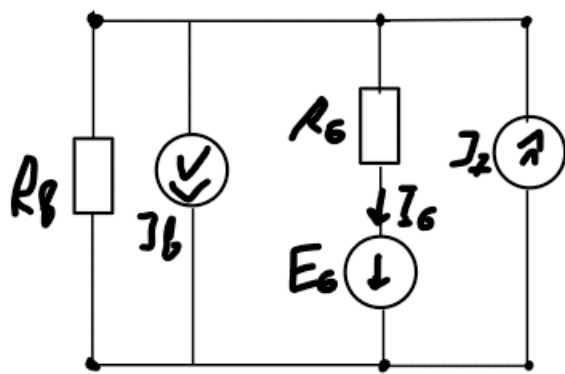
$$E_{\text{экв}} = J_{\text{экв}} * R_{\text{экв}} = 3 * 1 = 3 \text{ В}$$



Нахождение тока I_6 :

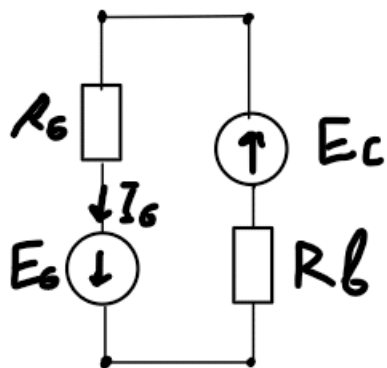
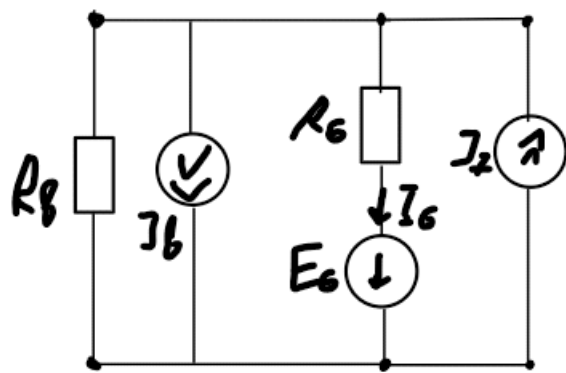


- Схема (*)



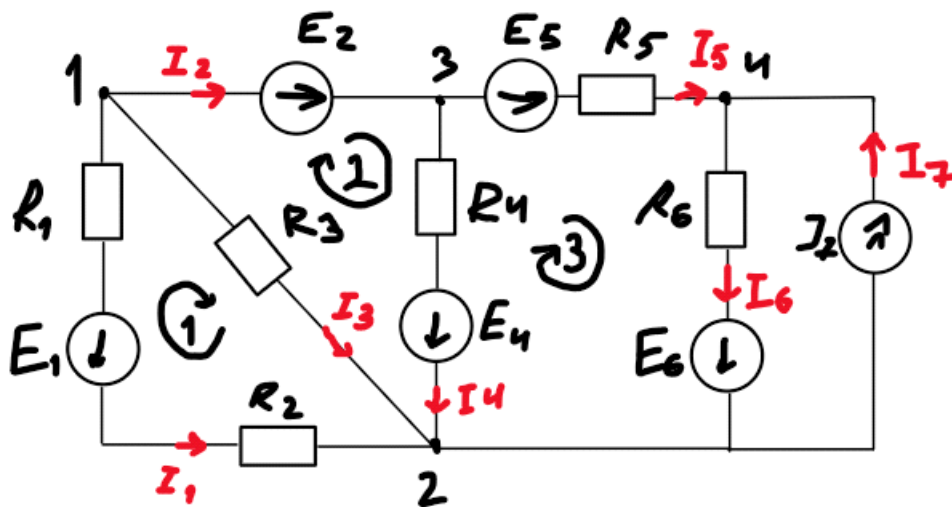
$$J_c = J_7 - J_b = 3 - 2 = 1 \text{ A}$$

$$E_c = J_c \cdot R_b = 1 \cdot 2 = 2 \text{ Ом}$$



$$I_6 = (E_6 + E_c) / R_6 = (8 + 2) / 2 = 2,5 \text{ A}$$

2 способ - Законы Кирхгофа



$N_{1з.к.} = \text{Узлов} - 1 = 4 - 1 = 3$ - количество уравнений по первому закону Кирхгофа

$N_{2з.к.} = \text{Ветвей} - \text{Источников тока} - (\text{Узлов} - 1) = 7 - 1 - (4 - 1) = 3$ - количество уравнений по второму закону Кирхгофа

