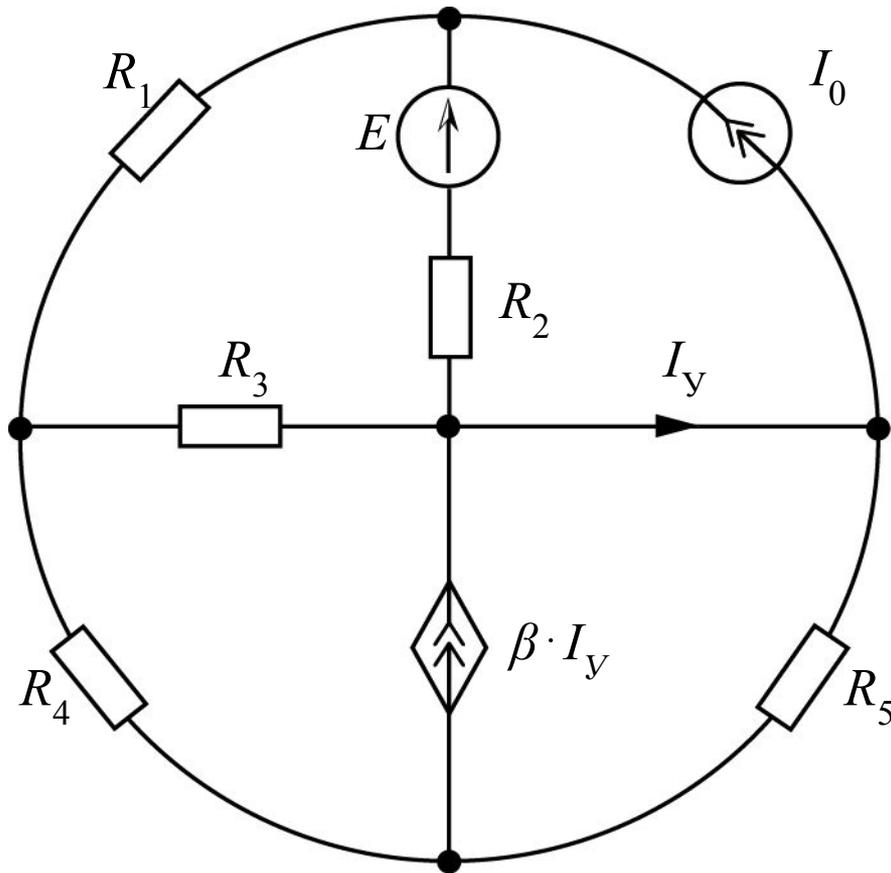


АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Пример электрической схемы цепи



АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Пример электрической схемы цепи

Дано:

E

I_0

R_1

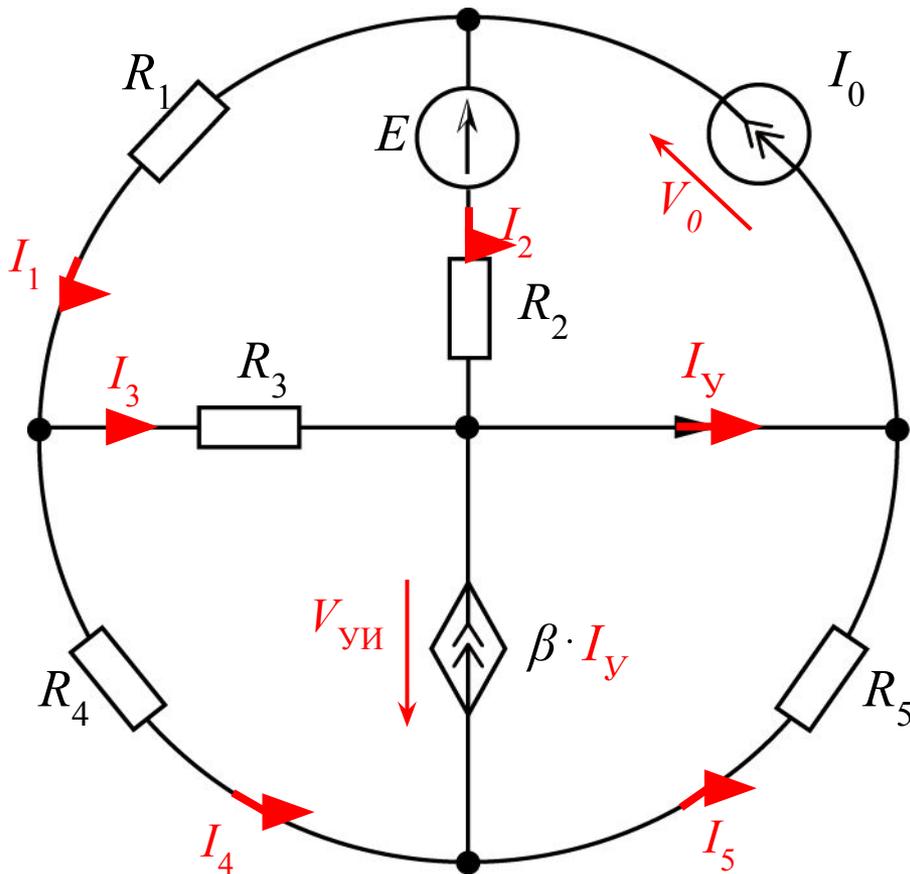
R_2

R_3

R_4

R_5

β



Найти:

I_y

V_0

I_1, V_1

I_2, V_2

I_3, V_3

I_4, V_4

I_5, V_5

$V_{уи}$

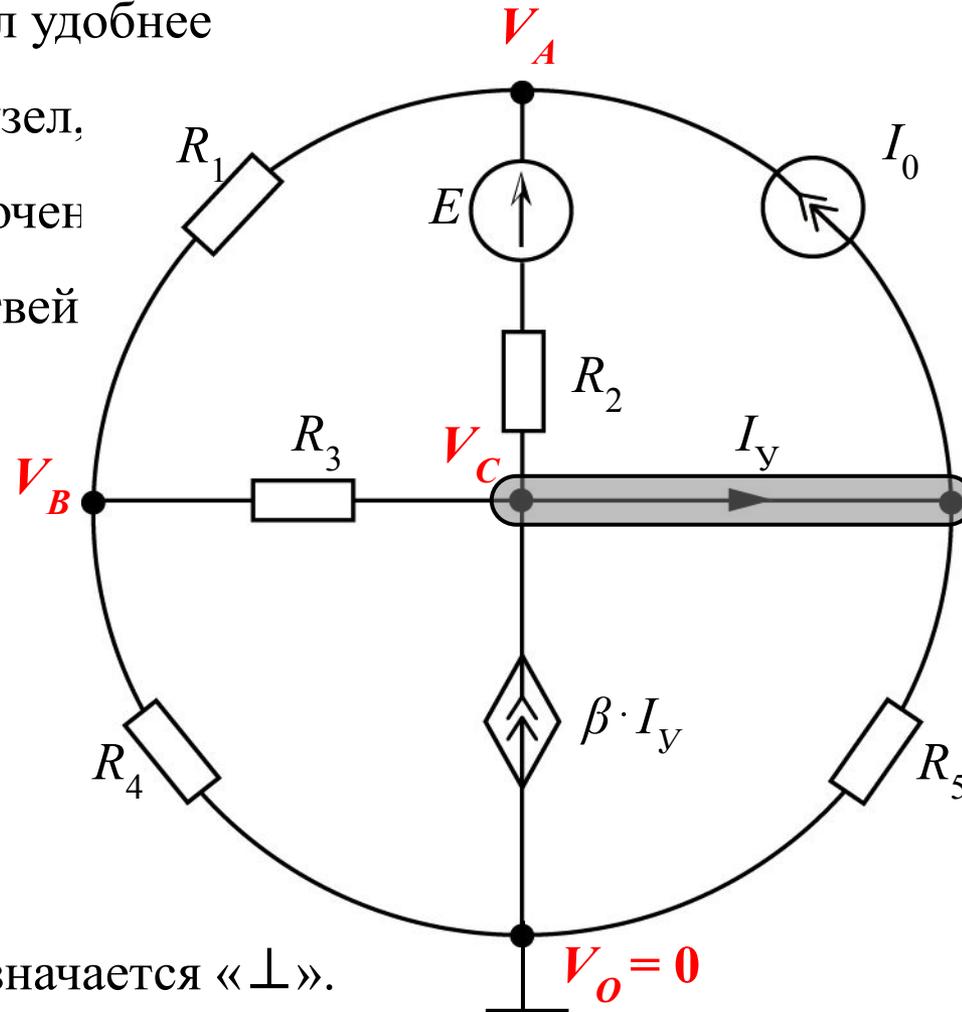
МЕТОД УЗЛОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

1. Выбор опорного узла

2. Обозначение узловых напряжений

✓ За опорный узел удобнее

всего выбирать узел,
которому подключен
больше всего ветвей
или источников
напряжения.



