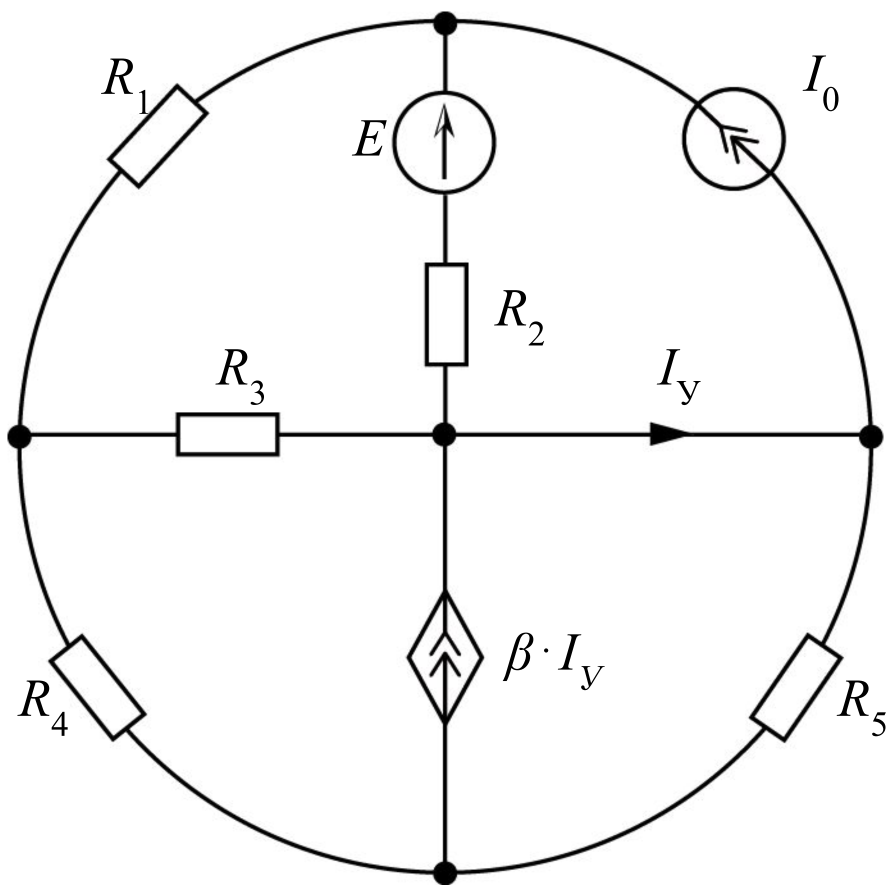
АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Пример электрической схемы цепи



АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Пример электрической схемы цепи

Дано:

E

I_0

R_1

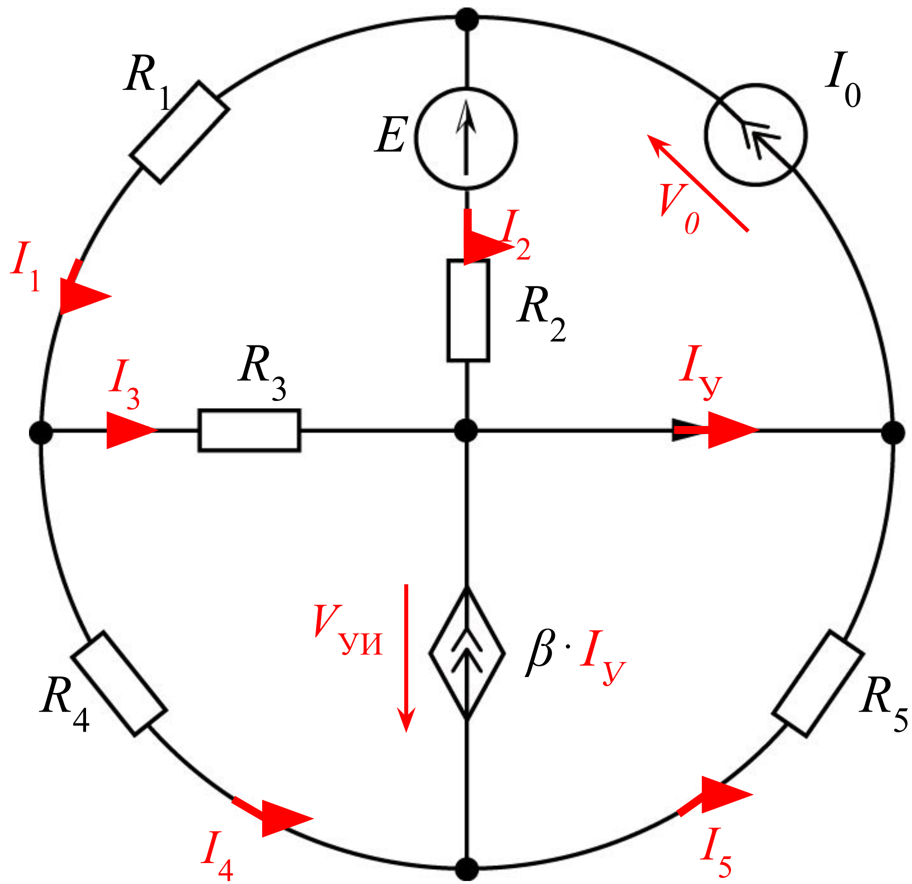
R_2

R_3

R_4

R_5

β



Найти:

$I_У$

V_0

I_1, V_1

I_2 , V_2

I_3 , V_3

I_4 , V_4

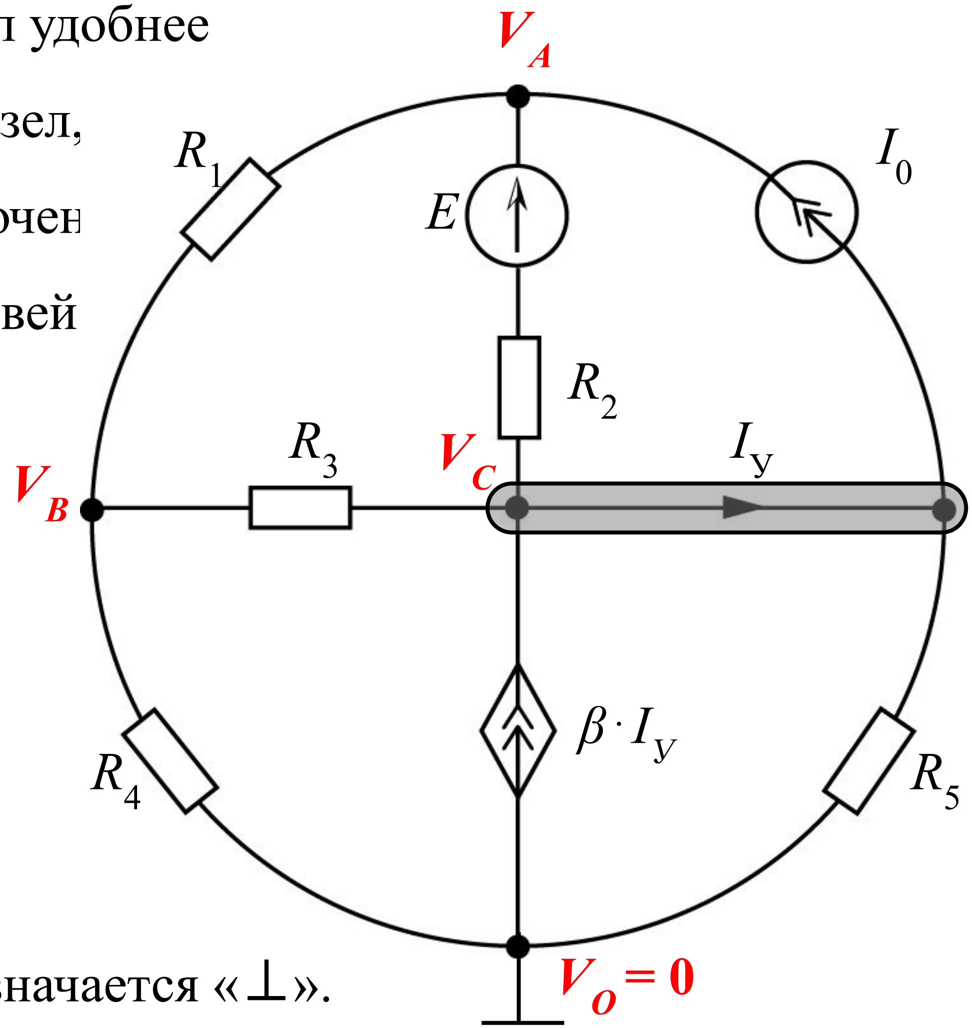
I_5 , V_5

$V_{УИ}$

МЕТОД УЗЛОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

1. Выбор опорного узла
2. Обозначение узловых напряжений

✔За опорный узел удобнее всего выбирать узел, к которому подключен больше всего ветвей или источников напряжения.



Общий узел обозначается «⊥».