1 закон Кирхгофа:

1 узел: $I_1 + I_2 + I_3 = 0$

3 узел: $I_2 = I_4 + I_5$

4 узел: $I_5 + I_7 = I_6$

2 закон Кирхгофа:

1 контур: $-E_1 = -I_1R_2 - I_1R_1 + I_3R_3$

2 контур: $E_2 + E_4 = I_4R_4 - I_3R_3$

3 контур: $E_5 + E_6 - E_4 = I_5R_5 + I_6R_6 - I_4R_4$

Решаем систему:

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0 \quad (1)$$

$$I_2 = I_4 + I_5 \quad (2)$$

$$I_5 + 3 = I_6 \quad (3)$$

$$-6 = -2l_1 - l_1 + 3l_3 \quad (4)$$

$$63 = 6l_4 - 3l_3 \quad (5)$$

$$-44 = 0.8l_5 + 2l_6 - 6l_4 \quad (6)$$

$$\text{Из (4): } l_3 = l_1 - 2$$

$$\text{Из (1) и } l_3 = l_1 - 2: l_2 = 2 - 2l_1$$

$$\text{Из (5): } l_4 = (l_1 + 19)/2$$

$$\text{Из (2) и } l_4 = (l_1 + 19)/2: l_5 = (-15 - 5l_1)/2$$

$$\text{Из (3) и } l_5 = (-15 - 5l_1)/2: l_6 = (-9 - 5l_1)/2$$

Подставляем в (6), откуда

$$I_1 = -2.8 \text{ A}$$

Находим остальные токи:

$$I_2 = 7.6 \text{ A}$$

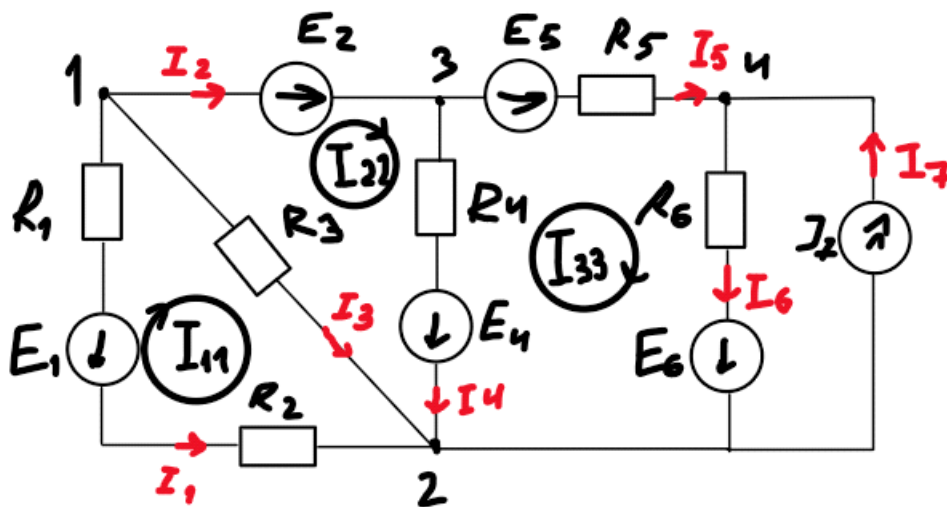
$$I_3 = -4.8 \text{ A}$$

$$I_4 = 8.1 \text{ A}$$

$$I_5 = -0.5 \text{ A}$$

$$I_6 = 2.5 \text{ A}$$

3 способ - МКТ



$\text{Нур.мкт} = \text{Нветвей} - \text{Нисточников тока} - (\text{Нузлов} - 1) = 7 - 1 - (4 - 1) = 3$ - количество уравнений по МКТ

$$I_{11}(R_1 + R_2 + R_3) - I_{22}R_3 = -E_1$$

$$I_{22}(R_3 + R_4) - I_{11}R_3 - I_{33}R_4 = E_2 + E_4$$

$$I_{33}(R_4 + R_5 + R_6) - I_{22}R_4 + I_7R_6 = E_5 + E_6 - E_4$$

$$6I_{11} - 3I_{22} = -6 \quad (1)$$

$$9I_{22} - 3I_{11} - 6I_{33} = 63 \quad (2)$$

$$8.8I_{33} - 6I_{22} + 6 = -44 \quad (3)$$

Из (1): $I_{22} = 2I_{11} + 2$

Подставляем I_{22} в (2) и (3):