Общий узел обозначается « \perp ».

МЕТОД УЗЛОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

3. Уравнения по закону Кирхгофа для токов

✓ Уравнения для вытекающих токов записываются через узловые напряжения.

A:

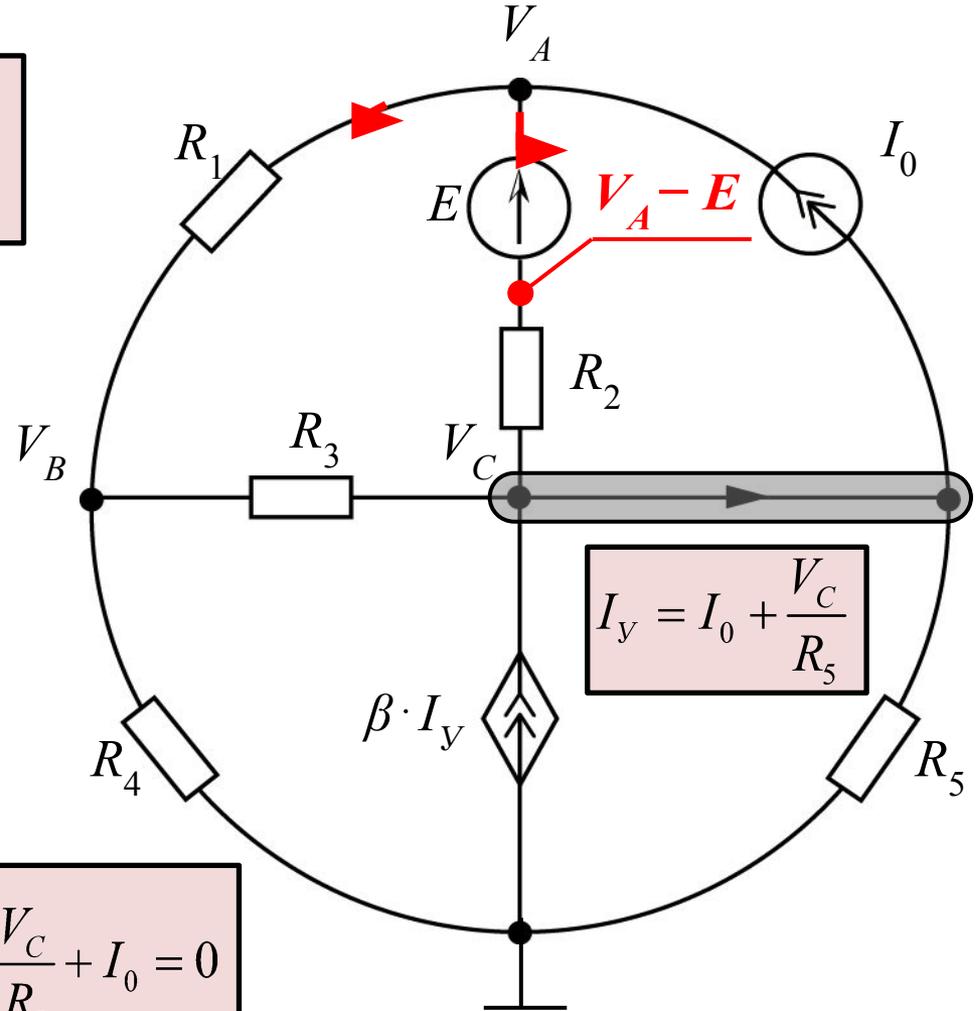
$$\frac{V_A - V_B}{R_1} + \frac{(V_A - E) - V_C}{R_2} - I_0 = 0$$

B:

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

C:

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



МЕТОД УЗЛОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

4. Решение системы уравнений относительно узловых напряжений

Замена сопротивлений проводимостями: $G_k = \frac{1}{R_k}$, $k = 1, 2, \dots, 5$

Система линейных алгебраических уравнений:

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

Матричное уравнение:

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

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

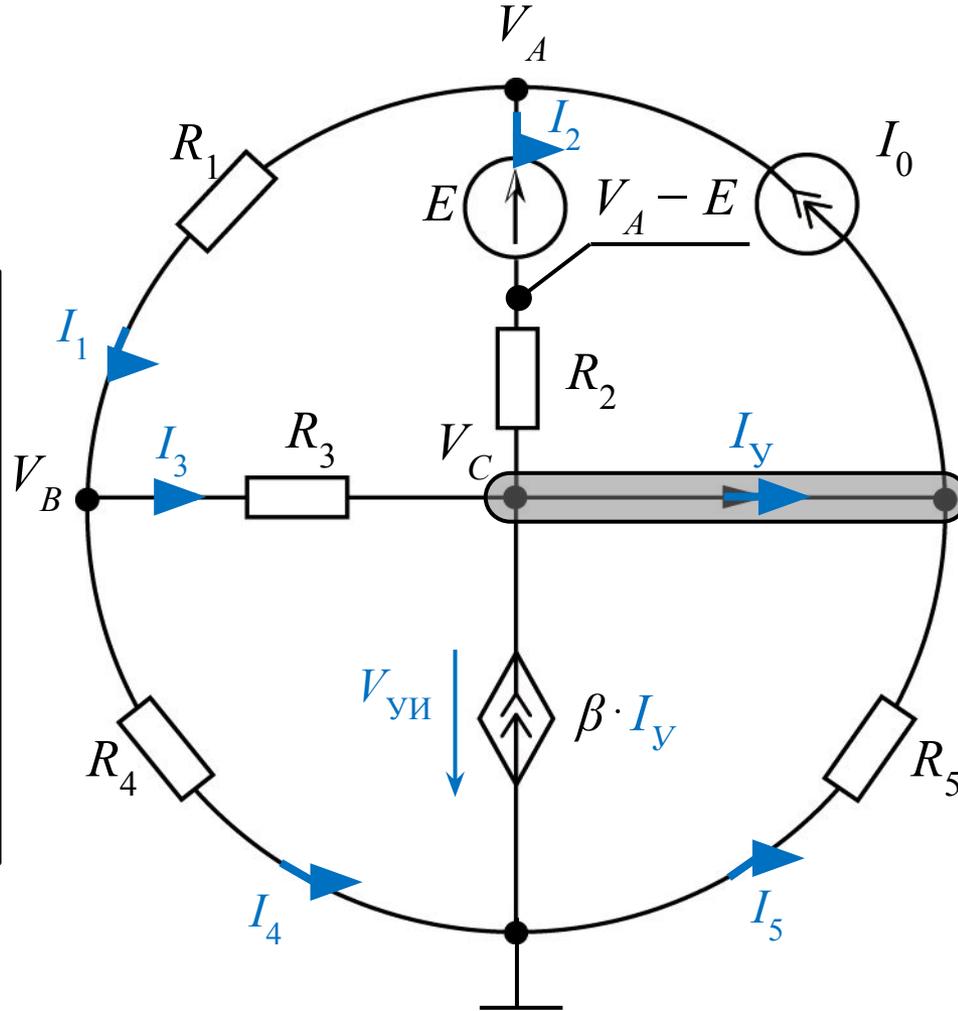
5. Выражение неизвестных токов или напряжений через узловые напряжения

Например:

$$I_1 = \frac{V_A - V_B}{R_1}$$
$$I_2 = \frac{V_A - E - V_B}{R_2}$$

...

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



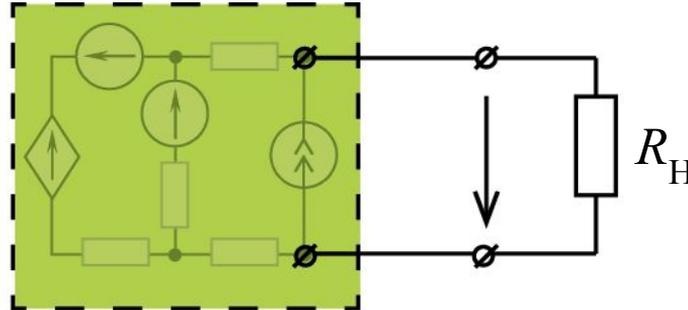
$$V_1 = V_A - V_B$$
$$V_2 = V_A - E - V_C$$

...