МЕТОД УЗЛОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

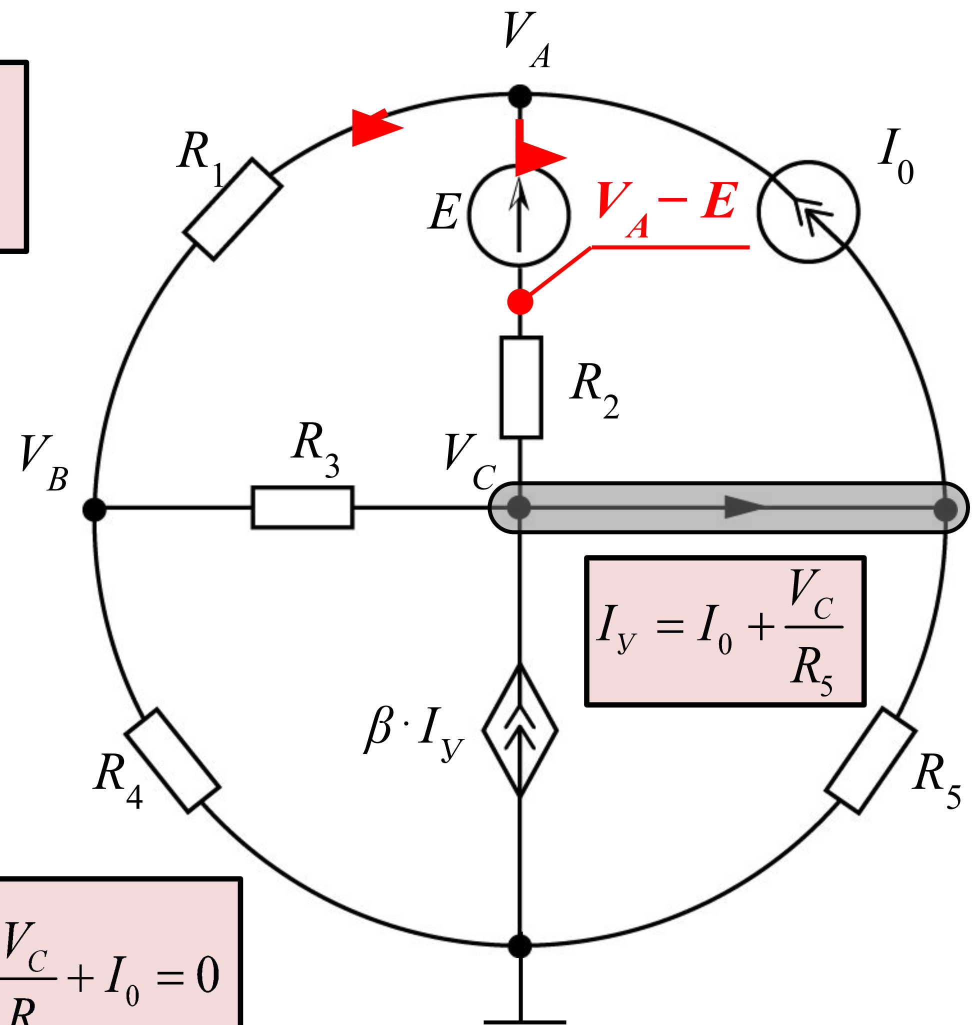
3. Уравнения по закону Кирхгофа для токов

✔Уравнения для <u>вытекающих</u> токов записываются через узловые напряжения.

A: $$\frac{V_A - V_B}{R_1} + \frac{(V_A - E) - V_C}{R_2} - I_0 = 0$$

B: $$\frac{V_B - V_A}{R_1} + \frac{V_B - V_C}{R_3} + \frac{V_B}{R_4} = 0$$

C: $$\frac{V_C - (V_A - E)}{R_1} + \frac{V_C - V_B}{R_3} - \beta \cdot I_y + \frac{V_C}{R_5} + I_0 = 0$$



$$I_y = I_0 + \frac{V_C}{R_5}$$

МЕТОД УЗЛОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

4. Решение системы уравнений относительно узловых напряжений

Замена сопротивлений проводимостями: $G_k = \dfrac{1}{R_k}, \quad k = 1, 2, ..., 5$

Система линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} \left(G_1 + G_2\right) \cdot V_A - G_1 \cdot V_B - G_2 \cdot V_C = I_0 + E \cdot G_2 \\ -G_1 \cdot V_A + \left(G_1 + G_3 + G_4\right) \cdot V_B - G_3 \cdot V_C = 0 \\ -G_2 \cdot V_A - G_3 \cdot V_B + \left(G_2 + G_3 + \left(1 - \beta\right) \cdot G_5\right) \cdot V_C = \left(\beta - 1\right) \cdot I_0 \end{cases}$$

