

# Лекция №1

**Метод законов Кирхгофа.  
Метод эквивалентного  
генератора.**

**Электротехника 1.3 - всего 100 баллов**

**Конспект + посещение лекций – 8 (8x1) баллов**

**ИДЗ (4 работы) – 31 (10+10+6+5) балл**

**КН: Реферат – 6 баллов, тест – 6 баллов**

**Лабораторные работы (вводное + 7 работ) – 14 (7x2) баллов**

**Обратная связь с преподавателем в ЭК – 4 (4x1) балла**

**Самостоятельное решение задач на ПР – 16 (8x2) баллов**

**Зачет – 15 баллов (допуск к зачету **min 40 баллов, сданы и защищены все ЛР и ИДЗ**)**

# Литература:

1. Шандарова Е.Б. Электротехника и электроника. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006г.
2. Электротехника и электроника/под ред. Герасимова В.Г. – М.:Высшая школа, Кн.1, 1996.
3. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника – М.: Высшая школа, 2003.
4. Лукутин А.В., Шандарова Е.Б. Расчет характеристик электрических машин. Часть 2. Электрические машины: учебное пособие по курсу «Электротехника, электроника». – Томск: Изд-во ТПУ, 2011г.
5. Руководство к лабораторным работам по ТОЭ на учебном лабораторном комплексе. Часть 1. Для студентов ЭЛТИ и ИДО – Томск: Изд-во ТПУ, 2007г.

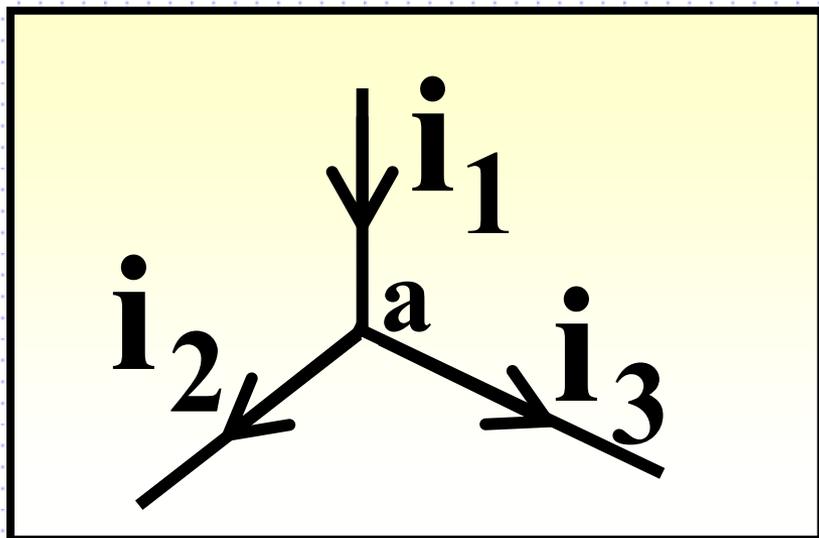
# **Законы Кирхгофа при постоянных напряжениях и токах**

# **Первый закон Кирхгофа**

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

$$\sum \mathbf{i}_k = \mathbf{0}$$

Например:



узел **a**:

$$-i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

**Физически первый закон  
Кирхгофа –  
это закон непрерывности  
электрического тока.**

**По первому закону  
Кирхгофа можно составить  
 $n_1 = n_y - 1$   
независимых уравнений.**

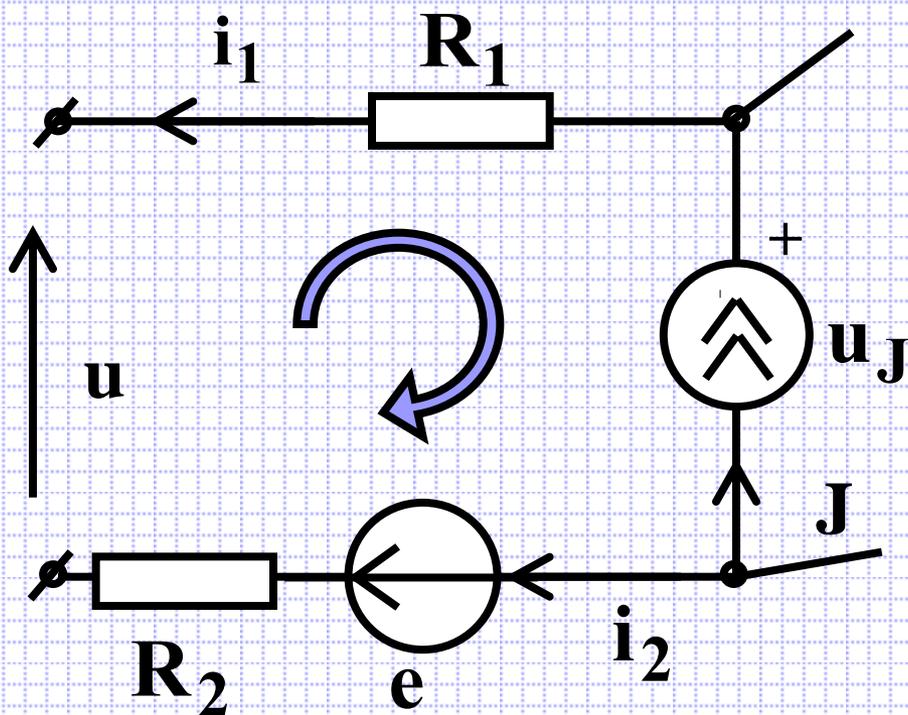
# **Второй закон Кирхгофа**

**Для любого контура цепи  
алгебраическая сумма напряжений  
на пассивных элементах  
равна алгебраической сумме  
ЭДС и напряжений источников  
тока.**

**Со знаком “+”  
принимаются те слагаемые,  
положительные направления  
которых совпадают с  
направлением обхода  
контура.**

$$\sum \mathbf{i}_k \mathbf{R}_k = \sum \mathbf{e}_k + \sum \mathbf{u}_k \mathbf{J}_k$$

