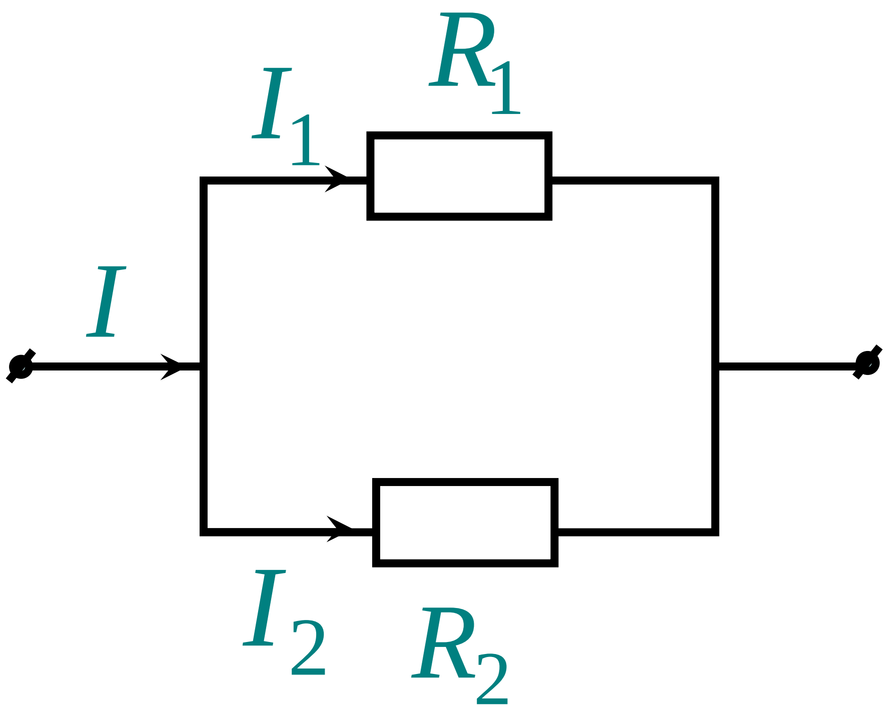
4 лекция

Метод

преобразований

Преобразования схем используются для их упрощения и могут быть доказаны при помощи законов Ома и Кирхгофа. Приведем правила преобразований без доказательства

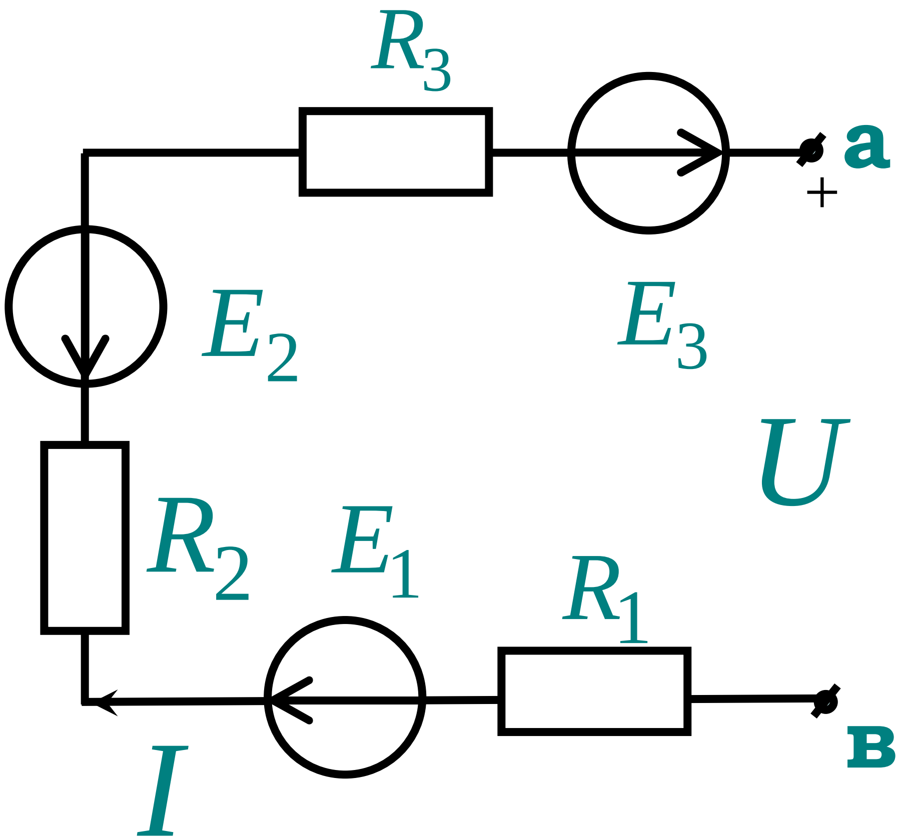
1. Правило распределения (разброса) тока в двух параллельных ветвях