Матричное уравнение:

$$\begin{bmatrix} G_1 + G_2 & -G_1 & -G_2 \\ -G_1 & G_1 + G_3 + G_4 & -G_3 \\ -G_2 & -G_3 & G_2 + G_3 + \left(1 - \beta\right) \cdot G_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_A \\ V_B \\ V_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_0 + E \cdot G_2 \\ 0 \\ \left(\beta - 1\right) \cdot I_0 \end{bmatrix}$$

Решение матричного уравнения:

$$\underset{3\times 3}{\mathbf{[G]}} \cdot \underset{3\times 1}{\mathbf{V}} = \underset{3\times 1}{\mathbf{J}} \quad \Uparrow \quad \mathbf{V} = \mathbf{[G]}^{-1} \cdot \mathbf{J}$$

МЕТОД УЗЛОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

5. Выражение неизвестных токов или напряжений через узловые напряжения

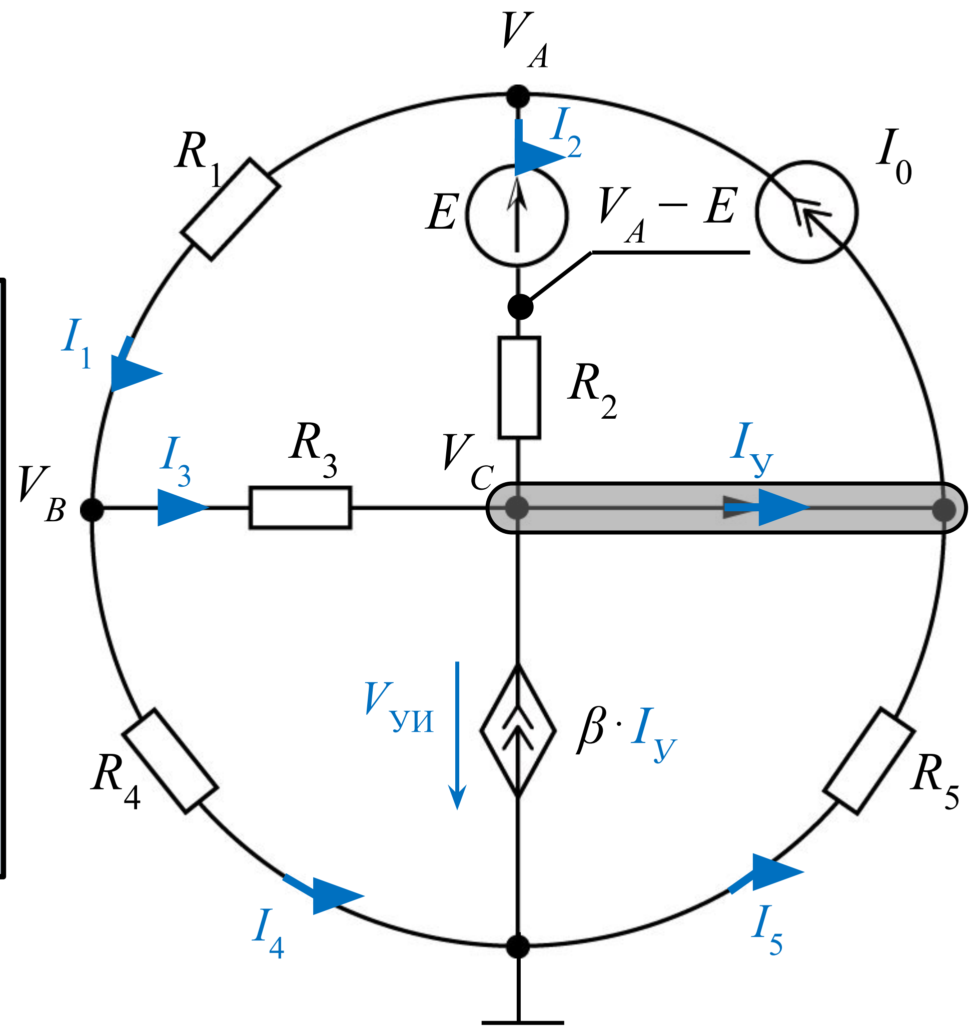
Например:

$$I_1 = \frac{V_A - V_B}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_A - E - V_B}{R_2}$$