$$5I_{11} - 2I_{33} = 15 \quad (2')$$

$$4.4I_{33} - 6I_{11} = -19 \quad (3')$$

$I_{33} = (5I_{11} - 15)/2$ подставляем в (3'), откуда

$$I_{11} = 2.8 \text{ A}$$

Находим остальные токи:

$$I_{22} = 7.6 \text{ A}$$

$$I_{33} = -0.5 \text{ A}$$

$$I_1 = -I_{11} = -2.8 \text{ A}$$

$$I_2 = I_{22} = 7.6 \text{ A}$$

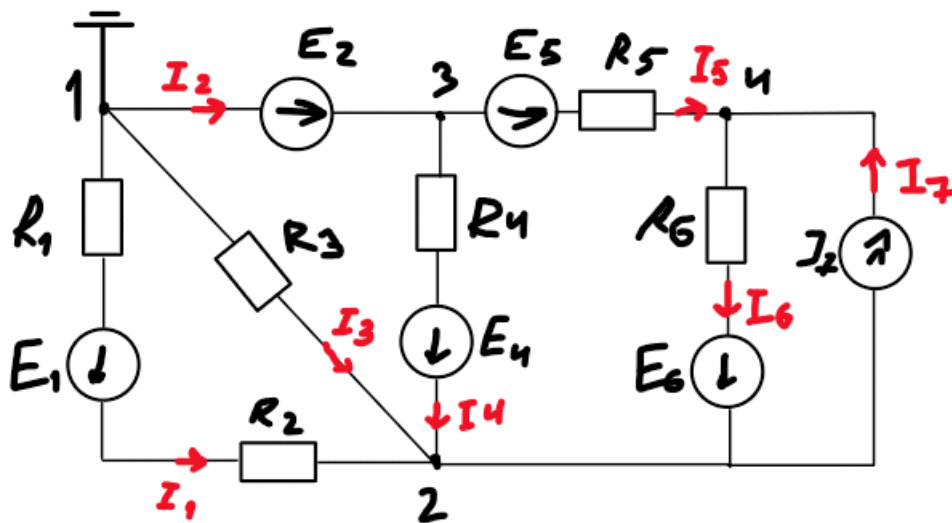
$$I_3 = I_{11} - I_{22} = -4.8 \text{ A}$$

$$I_4 = I_{22} - I_{33} = 8.1 \text{ A}$$

$$I_5 = I_{33} = -0.5 \text{ A}$$

$$I_6 = I_7 + I_{33} = 2.5 \text{ A}$$

4 способ - МУП



$N_{ур.муп} = N_{узлов} - 1 - N_{идел.ист.} = 4 - 1 - 1 = 2$ - количество уравнений по МУП

$$\Phi_1 = 0, \Phi_3 = E_2 = 9 \text{ В}$$

$$\Phi_2 (1/(R_1+R_2) + 1/R_3 + 1/R_4 + 1/R_6) - \Phi_3/R_4 - \Phi_4/R_6 = E_1/(R_1+R_2) + E_4/R_4 + E_6/R_6 - I_7$$

$$\Phi_4(1/R_5 + 1/R_6) - \Phi_3/R_5 - \Phi_2/R_6 = E_5/R_5 - E_6/R_6 + I_7$$

Подставив числа, получим:

$$8\Phi_2 - 3\Phi_4 = 81$$

$$-2\Phi_2 + 7\Phi_4 = 51$$

Откуда

$$\Phi_2 = 14.4 \text{ В}$$

$$\Phi_4 = 11.4 \text{ В}$$

$$I_1 = (\Phi_1 - \Phi_2 + E_1)/(R_1 + R_2) = (0 - 14.4 + 6)/3 = -2.8 \text{ A}$$