Например:



$$-i_1 R_1 + i_2 R_2 = u + e - u_J$$

**Физически второй закон  
Кирхгофа характеризует  
равновесие напряжений  
в любом контуре цепи.**

**По второму закону  
Кирхгофа можно составить**

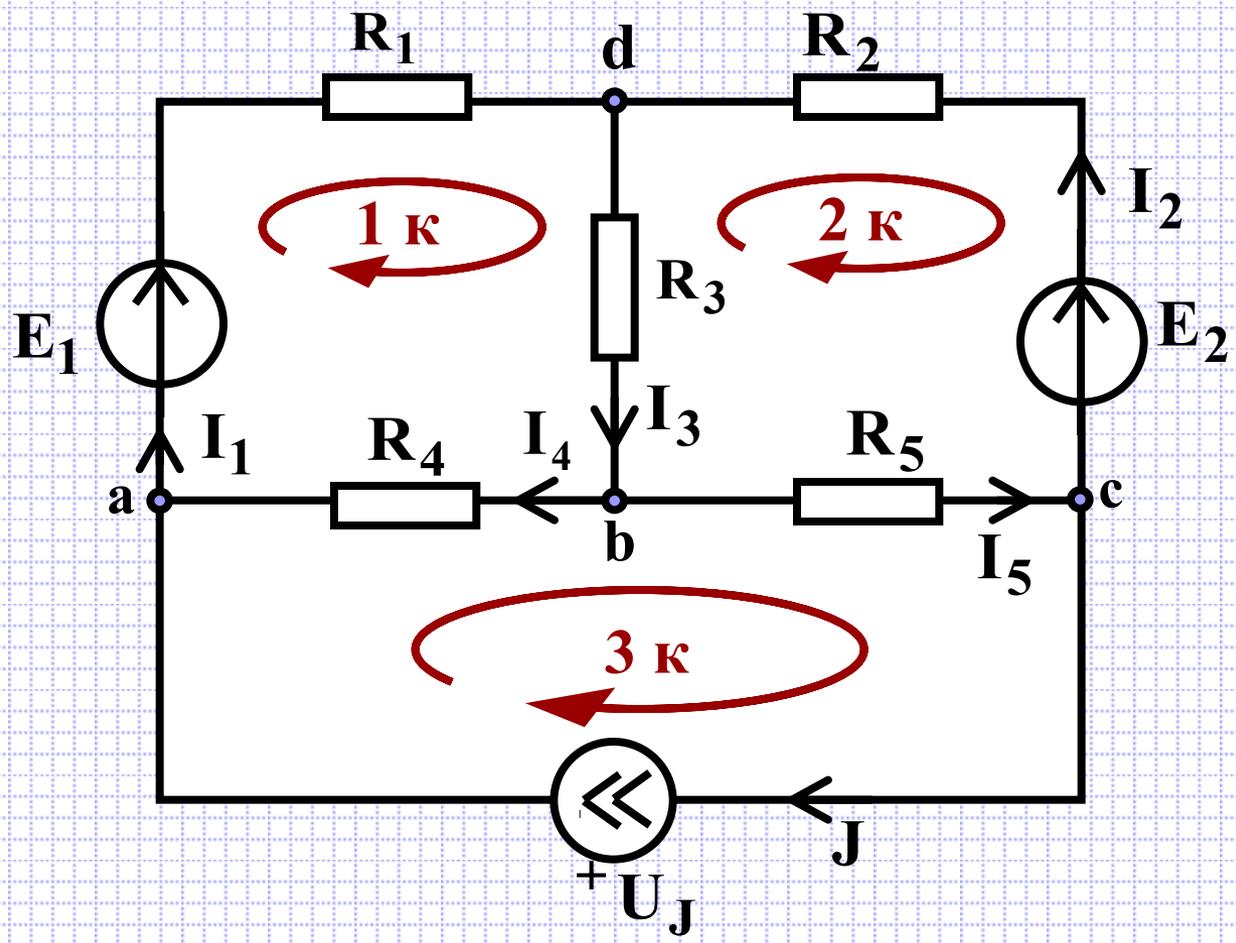
$$n_2 = n_B - n_1$$

**уравнений**

**или**

**Количество уравнений  
равняется количеству  
независимых замкнутых  
контуров.**

# **Метод законов Кирхгофа**



$$\mathbf{n}_y = 4$$

$$\mathbf{n}_B = 6$$

$$\mathbf{n}_1 = \mathbf{n}_y - 1 = 3$$

$$\mathbf{n}_2 = \mathbf{n}_B - \mathbf{n}_1 = 3$$