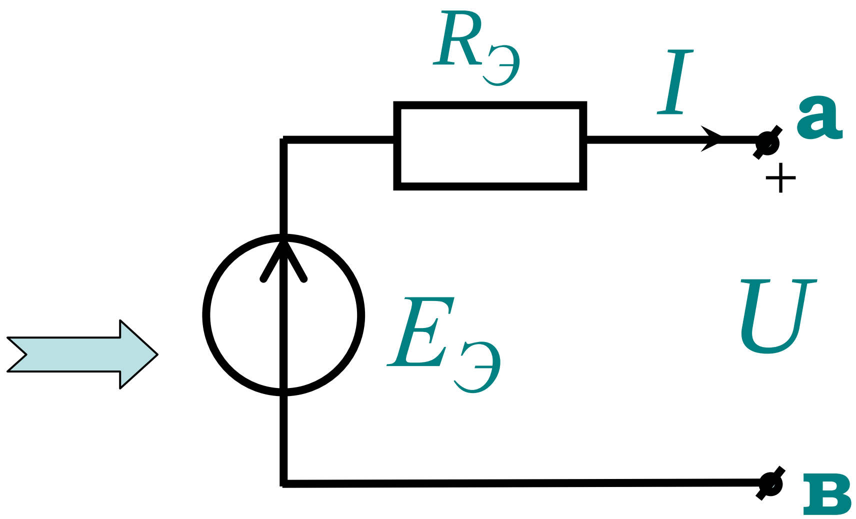


$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

2. Последовательное соединение ЭДС и сопротивлений

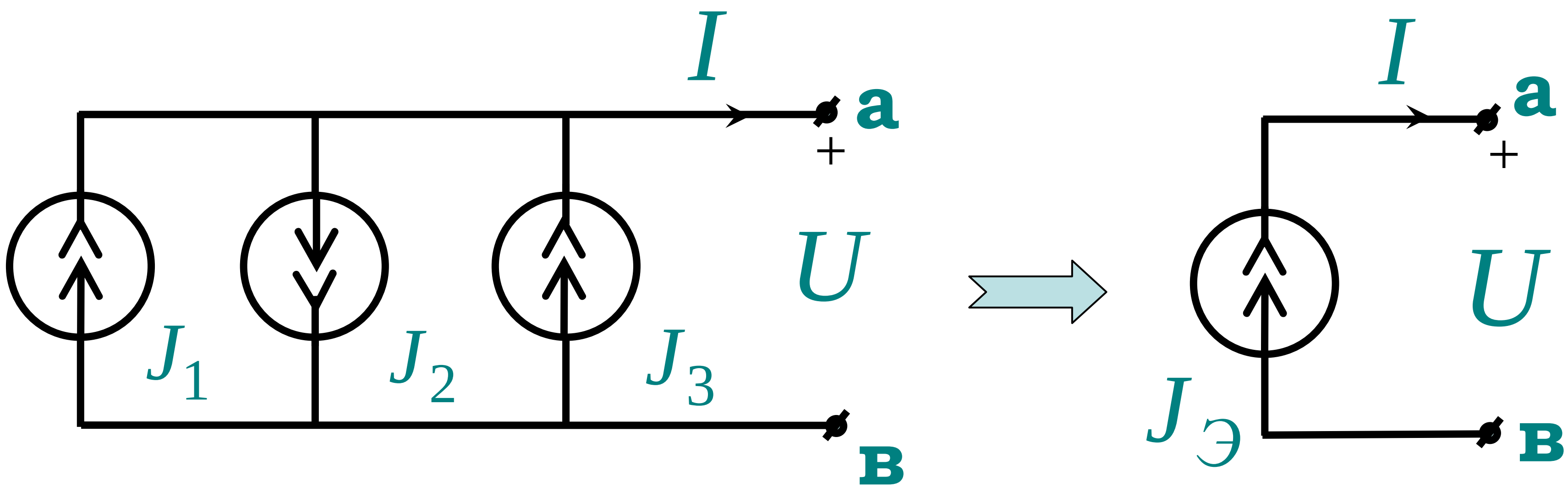




$$\boxed{E_Э = E_1 - E_2 + E_3}$$

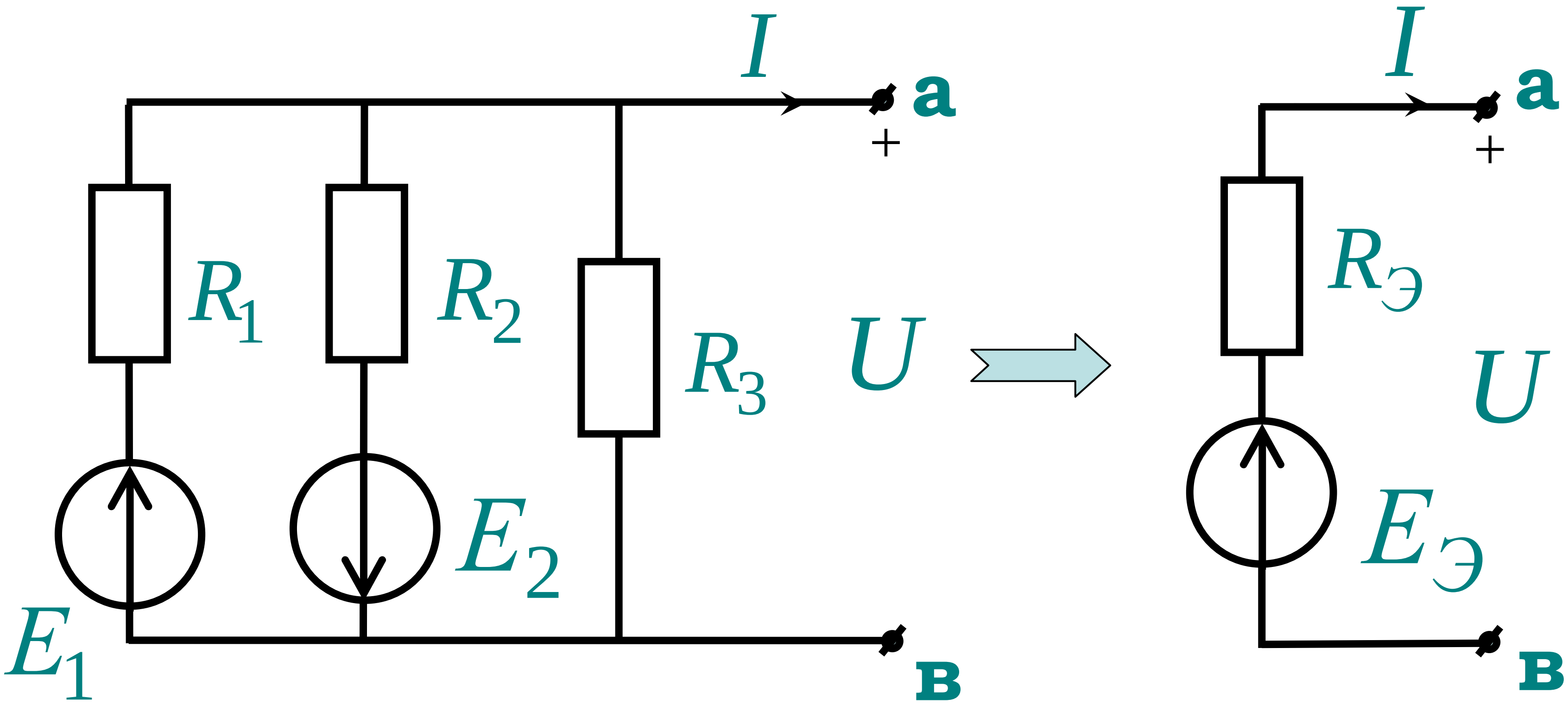
$$\boxed{R_Э = R_1 + R_2 + R_3}$$

3. Параллельное соединение источников тока



$$J_Э = J_1 - J_2 + J_3$$

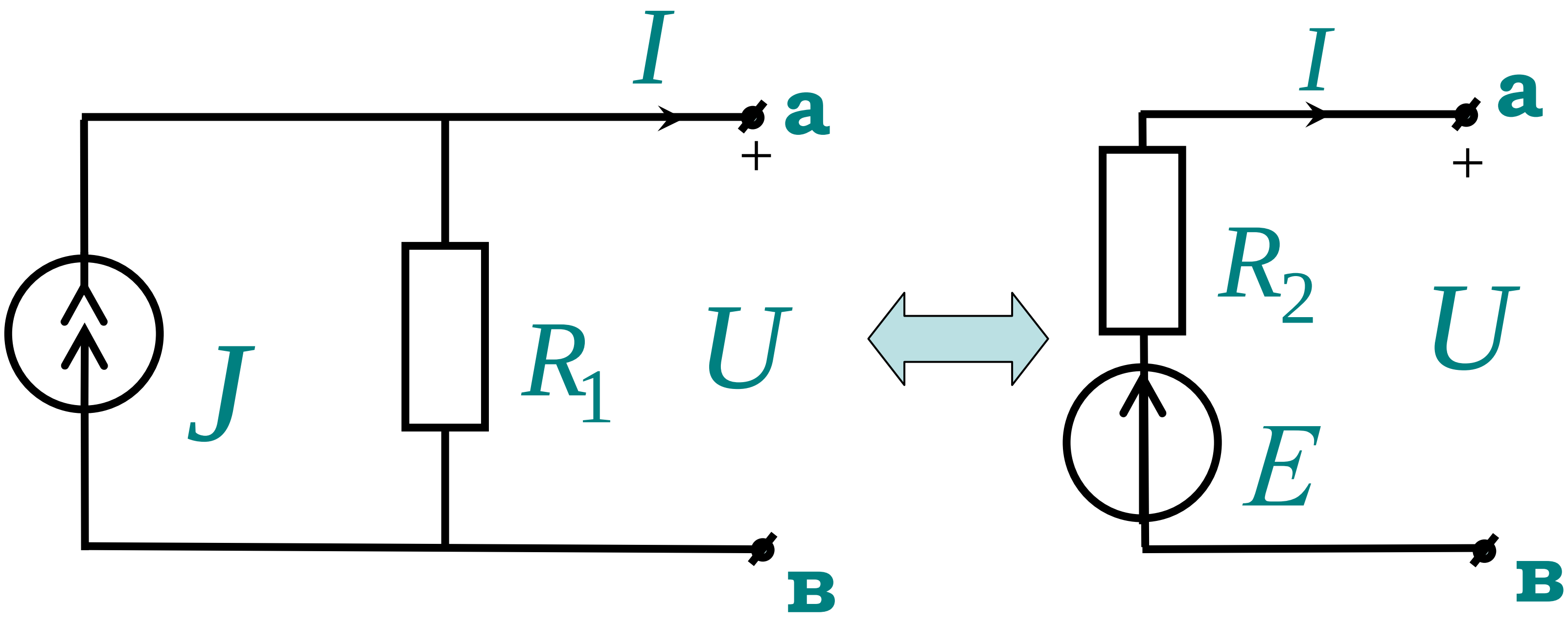
4. Параллельное соединение ЭДС и сопротивлений



$$R_Э = \frac{1}{{}^{1}\!/\!{}_{R_1} + {}^{1}\!/\!{}_{R_2} + {}^{1}\!/\!{}_{R_3}}$$

$$E_Э = \left(\frac{E_1}{R_1} - \frac{E_2}{R_2} \right) \cdot R_Э$$

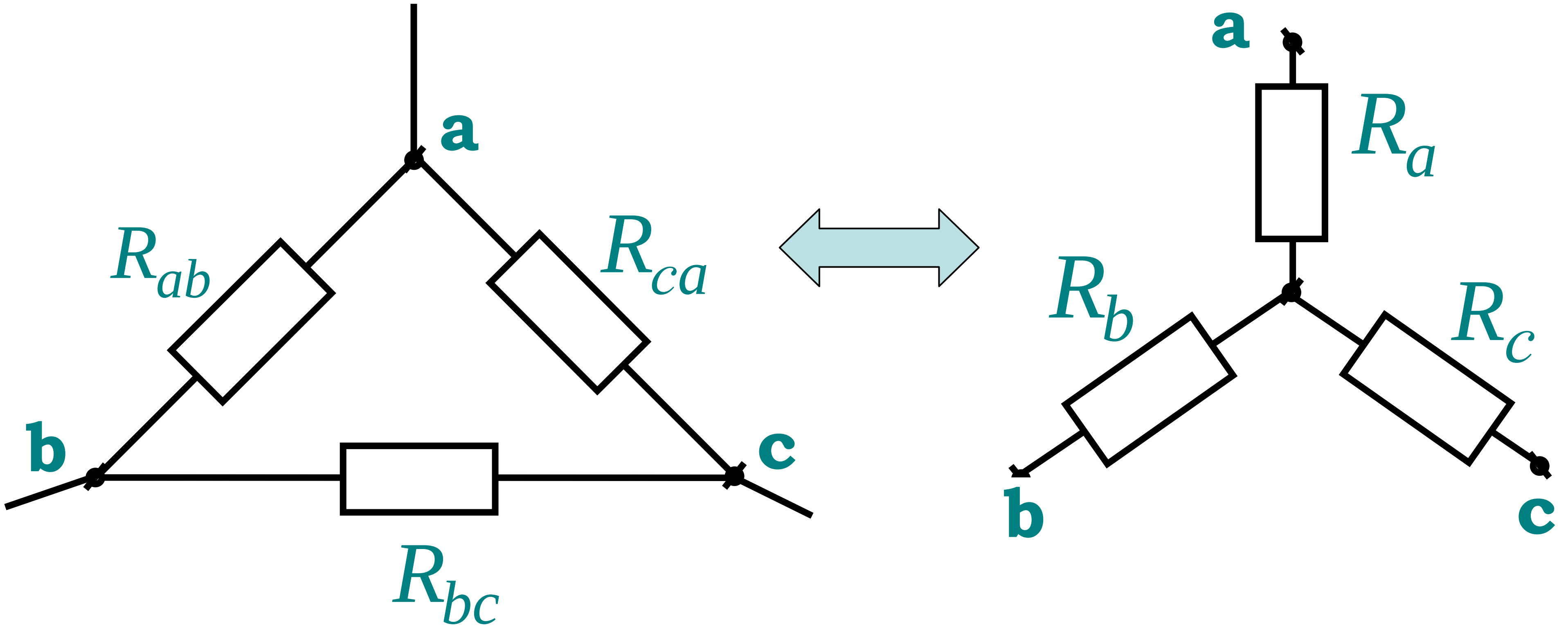
5. Замена источника тока на источник ЭДС и наоборот



$$\boxed{R_1 = R_2}$$

$$\boxed{E = JR_1}$$

6. Преобразование треугольника в звезду и наоборот



$$\boxed{R_a = \frac{R_{ab} R_{ca}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}}$$

$$\boxed{R_b = \frac{R_{ab} R_{bc}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}}$$