$$I_3 = (\Phi_1 - \Phi_2)/R_3 = (0 - 14.4)/3 = -4.8 \text{ A}$$

$$I_4 = (\Phi_3 - \Phi_2 + E_4)/R_4 = (9 - 14.4 + 54)/6 = 8.1 \text{ A}$$

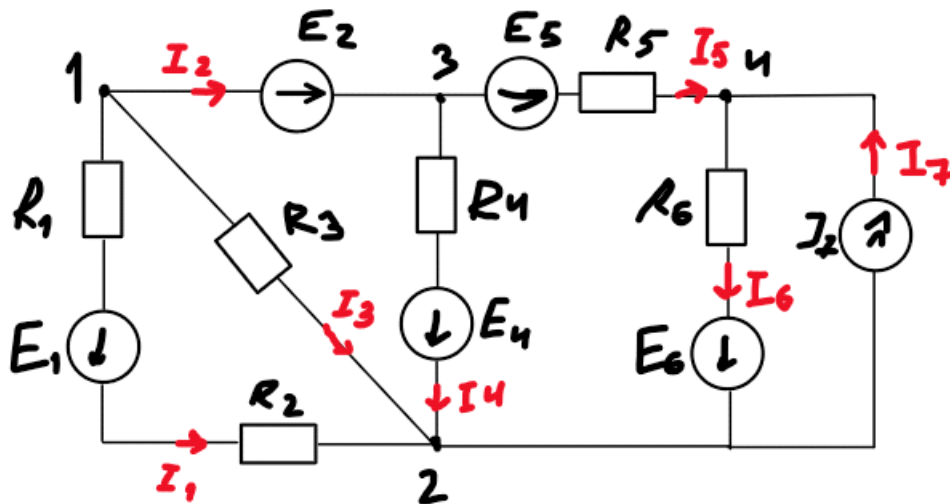
$$I_5 = (\Phi_3 - \Phi_4 + E_5)/R_5 = (9 - 11.4 + 2)/0.8 = -0.5 \text{ A}$$

$$I_6 = (\Phi_4 - \Phi_2 + E_6)/R_6 = (11.4 - 14.4 + 8)/2 = 2.5 \text{ A}$$

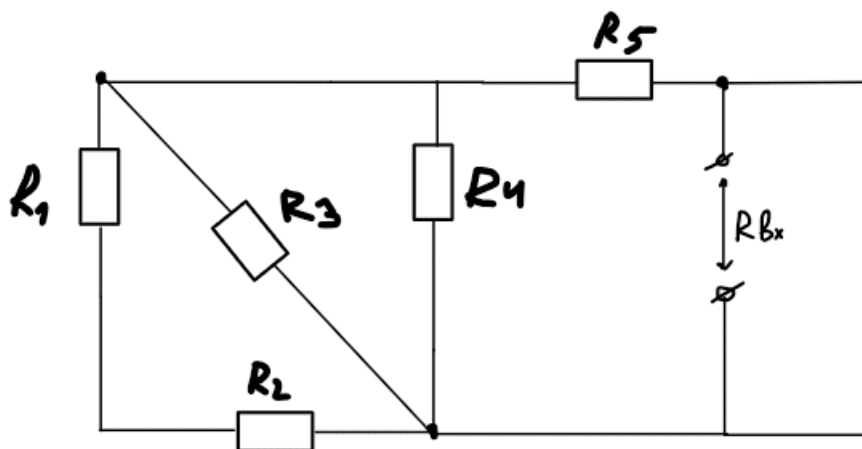
По 1-му закону Кирхгофа для узла 1:

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0, \text{ значит } I_2 = -I_1 - I_3 = 7.6 \text{ A}$$