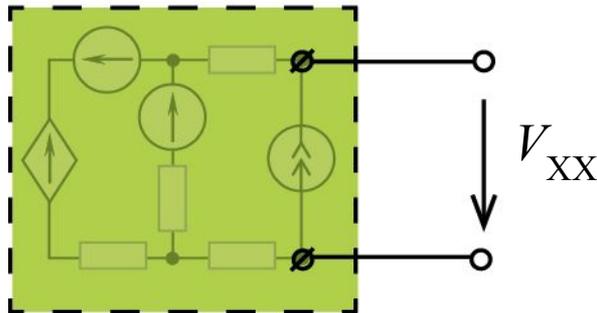
$$V_{\text{УИ}} = V_C = V$$

ТЕОРЕМА ТЕВЕНИНА

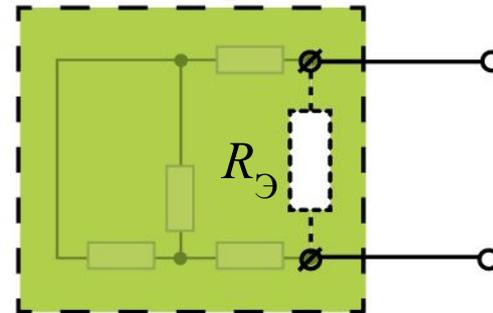
Электрическая цепь



1. Определение напряжения холостого хода

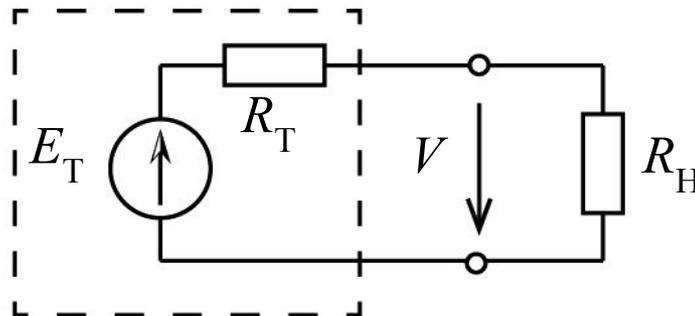


2. Определение эквивалентного сопротивления при нулевых источниках



3. Определение напряжения на нагрузке

$$\checkmark E_T = V_{XX}$$
$$\checkmark R_T = R_{\text{Э}}$$

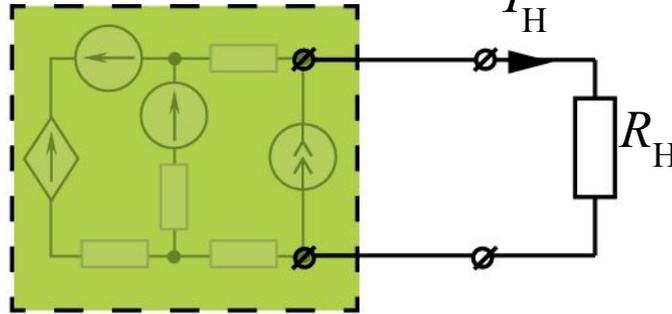


$$V = E_T \cdot \frac{R_H}{R_T + R_H}$$

ТЕОРЕМА НОРТОНА

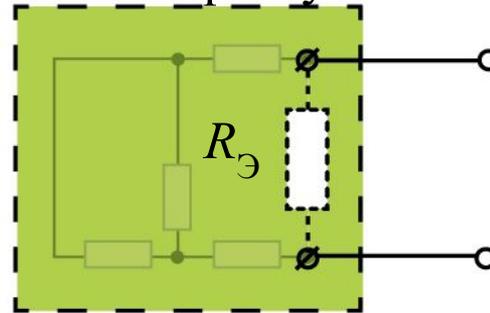
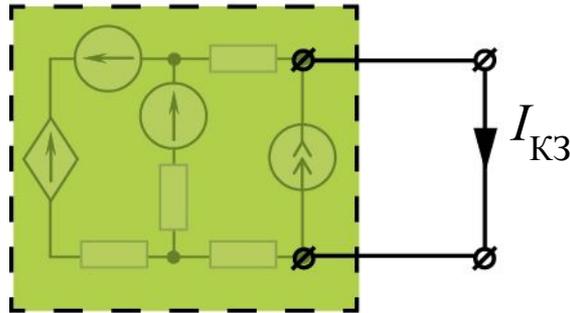