# Уравнения по 1-му закону Кирхгофа:

$$\mathbf{a : \quad I_1 - I_4 - J = 0}$$

$$\mathbf{b : \quad -I_3 + I_4 + I_5 = 0}$$

$$\mathbf{c : \quad I_2 - I_5 + J = 0}$$

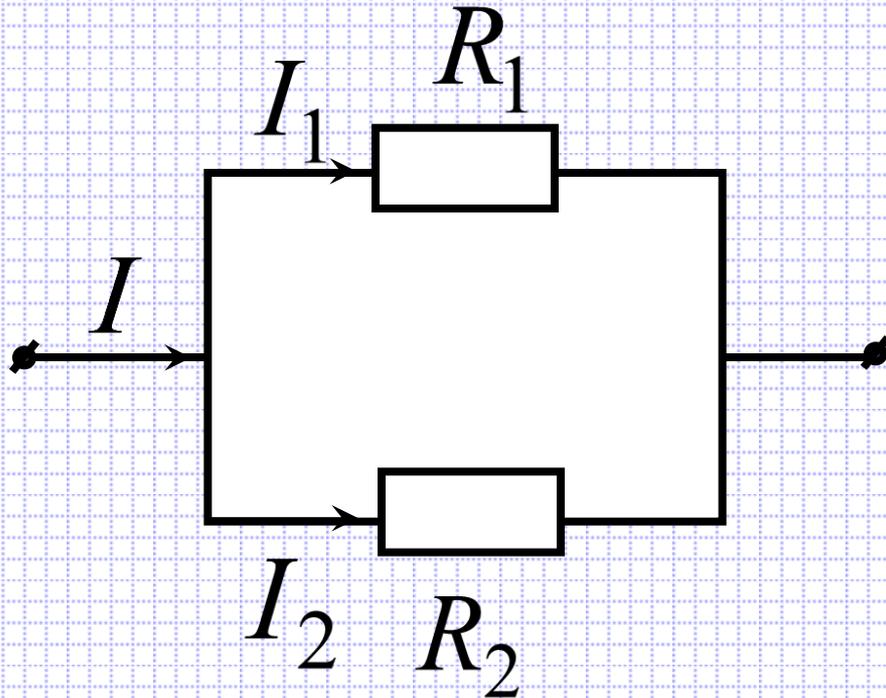
# Уравнения по 2-му закону Кирхгофа:

$$1к: \quad R_1 I_1 + R_3 I_3 + R_4 I_4 = E_1$$

$$2к: \quad -R_2 I_2 - R_3 I_3 - R_5 I_5 = -E_2$$

$$3к: \quad -R_4 I_4 + R_5 I_5 = U_J$$

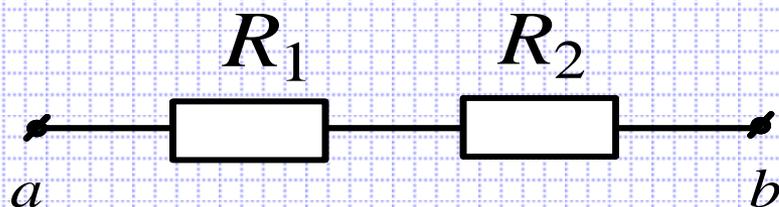
# Правило распределения (разброса) тока в параллельных ветвях



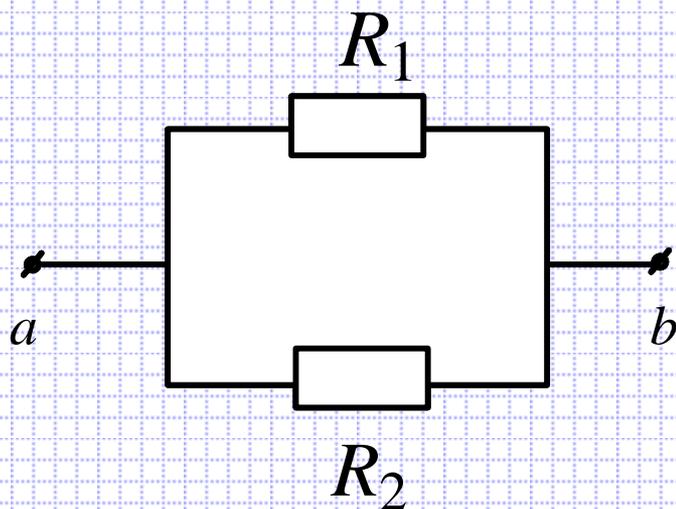
$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