5 способ - МЭГ



$$I_6 = (U_{xx} + E_6)/(R_{Bx} + R_6)$$

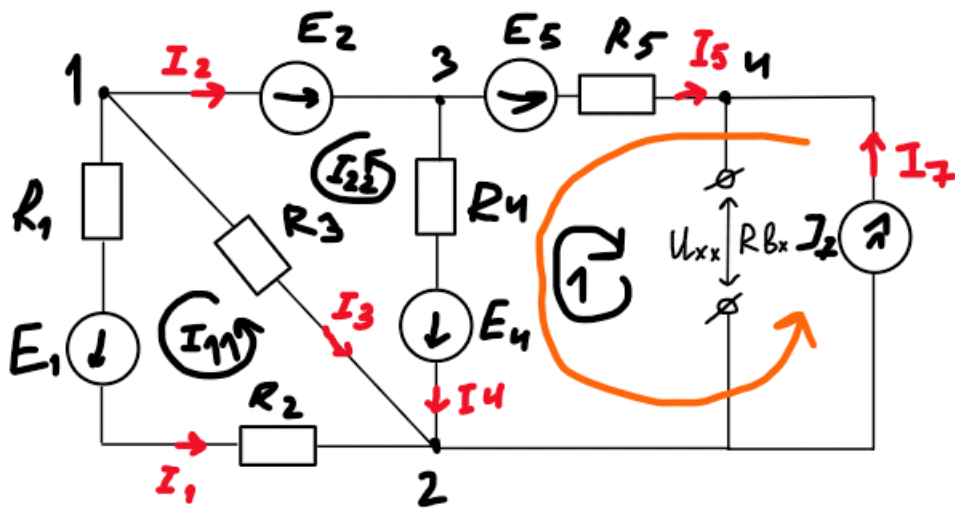


$$R_{12} = R_1 + R_2 = 3 \text{ Ом}$$

$$R_{123} = R_{12}R_3/(R_{12} + R_3) = 3*3/(3+3) = 1.5 \text{ Ом}$$

$$R_{1234} = R_{123}R_4/(R_{123} + R_4) = 1.5*6/(1.5+6) = 1.2 \text{ Ом}$$

$$R_{Bx} = R_{1234} + R_5 = 2 \text{ Ом}$$



2 закон Кирхгофа для 1-го контура:

$$I_5 R_5 - I_4 R_4 + U_{xx} = -E_4 + E_5$$

$$U_{xx} = -I_5 R_5 + I_4 R_4 - E_4 + E_5$$

Нур.мкт = Ветвей - Источников тока - (Узлов-1) = 6-1 - (4 - 1) =
2 - количество уравнений по МКТ

$$I_{11}(R_1 + R_2 + R_3) - I_{22}R_3 = E_1$$

$$I_{22}(R_3 + R_4) - I_{11}R_3 - I_7 R_4 = -E_2 - E_4$$

$$I_5 = -I_7$$

$$I_4 = -I_{22} + I_7$$

$$I_{11} = -1.8 \text{ A}$$

$$I_{22} = -5.6 \text{ A}$$

$$I_5 = -3 \text{ A}$$

$$I_4 = 8.6 \text{ A}$$

$$U_{xx} = 2 \text{ В}$$

$$I_6 = 2.5 \text{ A}$$

Баланс мощностей

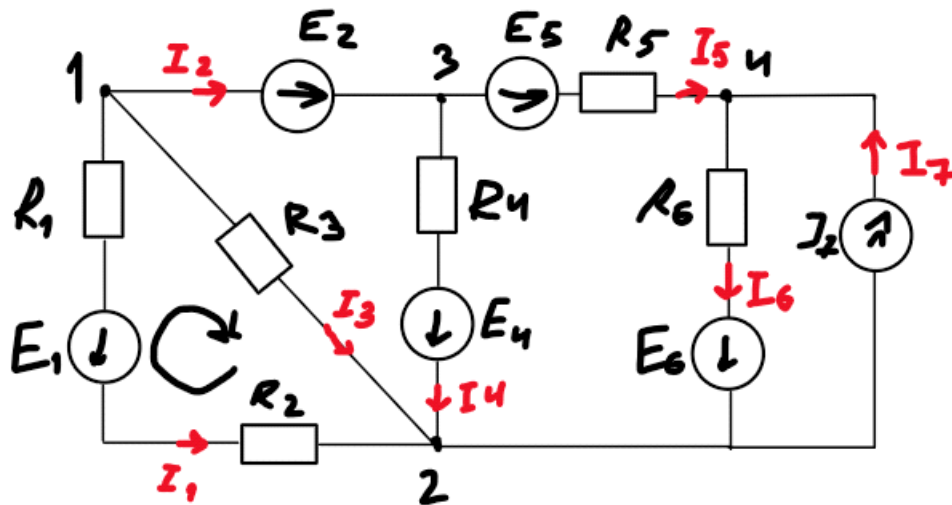
$$\sum P_{\text{ист}} = \sum P_{\text{н}}$$