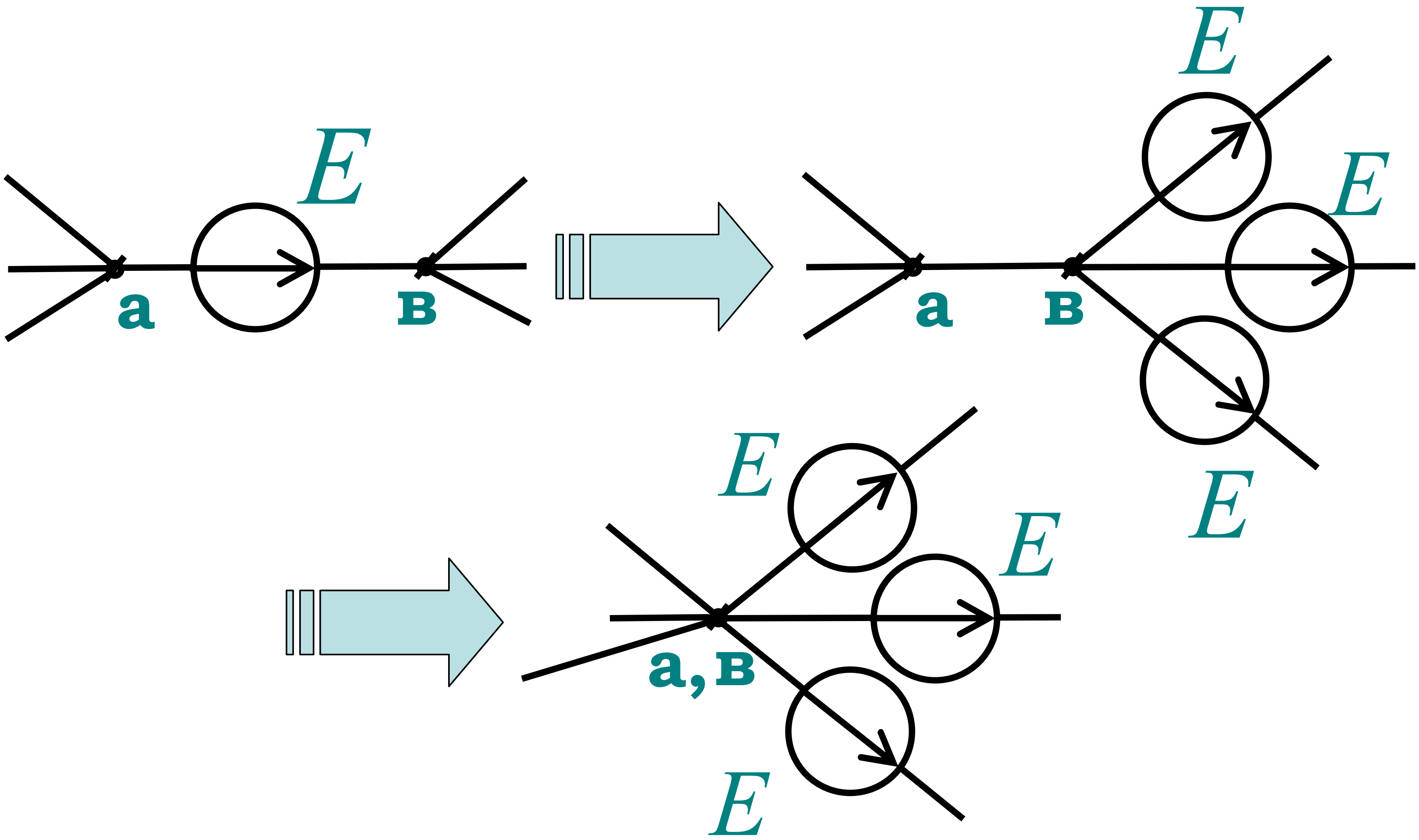
$$\boxed{R_c = \frac{R_{ca} R_{bc}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}}$$

$$\boxed{R_{ab} = R_a + R_b + \frac{R_a R_b}{R_c}}$$

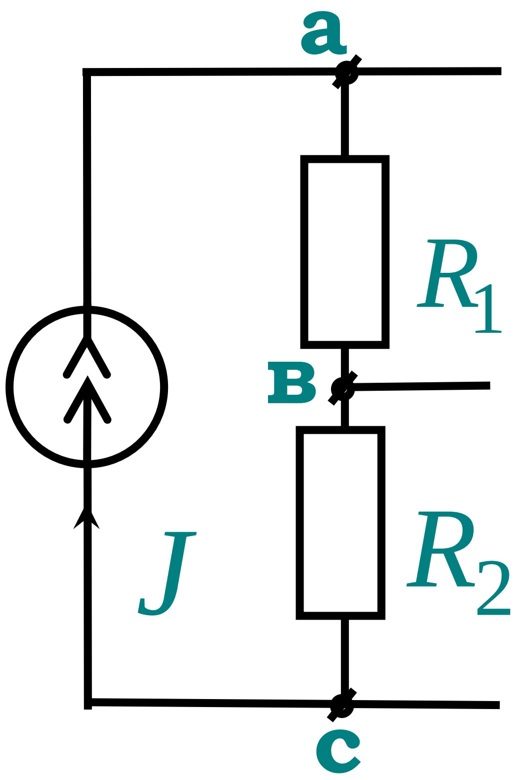
$$\boxed{R_{bc} = R_b + R_c + \frac{R_b R_c}{R_a}}$$

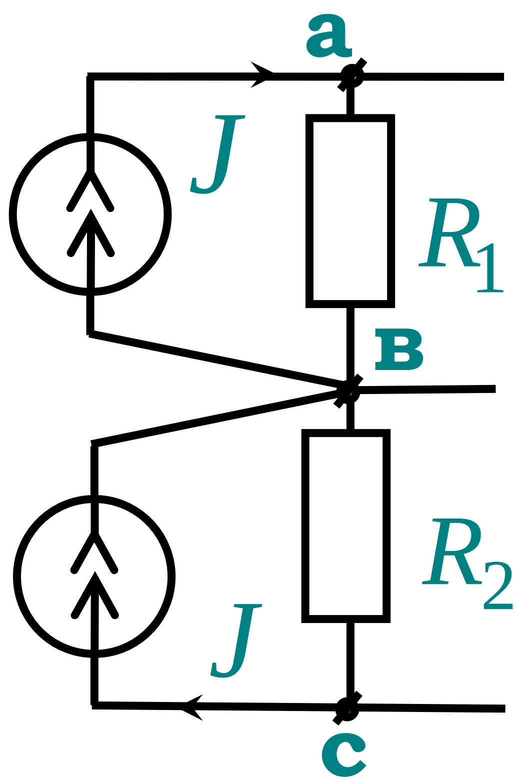
$$\boxed{R_{ca} = R_c + R_a + \frac{R_c R_a}{R_b}}$$