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

# Последовательное и параллельное соединение сопротивлений



$$R_{ab} = R_1 + R_2$$



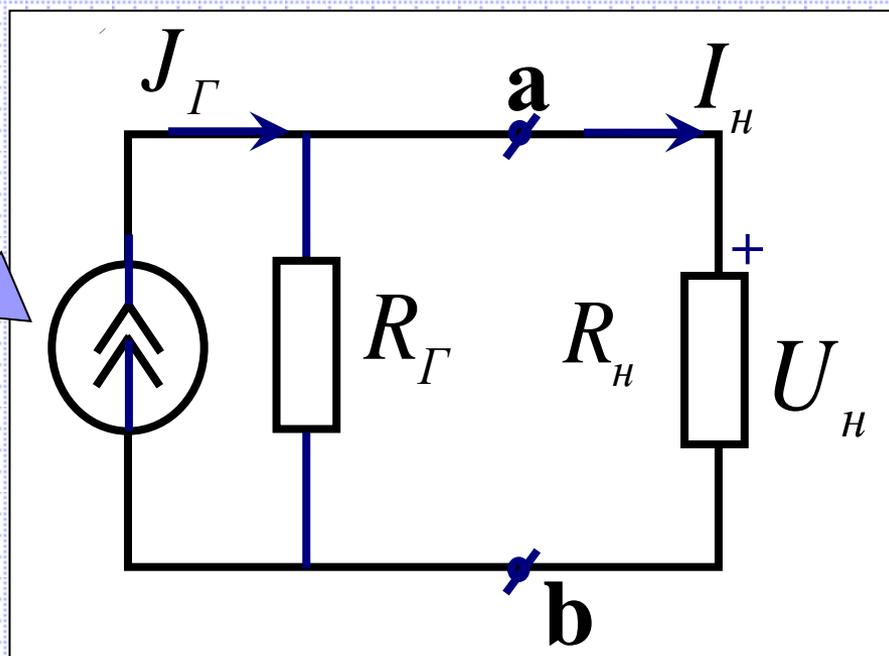
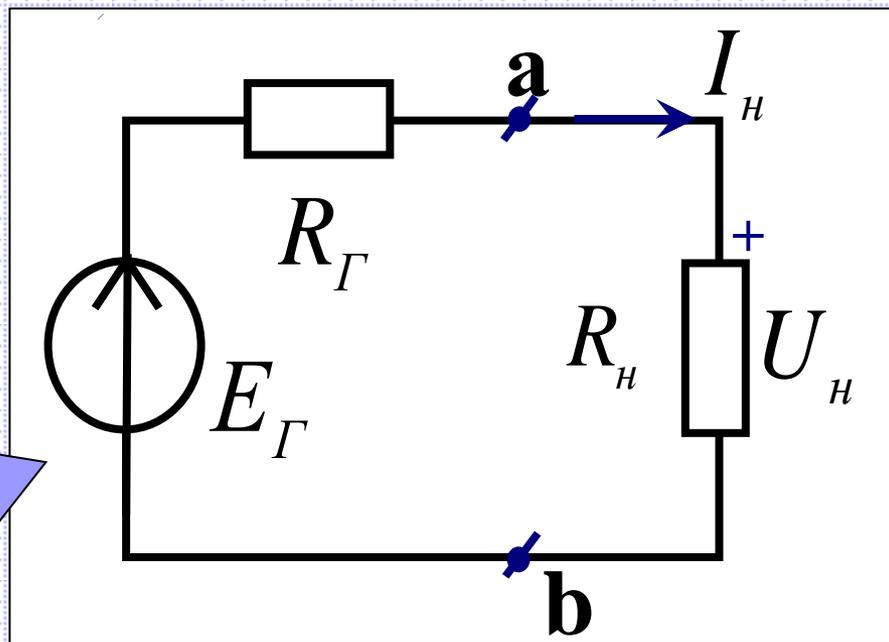
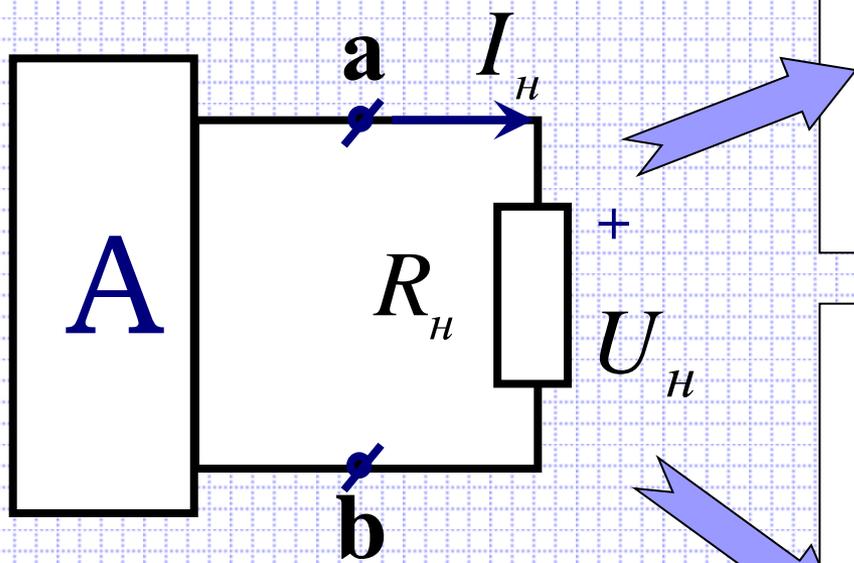
$$R_{ab} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