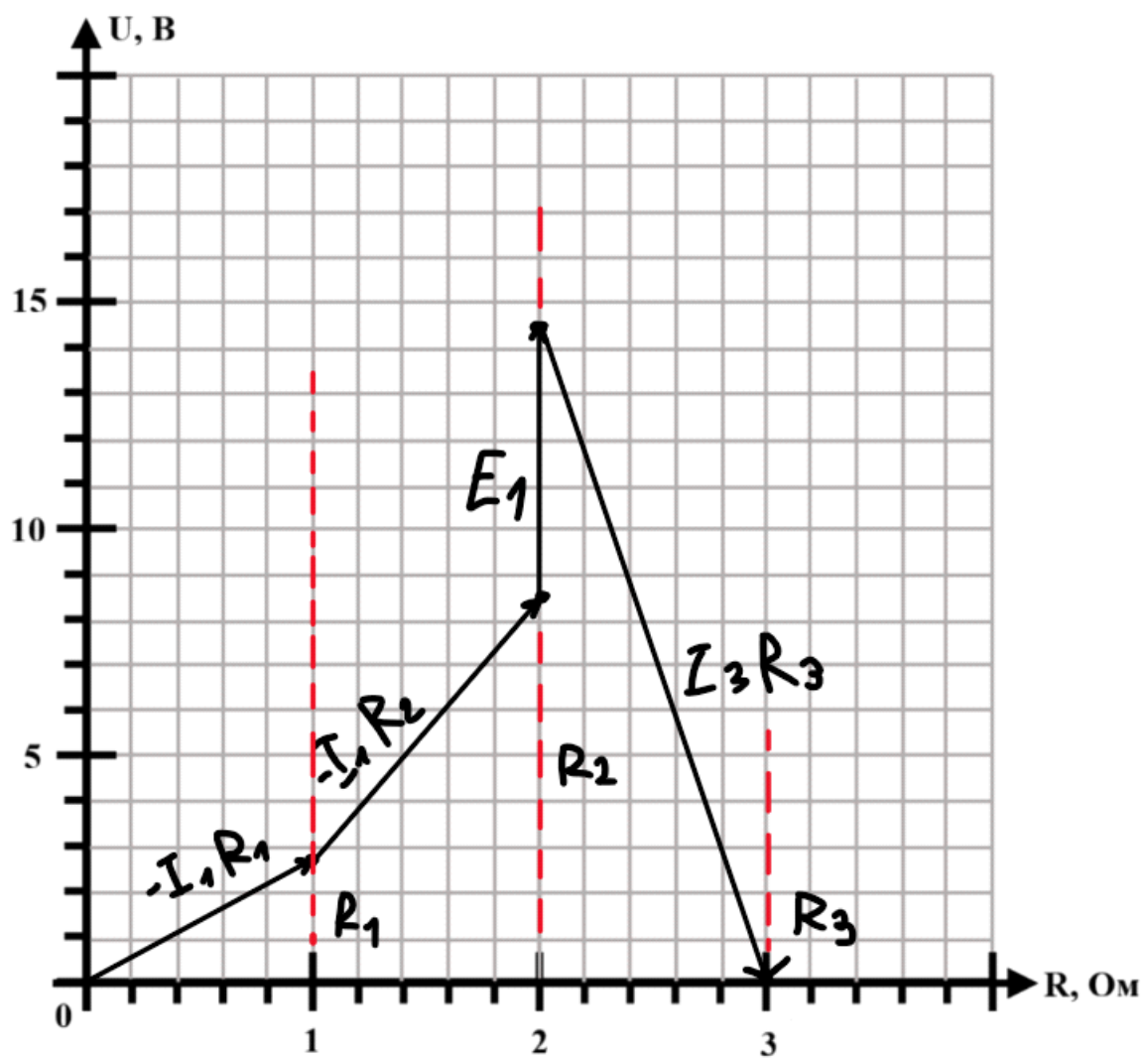
Где $P_{\text{ист}} = IU$, $P_{\text{н}} = I^2 R$

$$\sum P_{\text{ист}} = I_1 E_1 + I_2 E_2 + I_4 E_4 + I_5 E_5 + I_6 E_6 + J_7 (I_6 R_6 + E_6) = -2.8 \cdot 6 + 7.6 \cdot 9 + 8.1 \cdot 54 - 0.5 \cdot 2 + 2.5 \cdot 8 + 3 \cdot (5 + 8) = 547 \text{ Вт}$$

$$\sum P_{\text{н}} = I_1^2 (R_1 + R_2) + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 + I_6^2 R_6 = 2.8^2 \cdot 3 + 4.8^2 \cdot 3 + 8.1^2 \cdot 6 + 0.5^2 \cdot 0.8 + 2.5^2 \cdot 2 = 499 \text{ Вт}$$

Векторно-потенциальная диаграмма





$$I_1 R_1 = -2.8 \cdot 1 = -2.8 \text{ B}$$

$$I_1 R_2 = -2.8 \cdot 2 = -5.6 \text{ B}$$

$$E_1 = 6 \text{ B}$$

$$I_3 R_3 = -4.8 \cdot 3 = -14.4 \text{ B}$$

$$-I_1 R_1 - I_1 R_2 - E_1 + I_3 R_3 = 0$$