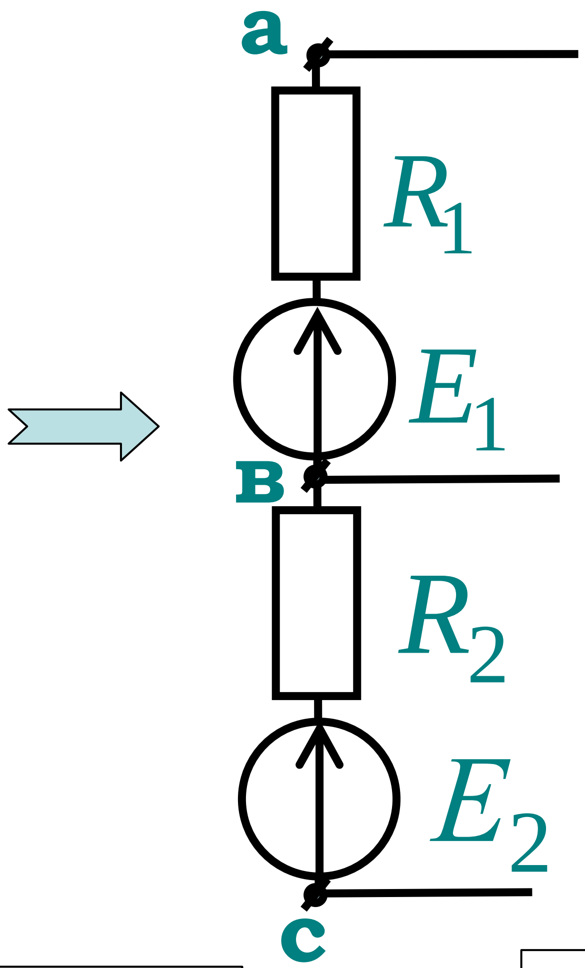
7. Перенос источников ЭДС



8. Перенос источников тока





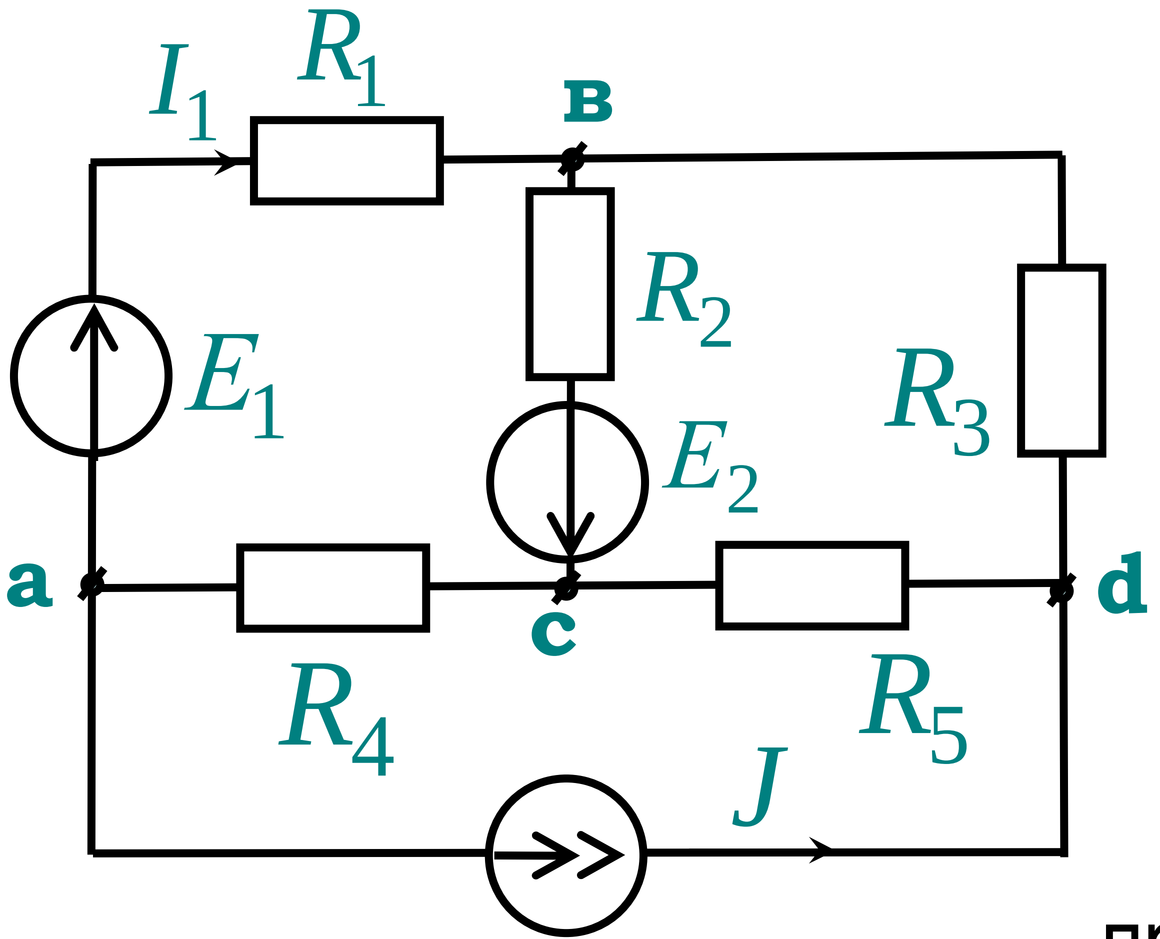


$$\boxed{E_1 = R_1 J}$$

$$\boxed{E_2 = R_2 J}$$

На основе приведенных правил можно реализовать метод преобразований для расчета тока или напряжения в *к*-ветви схемы. Для этого схема преобразуется до одного контура с искомым током или напряжением, где эти величины легко определяются