Электрическая цепь



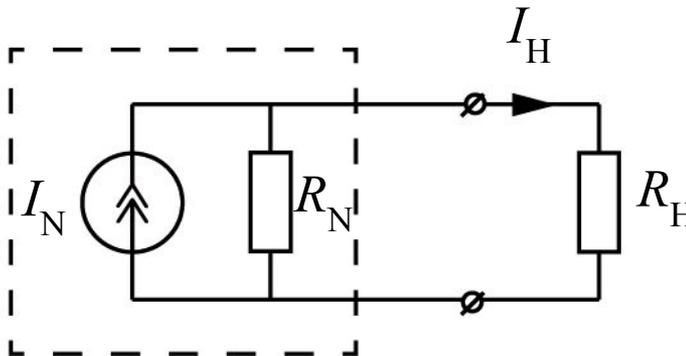
1. Определение тока короткого замыкания

2. Определение эквивалентного сопротивления при нулевых источниках



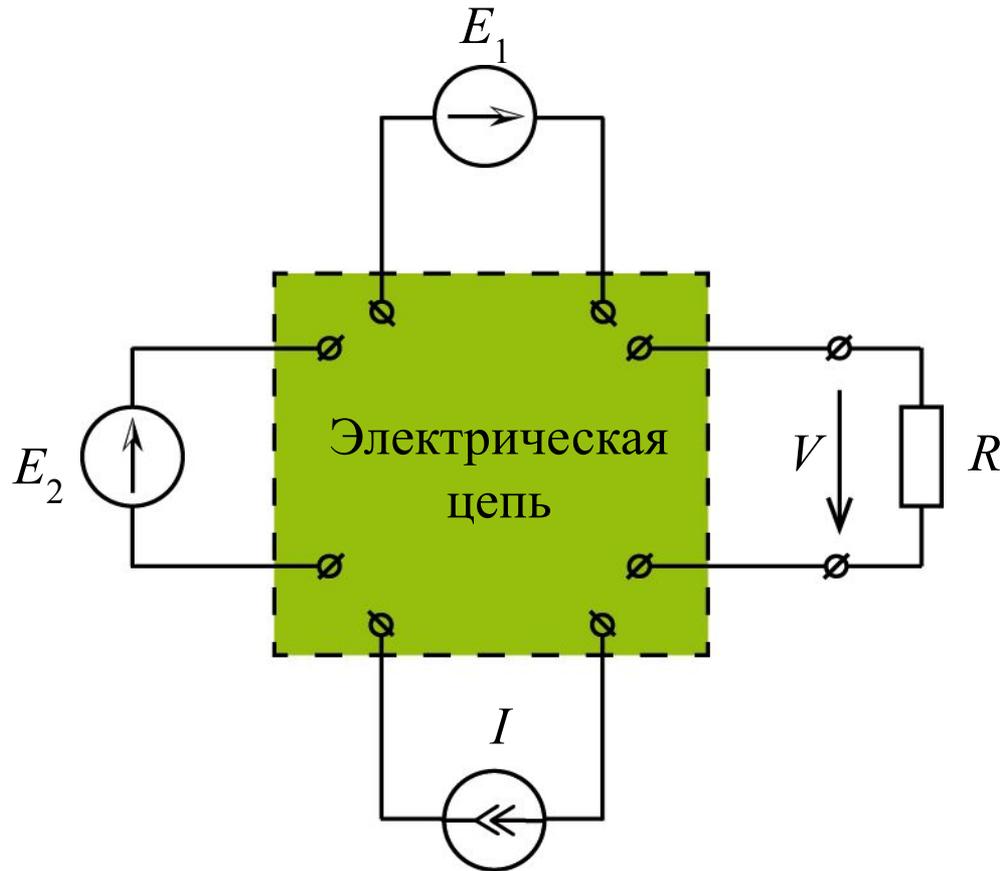
$$\checkmark I_N = I_{кз}$$

$$\checkmark R_N = R_T = R_Э$$