$$\ldots$$

$$I_5 = -\frac{V_C}{R_5}$$



$$V_1 = V_A - V_B$$

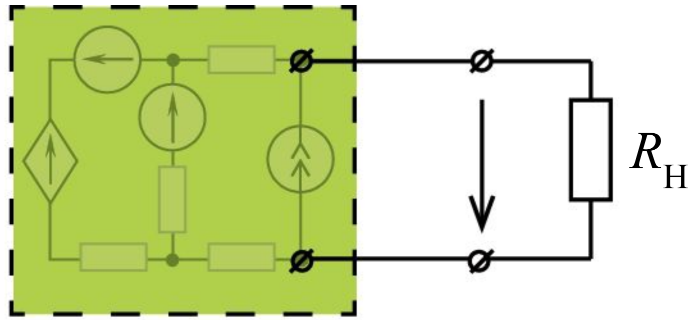
$$V_2 = V_A - E - V_C$$

$$\ldots$$

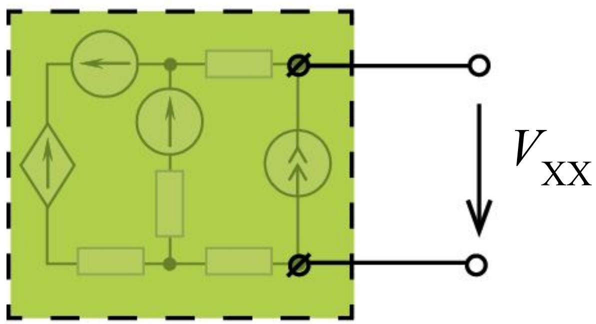
$$V_{ИУ} = V_C = V$$

ТЕОРЕМА ТЕВЕНИНА

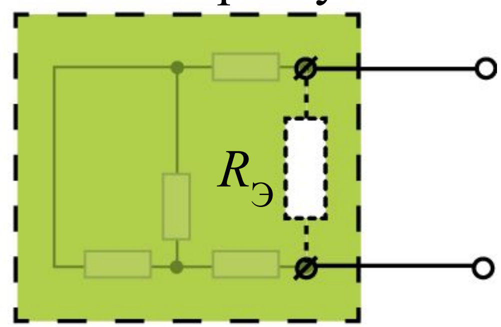
Электрическая цепь



1. Определение напряжения холостого хода



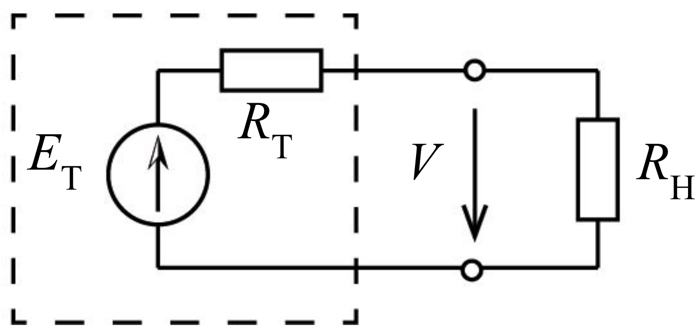
2. Определение эквивалентного сопротивления при нулевых источниках



3. Определение напряжения на нагрузке

✔ $E_{\text{Т}} = V_{\text{ХХ}}$

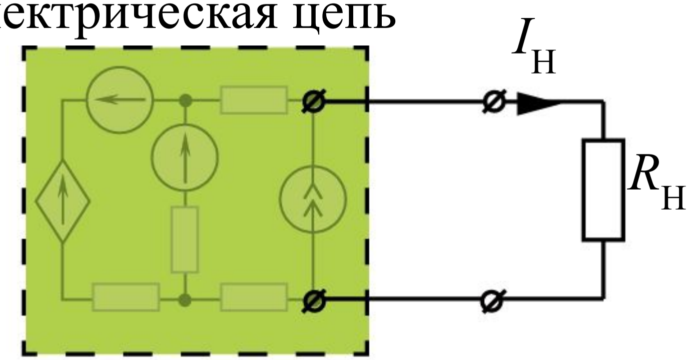
✔ $R_{\text{Т}} = R_{\text{Э}}$



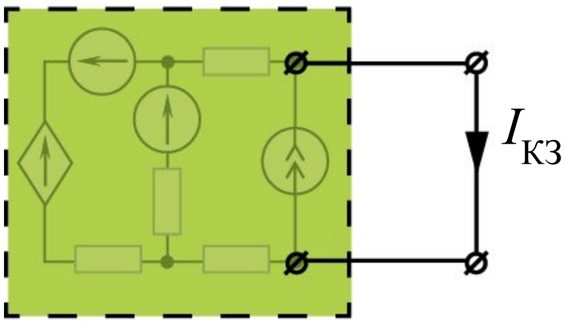
$$V = E_{\text{Т}} \cdot \frac{R_{\text{Н}}}{R_{\text{Т}} + R_{\text{Н}}}$$