Пример



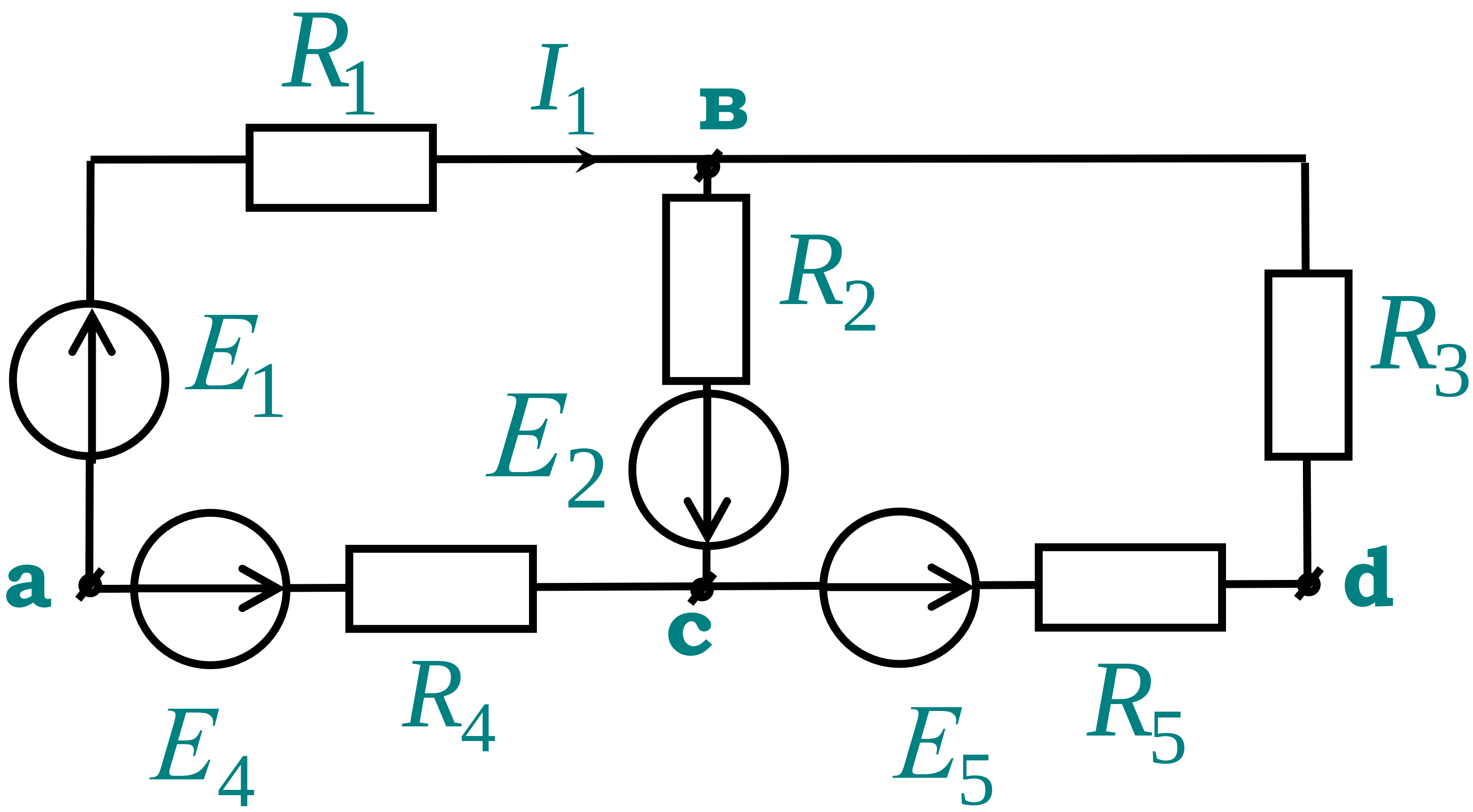
Определить

I_1

методом

преобразований

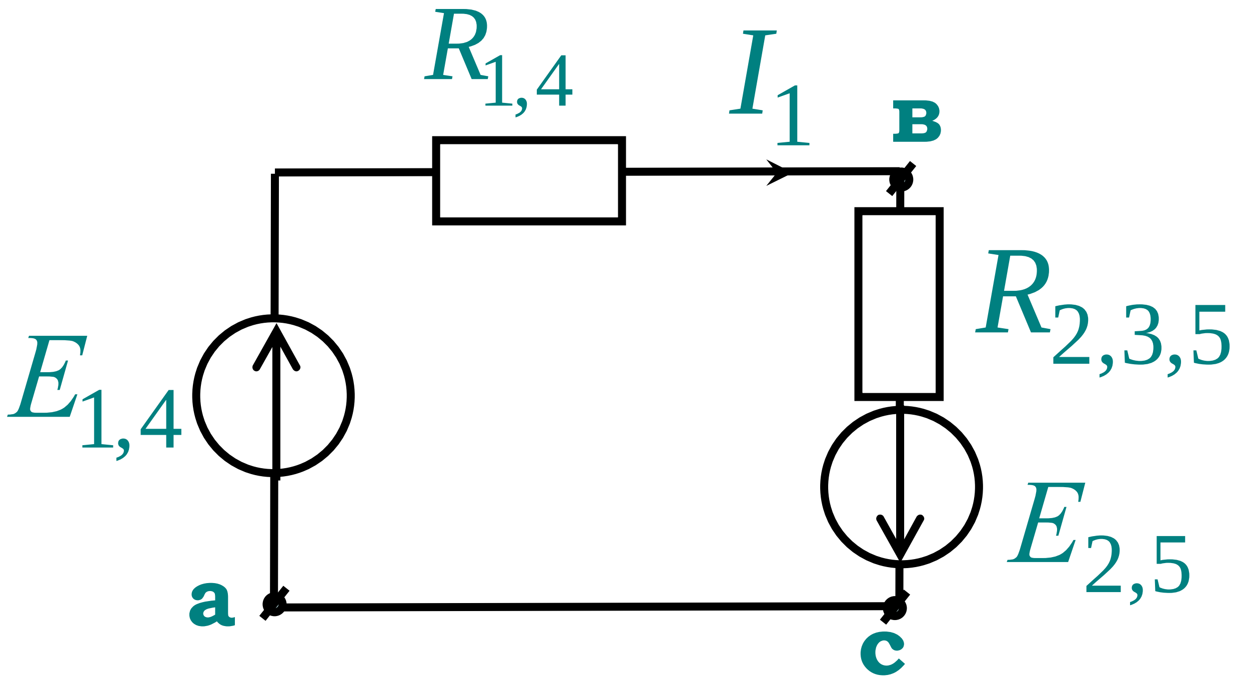
а) перенос источников тока



$$\boxed{E_4 = R_4 J}$$

$$\boxed{E_5 = R_5 J}$$

б) преобразования соединений сопротивлений и ЭДС

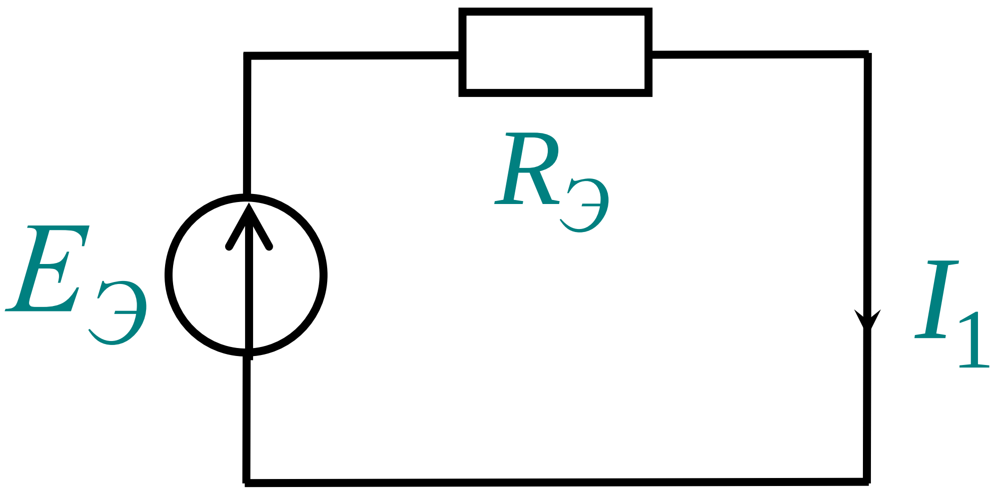


$$\boxed{E_{1,4} = E_1 - E_4}$$

$$\boxed{R_{1,4} = R_1 + R_4}$$

$$\boxed{R_{2,3,5} = \frac{R_2(R_3 + R_5)}{R_2 + R_3 + R_5}}$$

$$\boxed{E_{2,5} = \left(\frac{E_2}{R_2} - \frac{E_5}{R_3 + R_5}\right) \cdot R_{2,3,5}}$$



$$\boxed{E_Э = E_{1,4} + E_{2,5}}$$

$$\boxed{R_Э = R_{1,4} + R_{2,3,5}}$$

$$\boxed{I_1 = {E_Э}/{R_Э}}$$

Метод

наложения

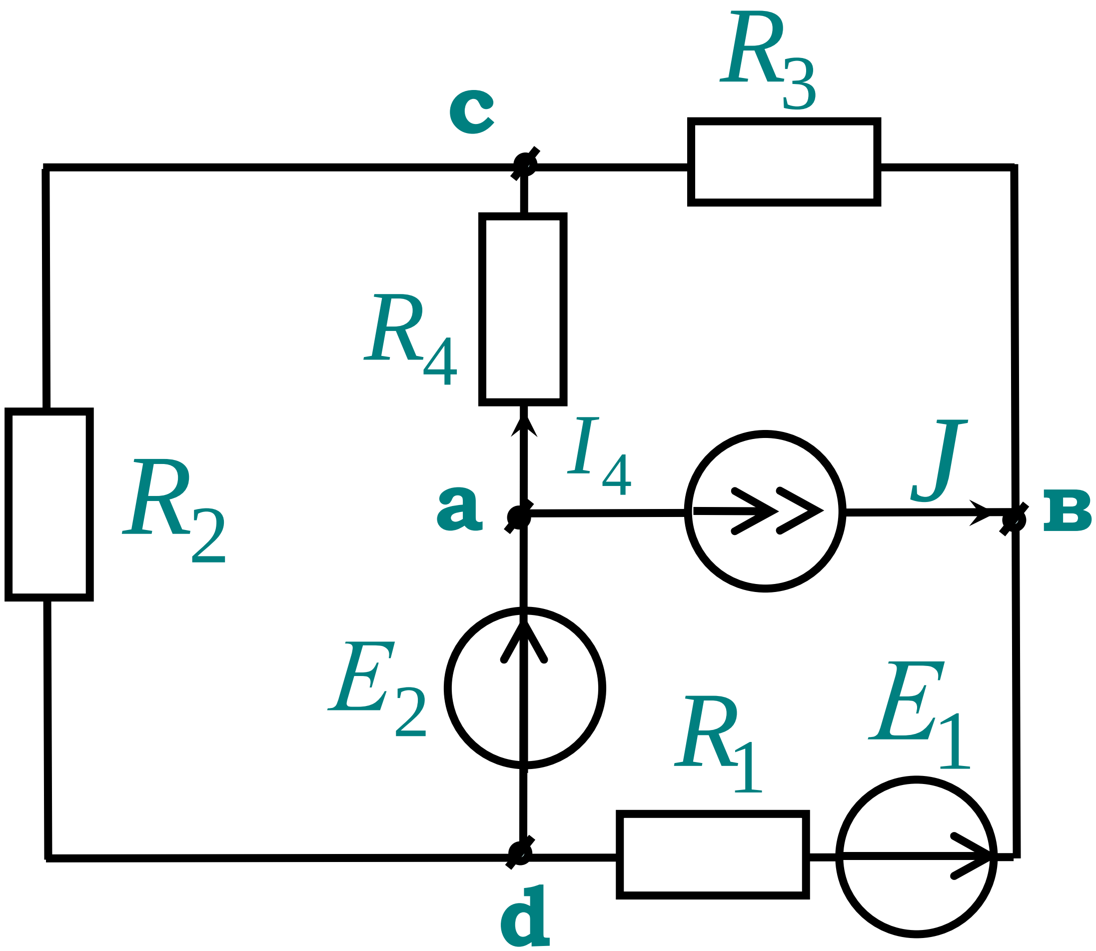
Метод наложения справедлив для линейных цепей и основывается на принципе наложения, когда любой ток (напряжение) равен алгебраической сумме составляющих от действия каждого источника в отдельности

$$\boxed{I_к = \sum \pm I_к^{(n)}}$$

$$\boxed{U_к = \sum \pm U_к^{(n)}}$$

При этом для расчета составляющих токов и напряжений исходная схема разбивается на подсхемы, в каждой из которых действует один источник ЭДС или тока, причем остальные источники ЭДС закорочены, а ветви с остальными источниками тока разорваны