# **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.**



где

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

когда  $I_H = 0$  при  $R_H = \infty$

где

$$J_{\Gamma} = \frac{E_{\Gamma}}{R_{\Gamma}} = I_{H}^{(K3)}$$

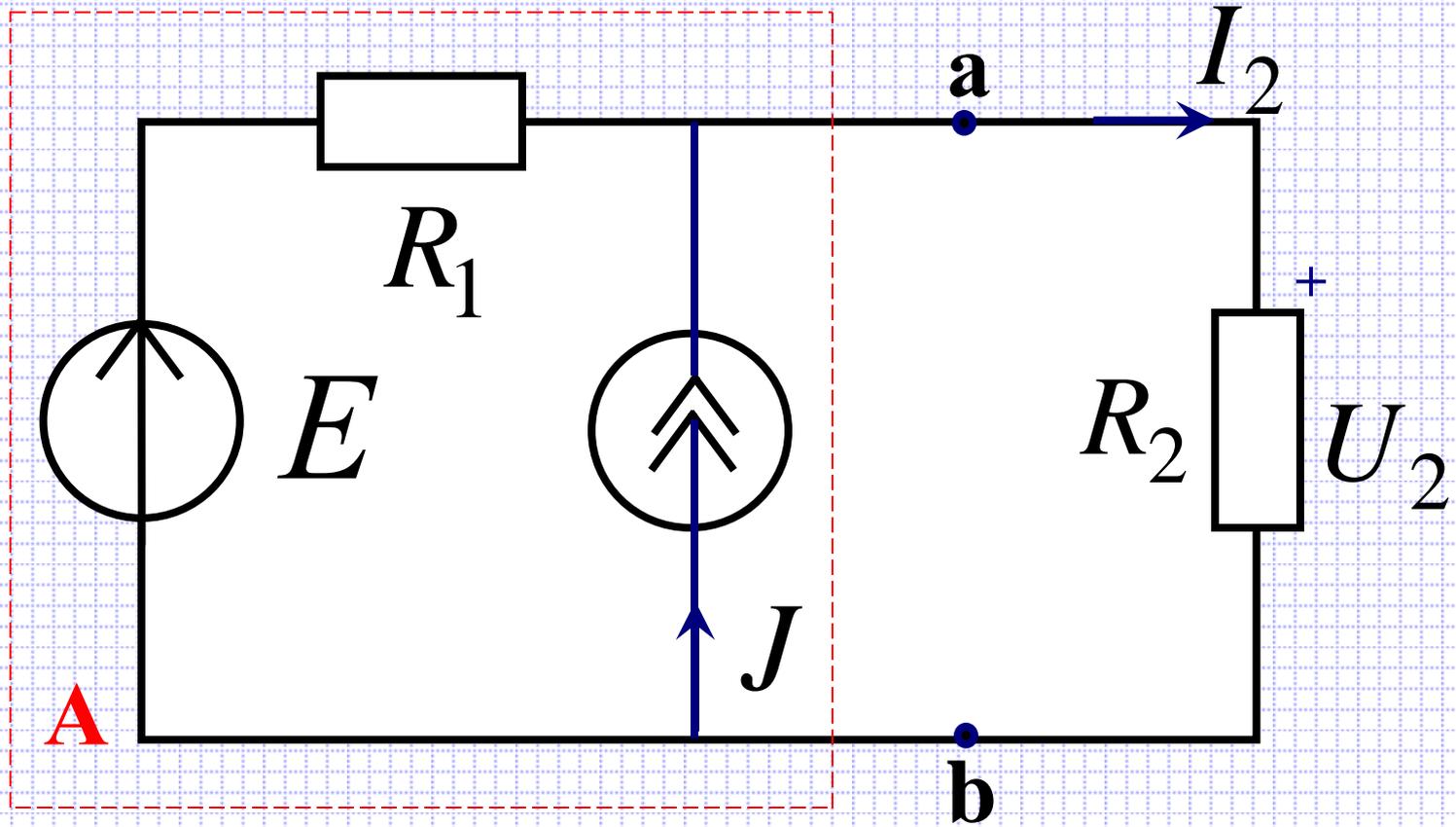
когда  $U_H = 0$  при  $R_H = 0$

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

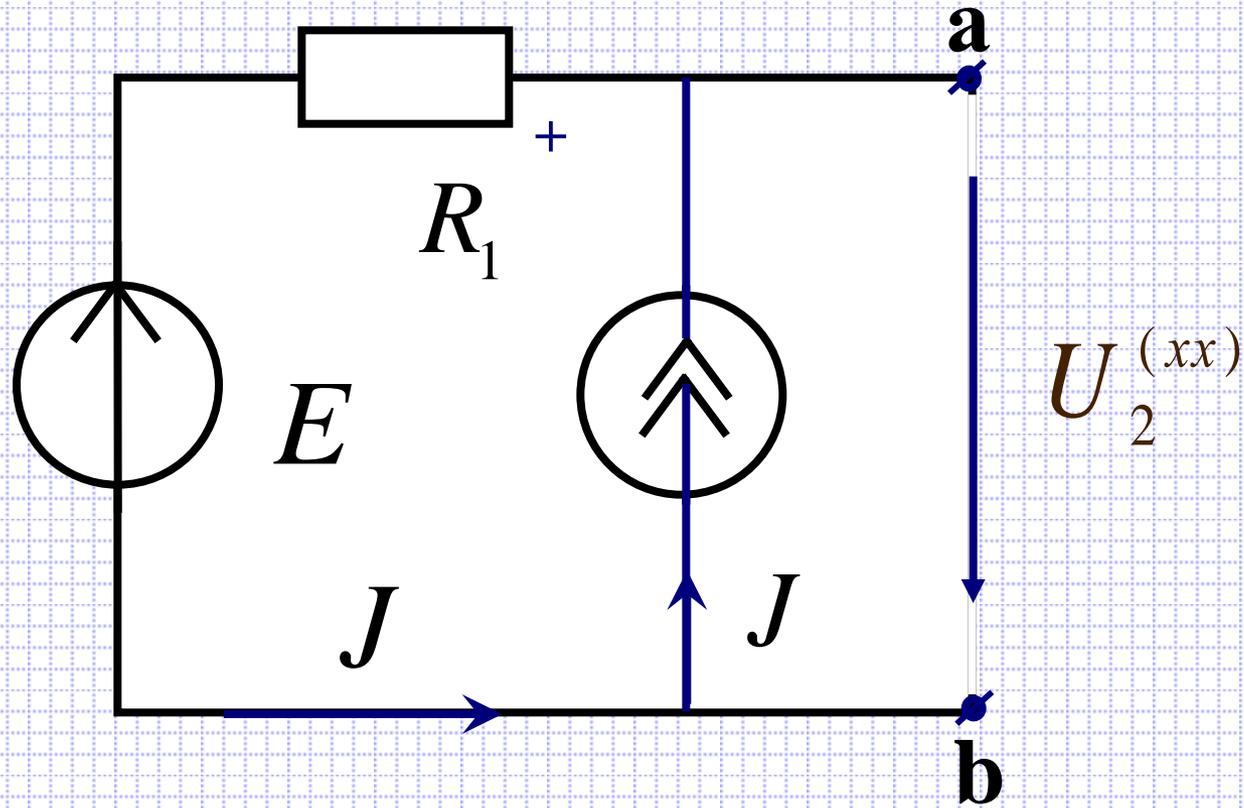
$$I_{\mathcal{H}} = \frac{E_{\Gamma}}{R_{\Gamma} + R_{\mathcal{H}}} =$$

$$= \frac{J_{\Gamma} R_{\Gamma}}{R_{\Gamma} + R_{\mathcal{H}}} = \frac{J_{\Gamma}}{1 + \frac{R_{\mathcal{H}}}{R_{\Gamma}}}$$