ТЕОРЕМА НОРТОНА

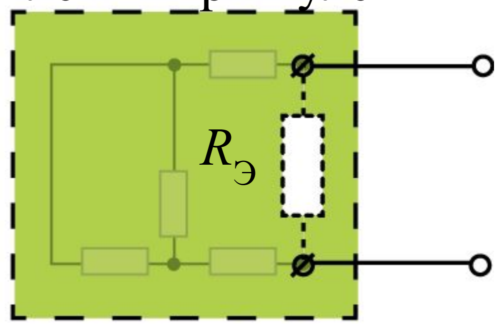
Электрическая цепь



1. Определение тока короткого замыкания

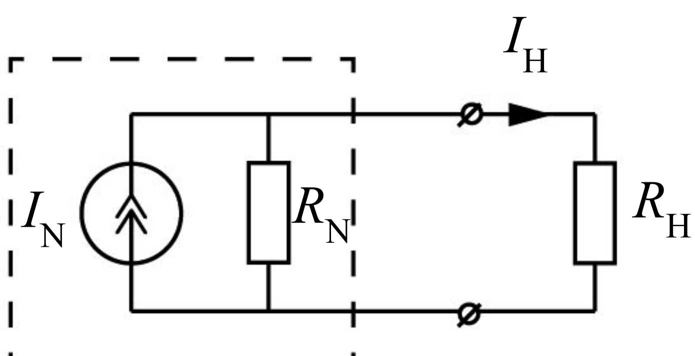


2. Определение эквивалентного сопротивления при нулевых источниках



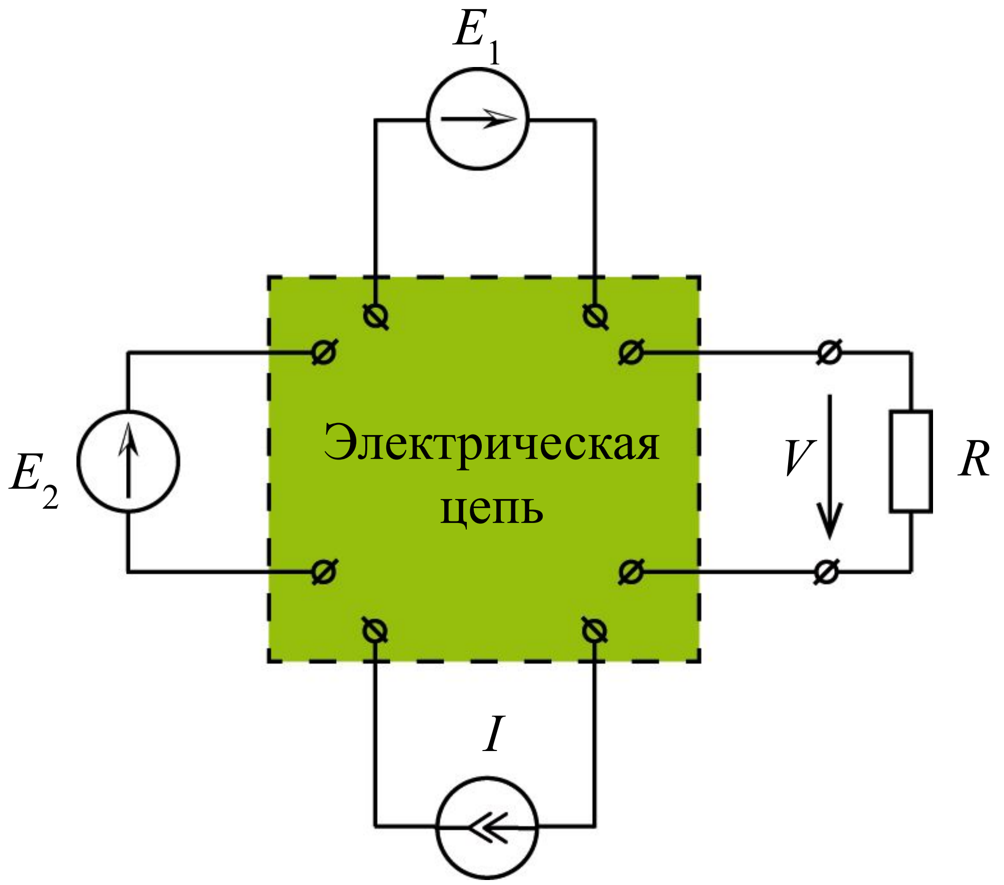
✔ $I_N = I_{КЗ}$