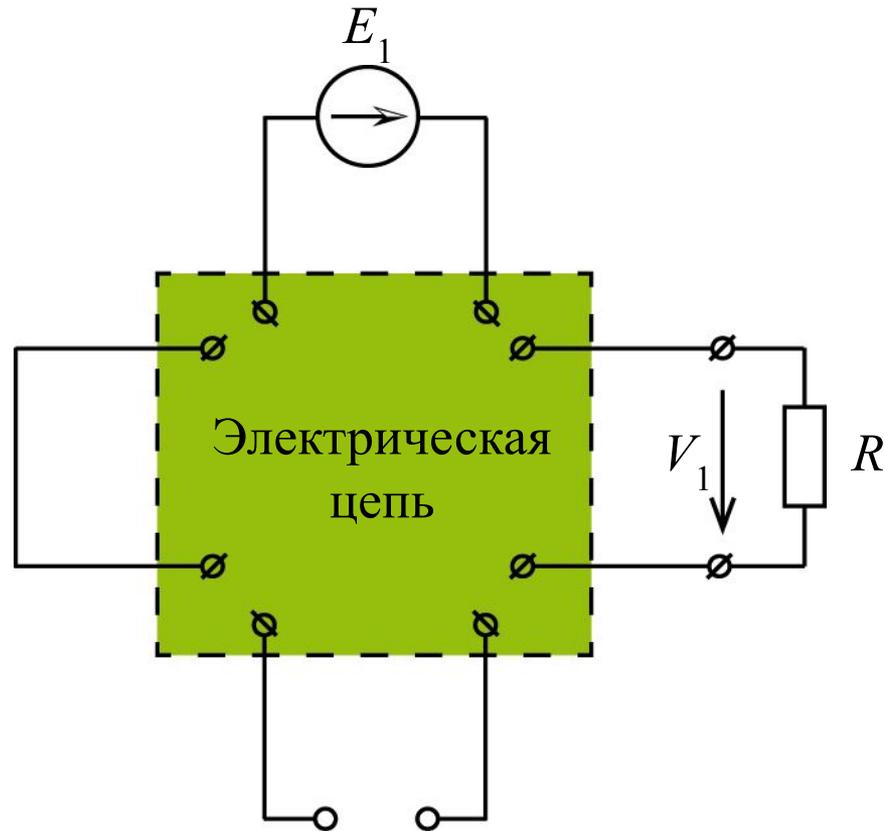
$$I_H = I_N \cdot \frac{G_H}{G_T + G_H}$$

МЕТОД НАЛОЖЕНИЯ



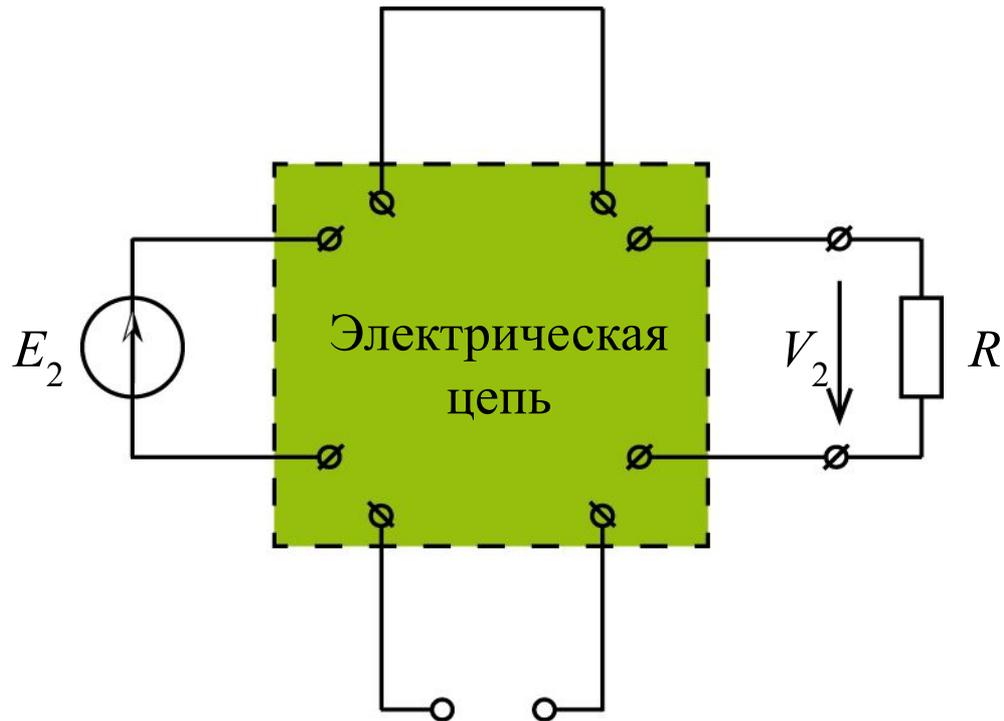
- ✓ Метод наложения основан на принципе линейности: реакция цепи на сумму воздействий равна сумме реакций цепи на каждое из воздействий в отдельности.

МЕТОД НАЛОЖЕНИЯ



V_1 – парциальное напряжение
на резисторе R от источника напряжения E_1

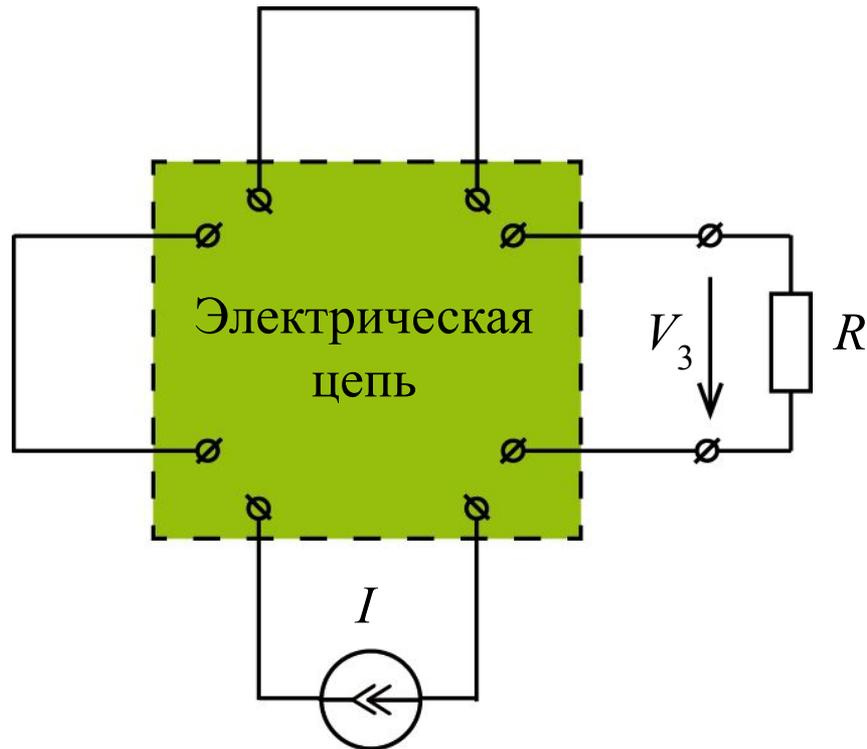
МЕТОД НАЛОЖЕНИЯ



V_2 – парциальное напряжение
на резисторе R от источника напряжения E_2

МЕТОД НАЛОЖЕНИЯ

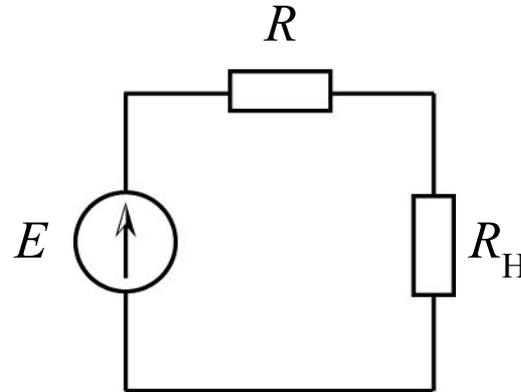
V_3 – парциальное напряжение на резисторе R от источника тока I



- ✓ Общая реакция на элементе будет равна алгебраической сумме парциальных реакций.

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

МАКСИМАЛЬНАЯ ПЕРЕДАЧА МОЩНОСТИ



$$P_H = \left(\frac{E}{R + R_H} \right)^2 \cdot R_H$$

$$\begin{aligned} \frac{dP_H}{dR_H} &= 2 \cdot \frac{E}{R + R_H} \left(-\frac{E}{(R + R_H)^2} \right) \cdot R_H + \left(\frac{E}{R + R_H} \right)^2 = \\ &= \frac{E^2}{(R + R_H)^2} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot R_H}{R + R_H} \right) = 0 \end{aligned}$$

$$R_H = R$$