# Пример

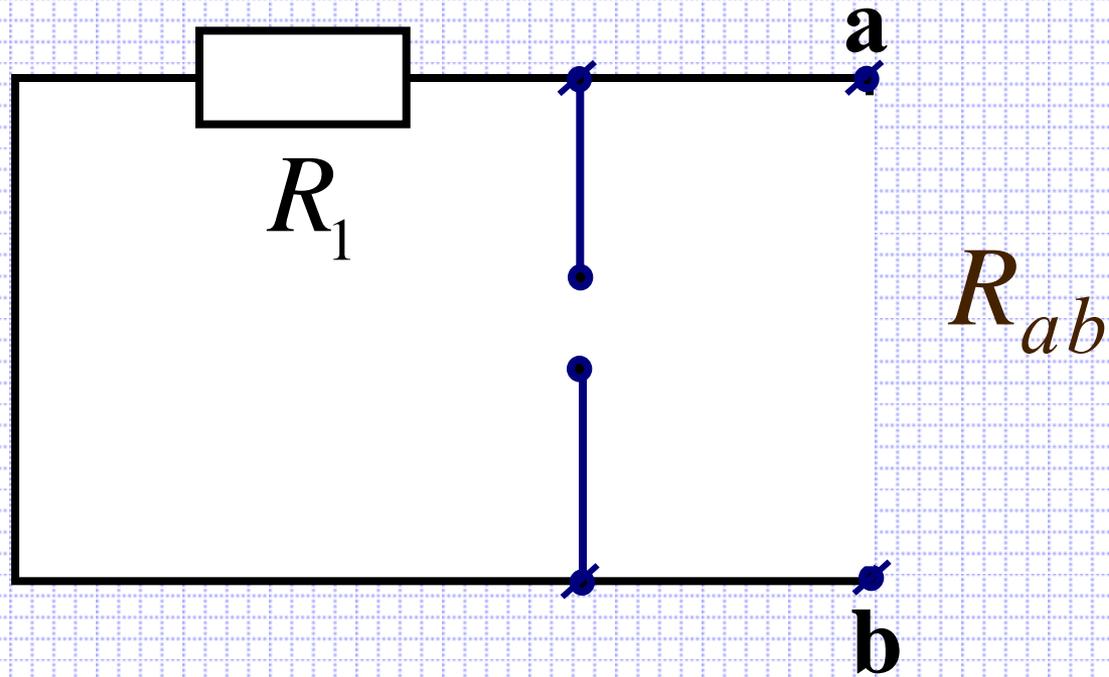


а) напряжение холостого хода  $U_2^{(xx)}$  :



$$U_2^{(xx)} - R_1 J = E, \quad E_{\Gamma} = U_2^{(xx)} = E + R_1 J$$

б) эквивалентное сопротивление  $R_{ab}$  :