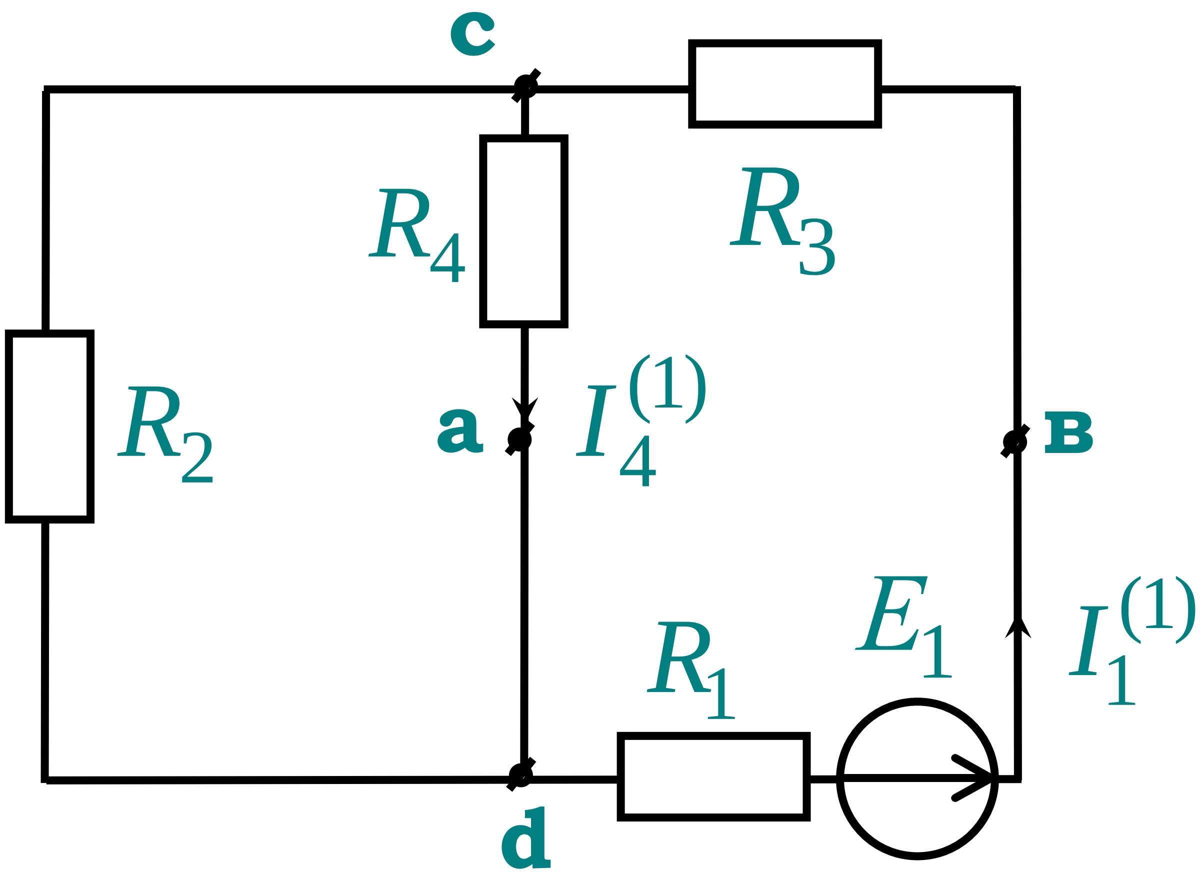
Пример



Определить

$I_4 = ?$

а) подсхема с E_1 :



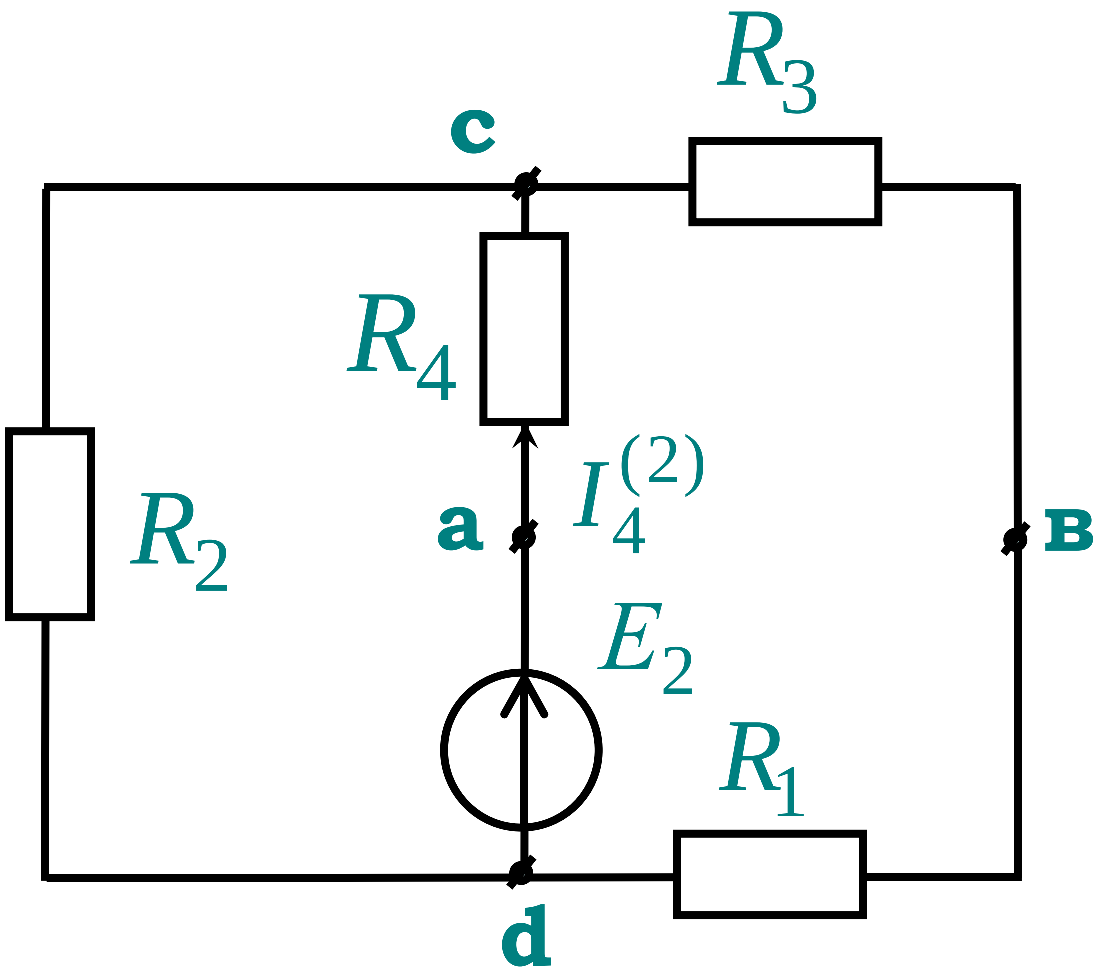
По закону Ома:

$$\boxed{I_1^{(1)} = \frac{E_1}{(R_1 + R_3) + \dfrac{R_2 R_4}{R_2 + R_4}}}$$

По правилу разброса:

$$\boxed{I_4^{(1)} = I_1^{(1)} \frac{R_2}{R_2 + R_4}}$$

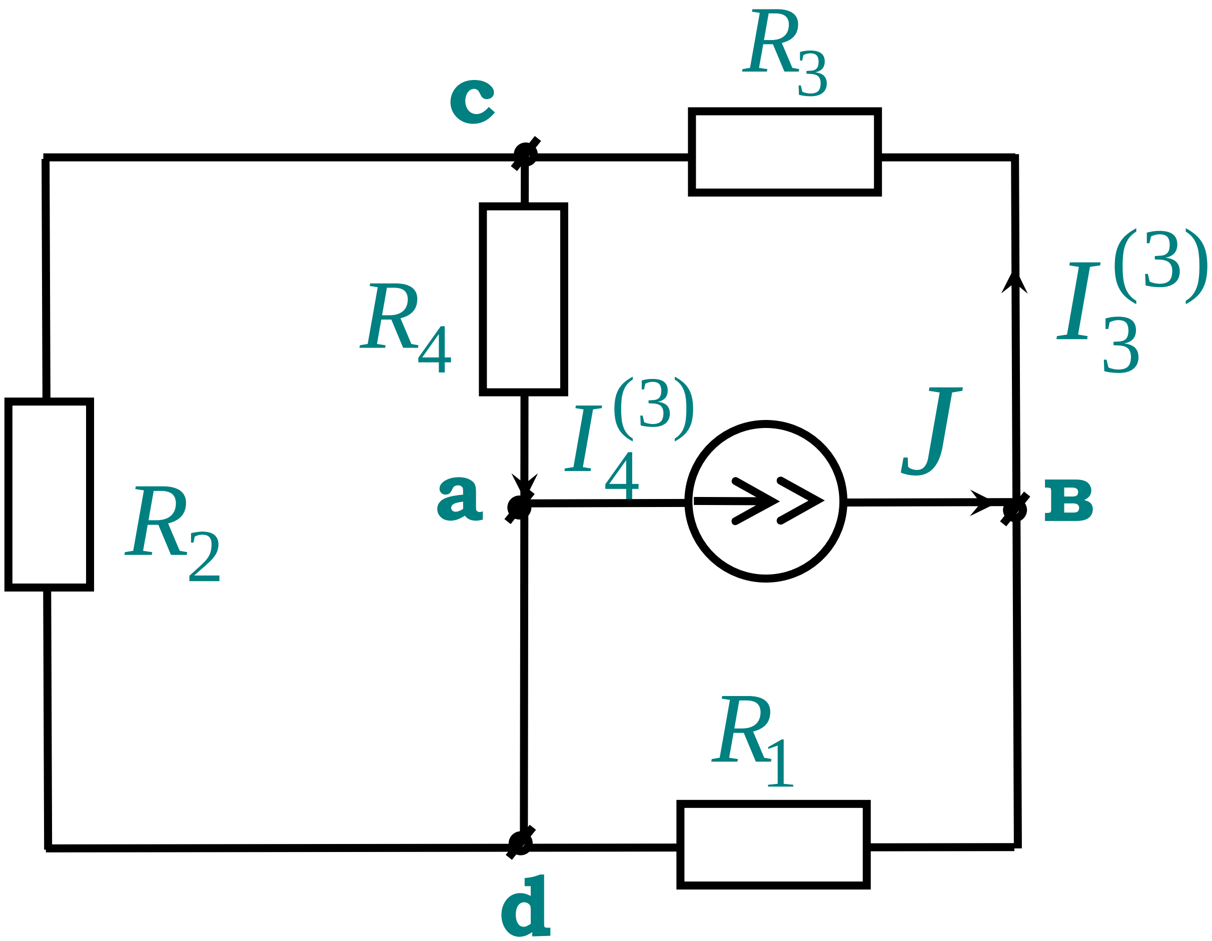
б) подсхема с E_2 :