✔ $R_N = R_Т = R_Э$



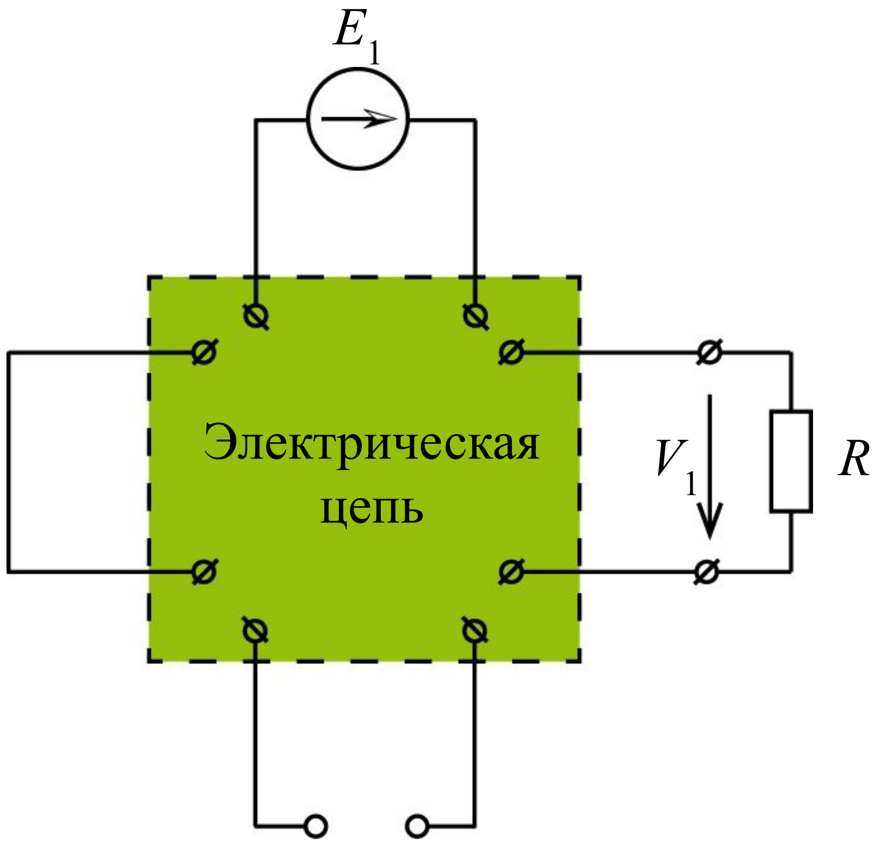
$$I_Н = I_N \cdot \frac{G_Н}{G_Т + G_Н}$$

МЕТОД НАЛОЖЕНИЯ



✔ Метод наложения основан на принципе линейности: реакция цепи на сумму воздействий равна сумме реакций цепи на каждое из воздействий в отдельности.