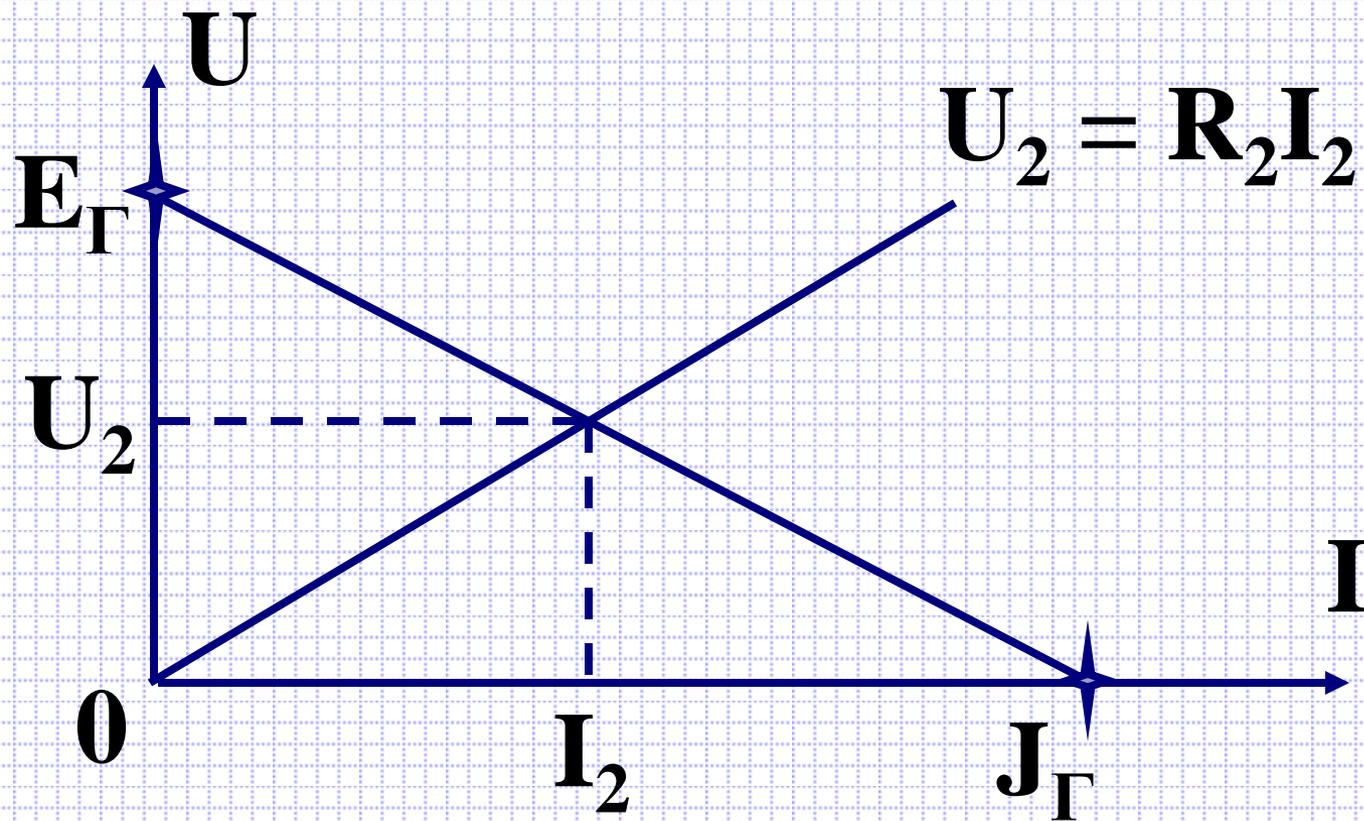
$$R_{\Gamma} = R_{ab} = R_1$$

Тогда  $J_{\Gamma} = I_2^{(кз)} = \frac{E_{\Gamma}}{R_{\Gamma}}$

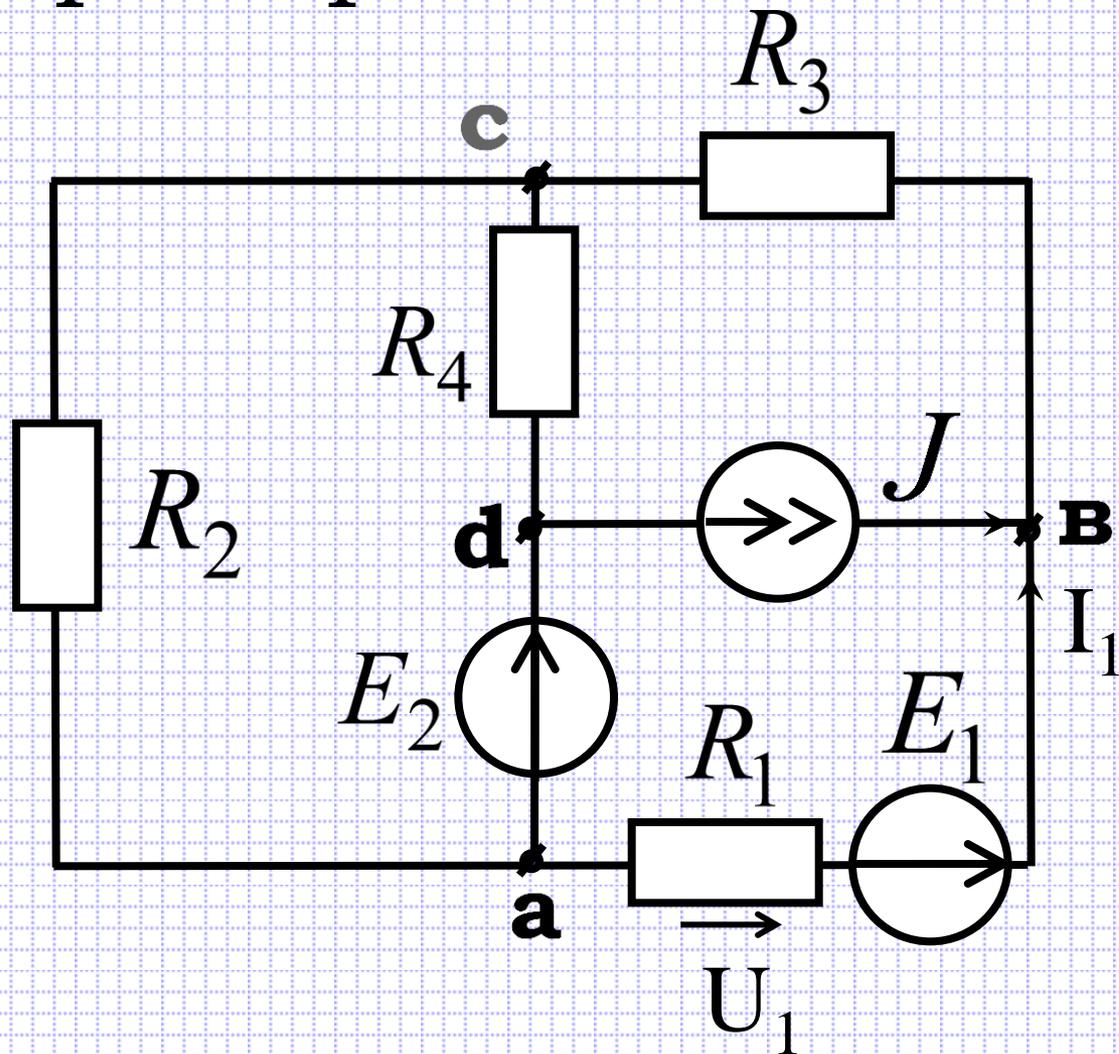
в) окончательный результат

$$I_2 = \frac{E_\Gamma}{R_\Gamma + R_2} = \frac{J_\Gamma}{1 + \frac{R_2}{R_\Gamma}}$$