По закону Ома:

$$\boxed{I_4^{(2)} = \frac{E_2}{R_4 + \dfrac{R_2(R_1 + R_3)}{R_2 + (R_1 + R_3)}}}$$

в) подсхема с J :



По правилу разброса:

$$I_3^{(3)} = J\frac{R_1}{R_1 + (R_3 + \dfrac{R_2 R_4}{R_2 + R_4})}$$

По правилу разброса:

$$I_4^{(3)} = I_3^{(3)}\frac{R_2}{R_2 + R_4}$$

г) окончательный результат

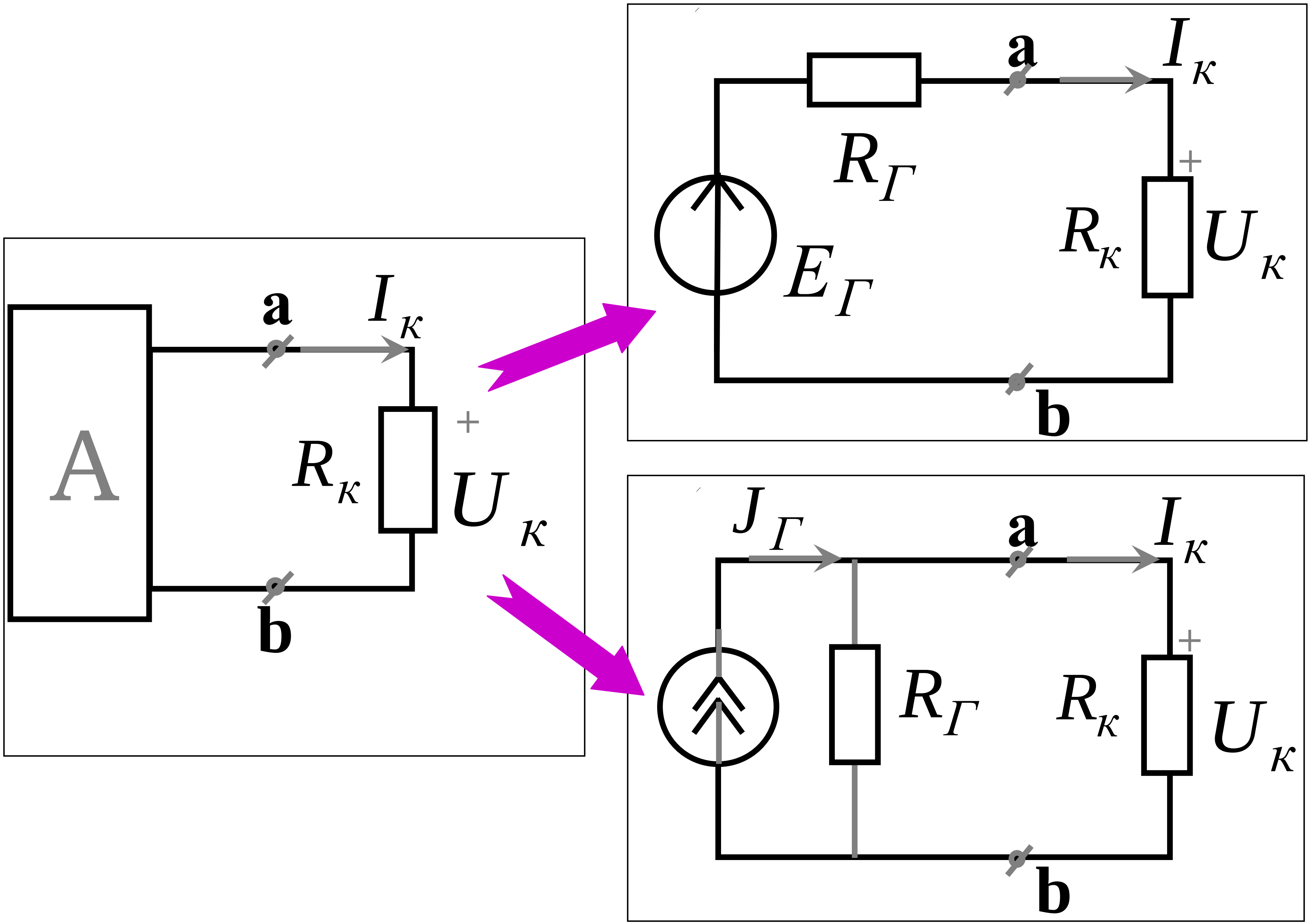
$$\boxed{I_4 = \sum \pm I_4^{(n)} = -I_4^{(1)} + I_4^{(2)} - I_4^{(3)}}$$

Метод эквивалентного генератора

Метод эквивалентного генератора основывается на теореме об активном двухполюснике (эквивалентном генераторе), имеющем два выходных зажима и содержащем источники и пассивные элементы

Любой активный двухполюсник, рассматриваемый относительно двух зажимов (выводов), можно представить в виде эквивалентного источника ЭДС или тока, с ЭДС и током равными соответственно напряжению холостого хода или току короткого замыкания относительно этих зажимов

При этом внутреннее сопротивление этих источников равно эквивалентному сопротивлению активного двухполюсника относительно рассматриваемых зажимов



a
b
I к
R к
U к
A
+
E Г
R Г
J Г

где

$$\boxed{E_{\Gamma} = U_{\kappa}^{(xx)}}$$

когда $I_{\kappa} = 0$ при $R_{\kappa} = \infty$

где $$\boxed{J_{\Gamma} = \frac{E_{\Gamma}}{R_{\Gamma}} = I_{к}^{(кз)}}$$

когда $U_{к} = 0$ при $R_{к} = 0$

ПРИЧЕМ $$\boxed{R_{\Gamma} = R_{ab}}$$

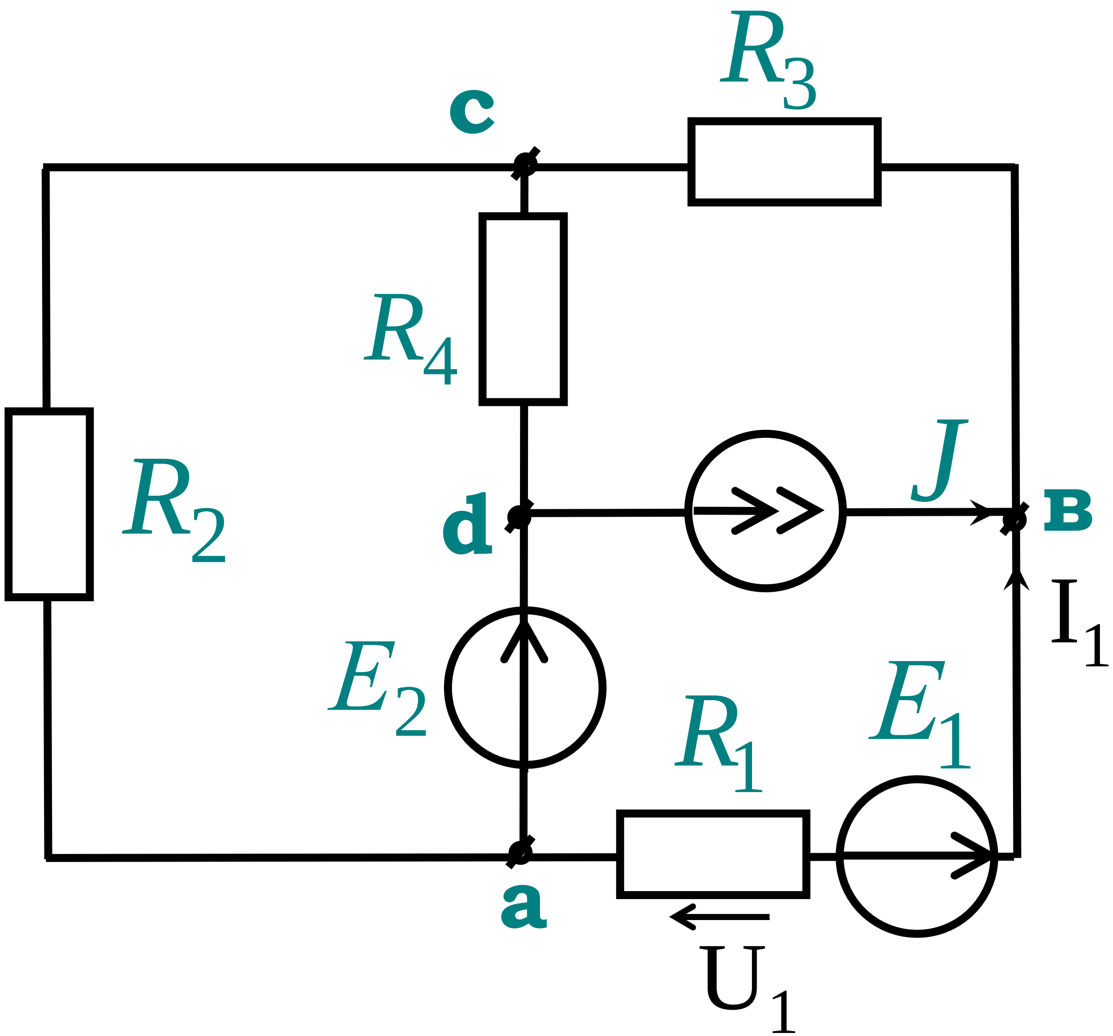
$$I_{к} = \frac{E_{Г}}{R_{Г} + R_{к}} =$$

$$= \frac{J_{Г} R_{Г}}{R_{Г} + R_{к}} = \frac{J_{Г}}{1 + R_{к} / R_{Г}}$$

Различают режимы для нагрузки $R_H = R_k$ при $I = I_k$, $U = U_k = R_k I_k = R_H I$:

1. **Холостой ход** при $R_H = \infty$, когда $I = I^{(xx)} = 0$, $U = U^{(xx)} = E_Г$, $P = UI = I^2 R_H = 0$.
2. **Короткое замыкание** при $R_H = 0$, когда $I = I^{(кз)} = E_Г / R_Г$, $U = U^{(кз)} = 0$, $P = UI = I^2 R_H = 0$.
3. **Согласованный режим** при $R_H = R_Г$, когда $I = 0{,}5 I^{(кз)}$, $U = R_H I = 0{,}5 E_Г$, $P = UI = I^2 R_H = 0{,}25 I^{(кз)} E_Г = E_Г^2 / 4R_Г = P_{max}$.