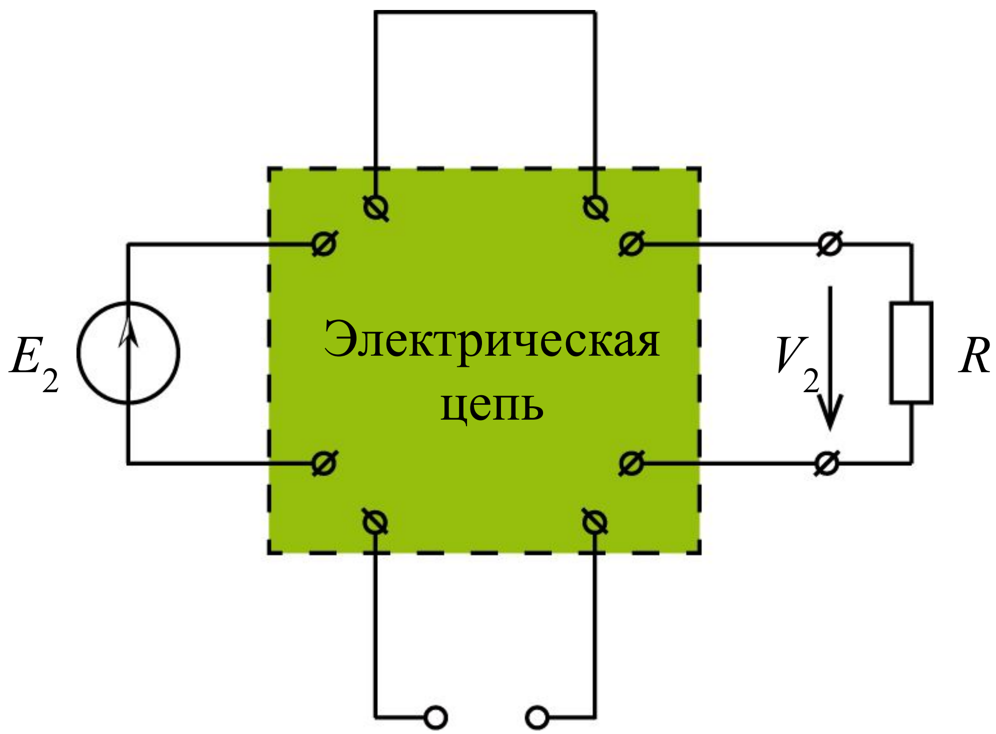
МЕТОД НАЛОЖЕНИЯ



V_1 – парциальное напряжение

на резисторе R от источнкика напряжения E_1

МЕТОД НАЛОЖЕНИЯ

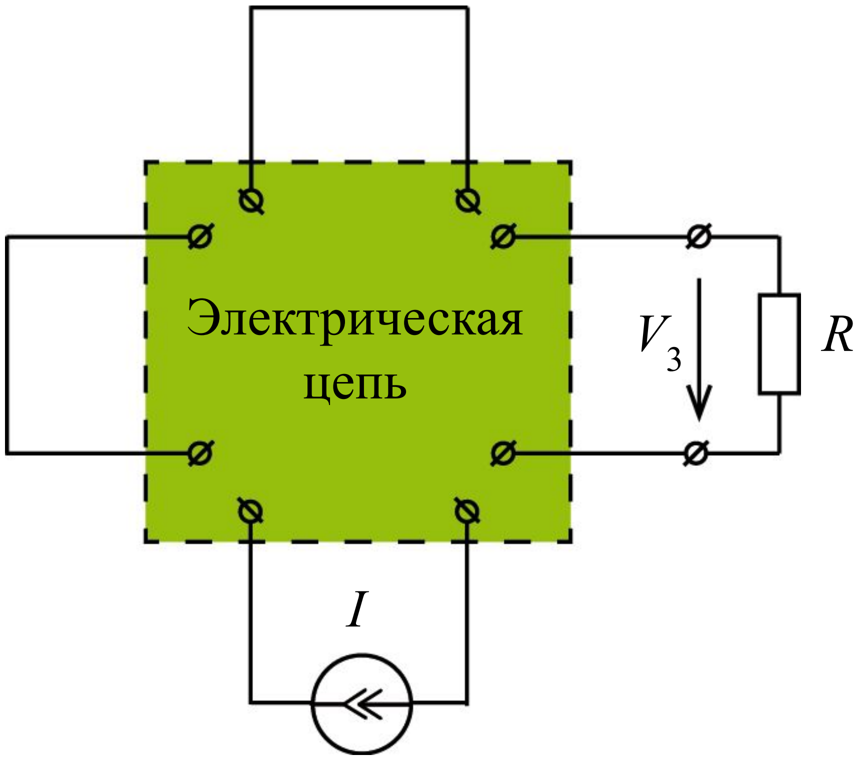


V_2 – парциальное напряжение

на резисторе R от источнкика напряжения E_2

МЕТОД НАЛОЖЕНИЯ

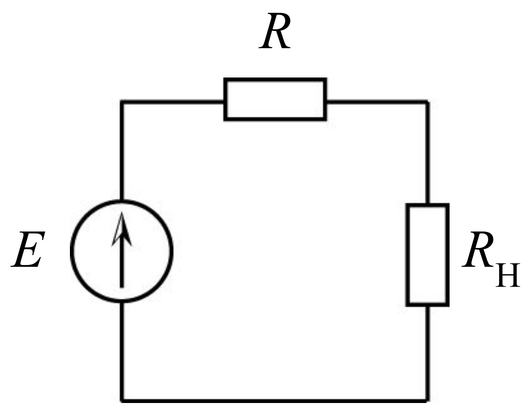
V_3 – парциальное напряжение на резисторе R от источника тока I



✔ Общая реакция на элементе будет равна алгебраической сумме парциальных реакций.

$$\boxed{V = V_1 + V_2 + V_3}$$

МАКСИМАЛЬНАЯ ПЕРЕДАЧА МОЩНОСТИ



$$P_\text{Н} = \left(\frac{E}{R + R_\text{Н}}\right)^2 \cdot R_\text{Н}$$

$$\frac{dP_\text{Н}}{dR_\text{Н}} = 2 \cdot \frac{E}{R + R_\text{Н}}\left(-\frac{E}{(R + R_\text{Н})^2}\right) \cdot R_\text{Н} + \left(\frac{E}{R + R_\text{Н}}\right)^2 =$$

$$= \frac{E^2}{(R + R_\text{Н})^2} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot R_\text{Н}}{R + R_\text{Н}}\right) = 0$$

$$\boxed{R_\text{Н} = R}$$