# Графическое определение $I_2$ и $U_2$



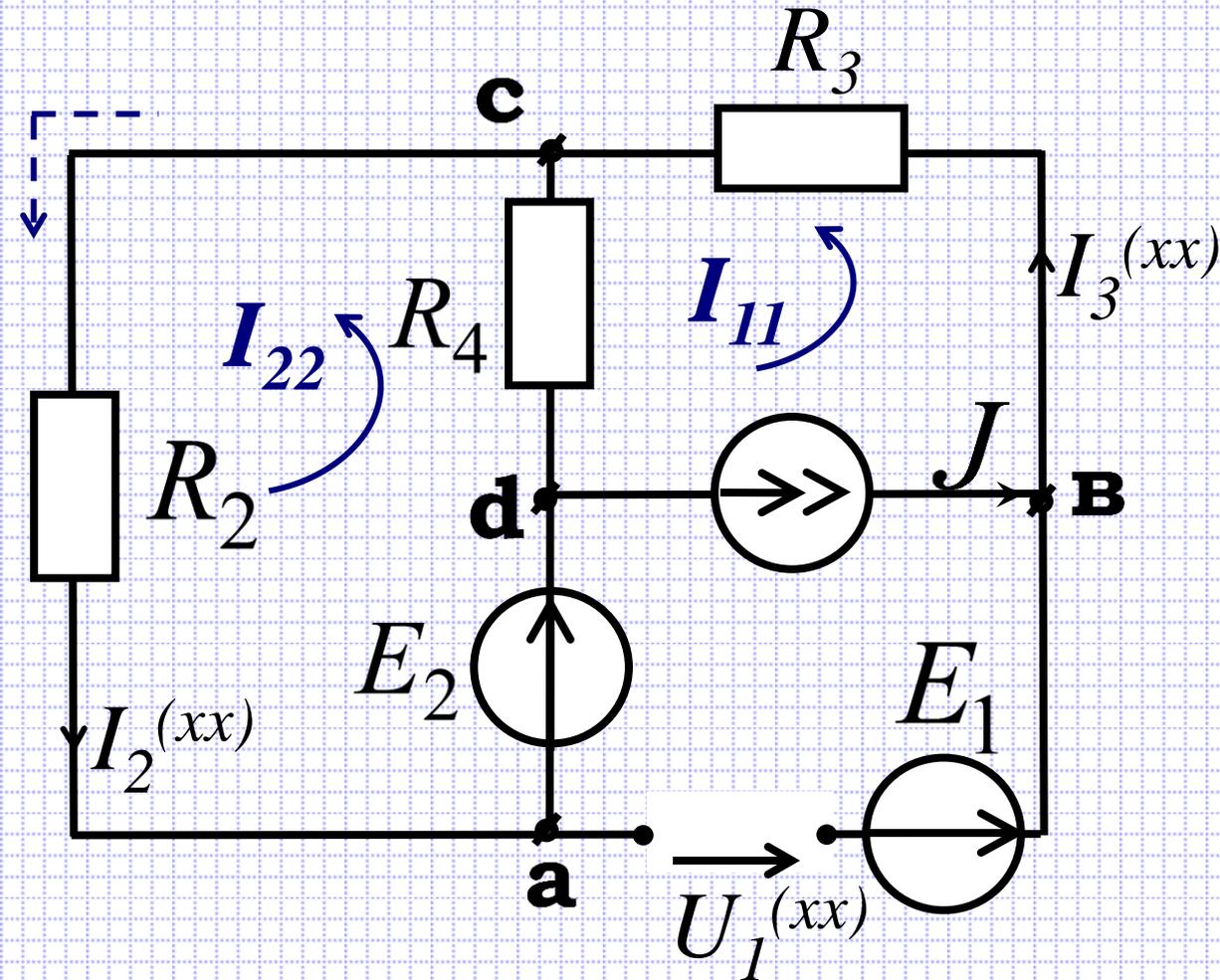
# Пример 2



Определить

$I_1$  - ?

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



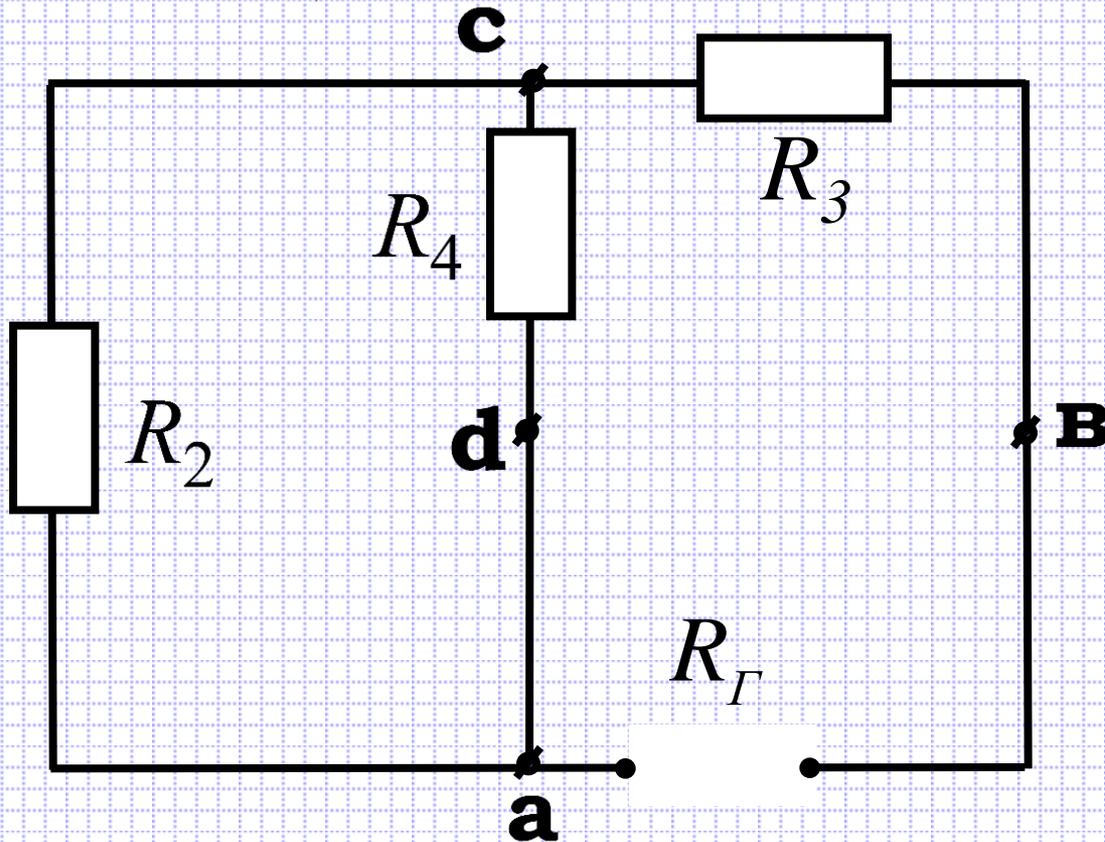
Считая, что ток  $I_2^{(xx)}$  известен, а ток

$$I_3^{(xx)} = J$$

$$U_1^{(xx)} = E_{\Gamma} = ?$$

$$U_1^{(xx)} + I_2^{(xx)} \cdot R_2 + I_3^{(xx)} \cdot R_3 = E_1$$

б) эквивалентное сопротивление  $R_{\Gamma}$ :



$$R_{\Gamma} = R_3 + \frac{R_2 \cdot R_4}{R_2 + R_4}$$

Тогда  $J_{\Gamma} = I_2^{(кз)} = \frac{E_{\Gamma}}{R_{\Gamma}}$

в) окончательный результат

$$I_1 = \frac{E_\Gamma}{R_\Gamma + R_1} = \frac{J_\Gamma}{1 + \frac{R_1}{R_\Gamma}}$$

# Графическое определение $I_1$ и $U_1$