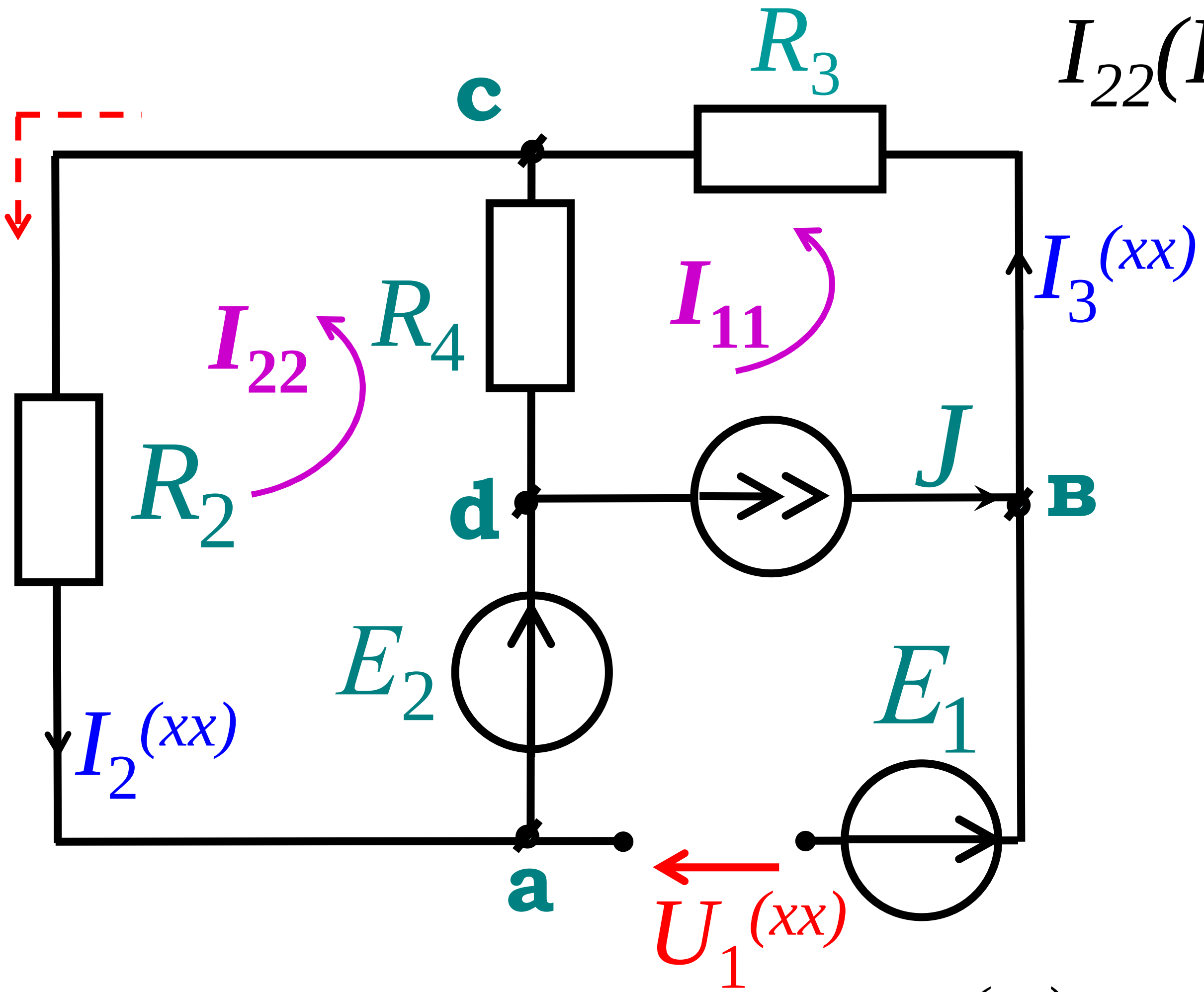
Пример



Определить

I_1=?

а) напряжение холостого хода $U_1^{(xx)}$:



$$I_{22}(R_2+R_4)-I_{11}R_4=E_2$$

$$I_{11}=J$$

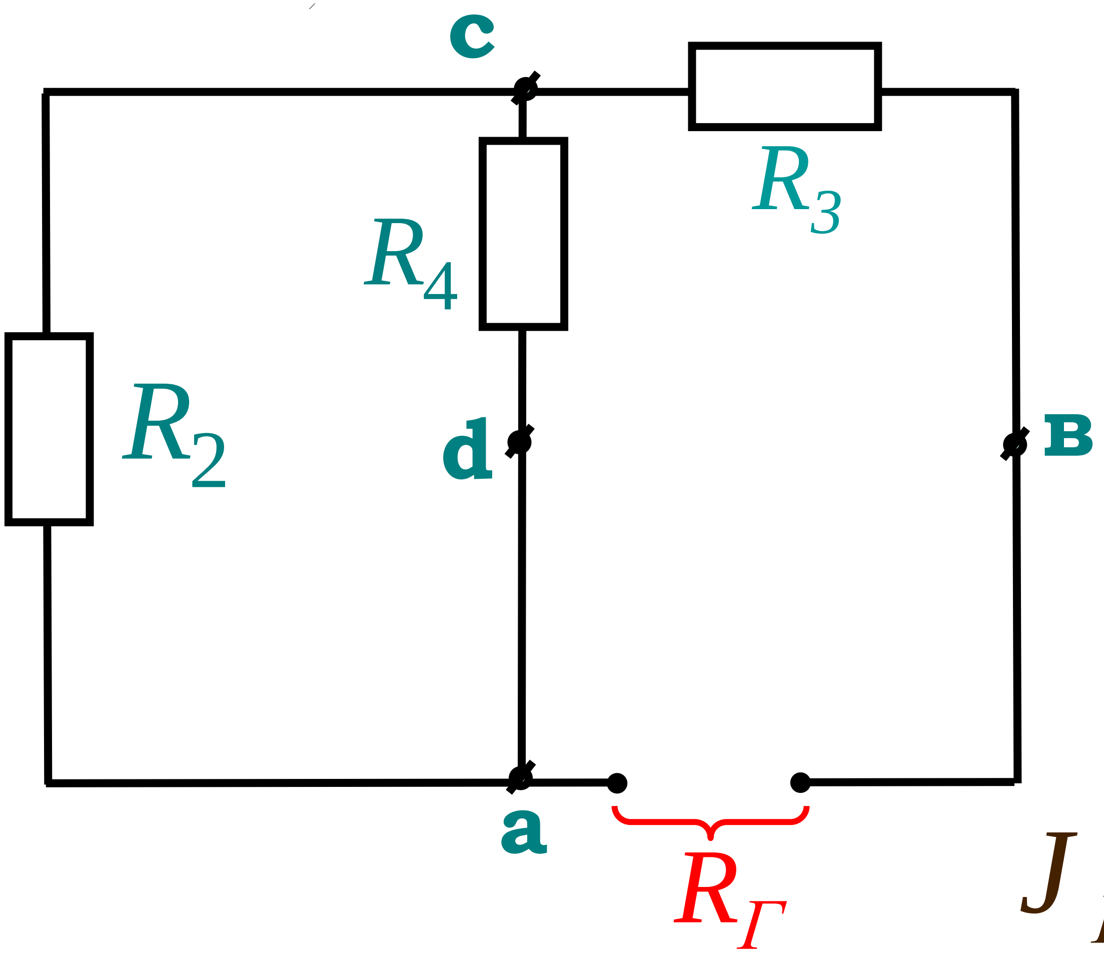
$$I_2^{(xx)}=I_{22}$$

$$I_3^{(xx)}=I_{11}$$

$$U_1^{(xx)}=E_Г=?$$

$$-U_1^{(xx)}+E_1=R_3I_3^{(xx)}+R_2I_2^{(xx)}$$

б) эквивалентное сопротивление $R_Г$:



$$R_Г = R_3 + R_2 R_4 / (R_2 + R_4)$$

Тогда

$$J_Г = I_1^{(кз)} = \frac{E_Г}{R_Г}$$

в) окончательный результат

$$I_1 = \frac{E_Г}{R_Г + R_1} = \frac{J_Г}{1 + {R_1}/{R_Г}}$$

Графическое определение I_1 и U_1: