

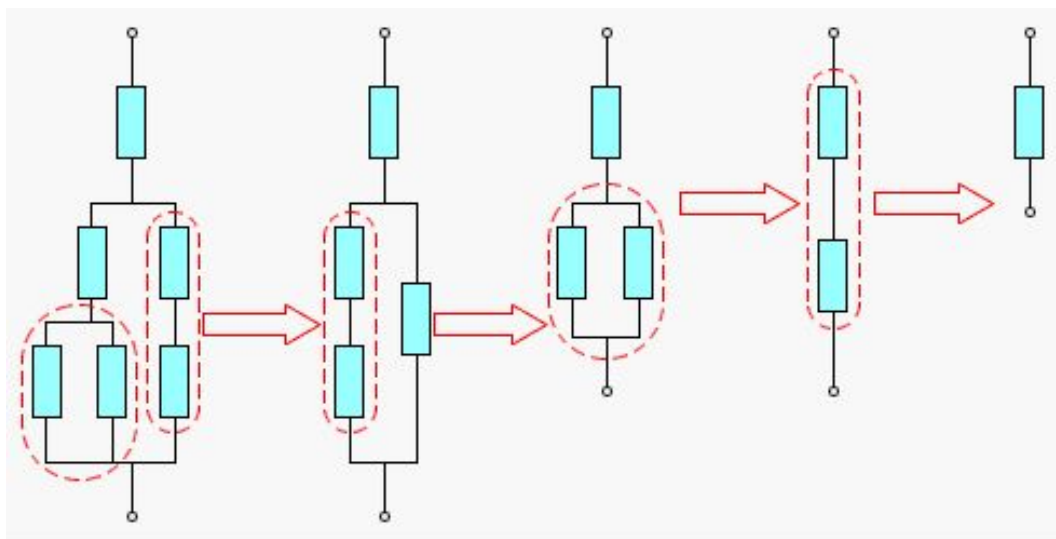
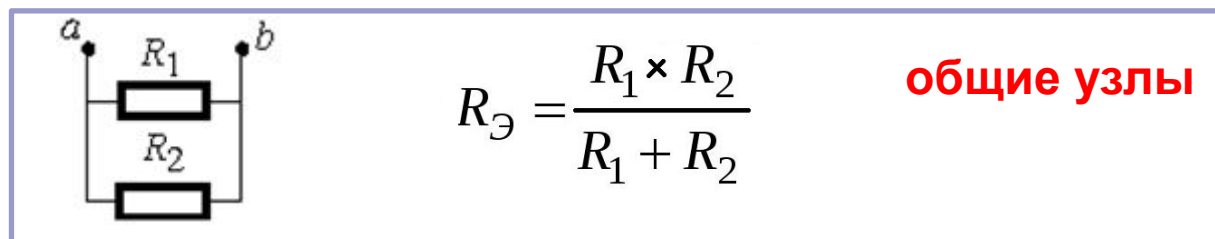
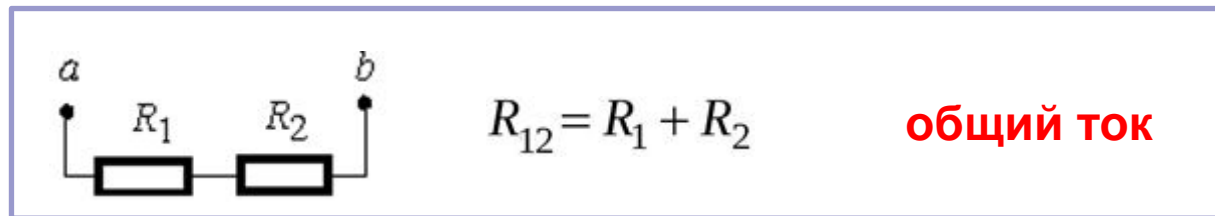
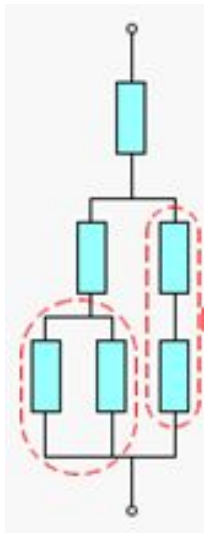
# Электротехника и электроника

## Лекция 3

### Методы расчёта электрических цепей

**Мириленко Андрей Петрович, к.т.н.  
кафедра Электротехники**

# Метод эквивалентного преобразования

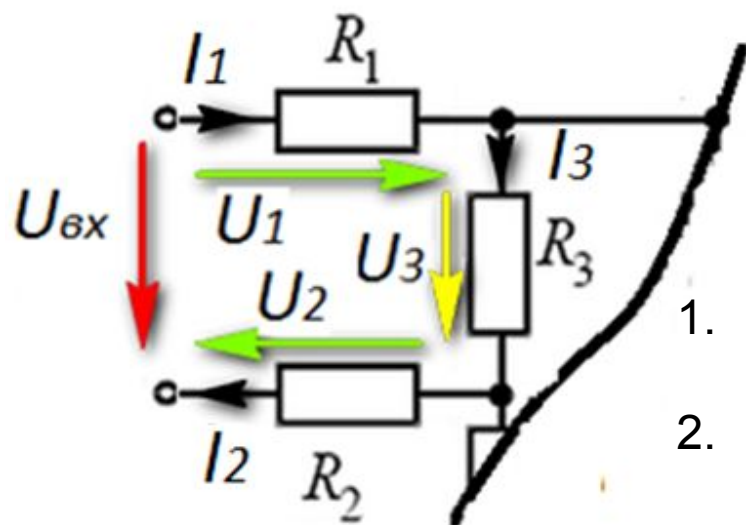


**Закон Ома**

$$I_{\text{вх}} = \frac{U_{\text{вх}}}{R_{\text{Э}}}$$

## Метод эквивалентного преобразования

### Как найти ток «внутри схемы»?



После того, как найден входной ток, надо найти напряжение на «следующих» узлах схемы. Например

$$U_{вх} = 100B \quad I_1 = 5A \quad I_2 = 5A \quad I_3 = ?$$

1. Найти напряжение на резисторах  $R_1$  и  $R_2$

$$U_1 = I_1 \times R_1 \quad U_2 = I_2 \times R_2$$

2. Составить баланс напряжения в первом контуре

$$U_1 + U_2 + U_3 - U_{вх} = 0$$

3. Выразить неизвестное напряжение на «следующих» узлах

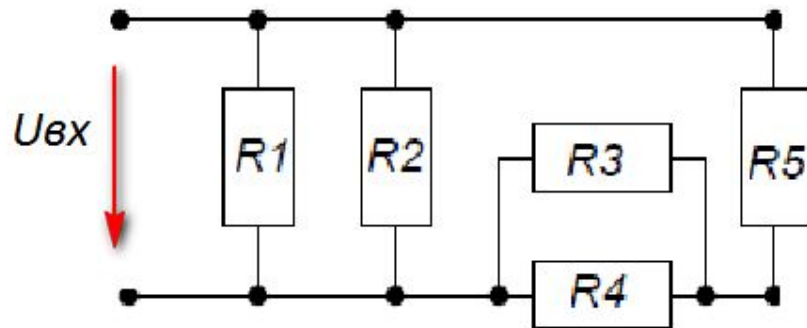
$$U_3 = U_{вх} - U_1 - U_2$$

4. Найти ток по закону Ома

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3}$$

# Метод эквивалентного преобразования

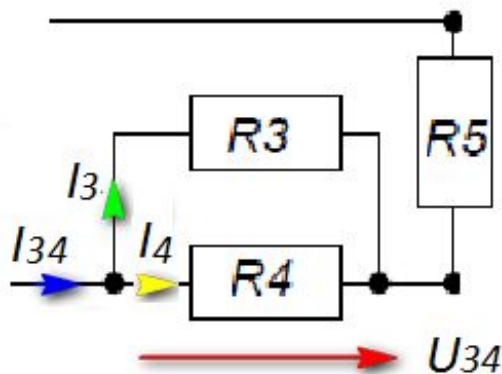
## Особенности



1. Если на входе схемы есть параллельный резистор, ток на нем можно найти сразу.

$$I_1 = \frac{U_{вх}}{R_1} \quad I_2 = \frac{U_{вх}}{R_2}$$

2. Как найти токи в параллельных резисторах, если известен общий ток



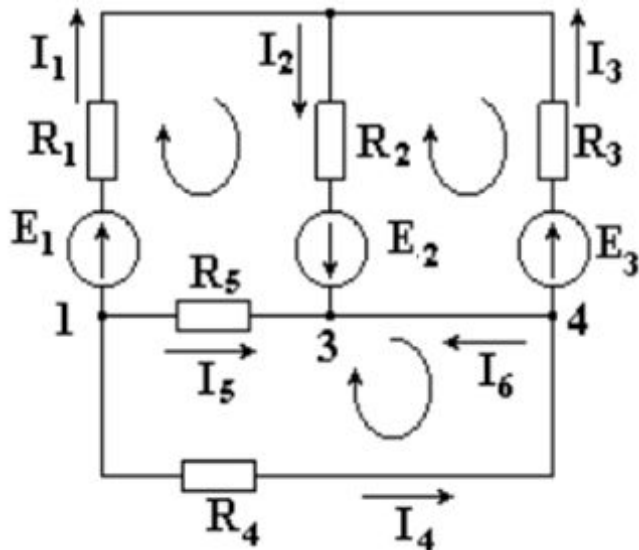
- Вычислить падение напряжения

$$U_{34} = I_{34} \times R_{34}$$

- Вычислить каждый ток

$$I_3 = \frac{U_{34}}{R_3} \quad I_4 = \frac{U_{34}}{R_4}$$

# Метод прямого применения законов Кирхгофа



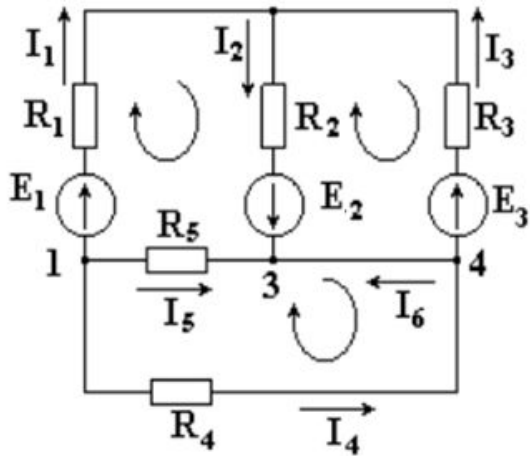
1-й закон Кирхгофа

$$\left. \begin{aligned} -I_1 - I_5 - I_4 &= 0 \\ I_1 - I_2 + I_3 &= 0 \\ I_2 + I_5 + I_6 &= 0 \end{aligned} \right\}$$

2-й закон Кирхгофа

$$\left. \begin{aligned} E_1 + E_2 &= -I_5 \cdot R_5 + I_1 \cdot R_1 + I_2 \cdot R_2 \\ -E_2 - E_3 &= -I_2 \cdot R_2 - I_3 \cdot R_3 \\ 0 &= I_5 \cdot R_5 - I_4 \cdot R_4 \end{aligned} \right\}$$

# Метод прямого применения законов Кирхгофа



$$E_1 = E_3 = 10 \text{ В}$$

$$E_2 = 20 \text{ В}$$

$$R_1 = R_2 = 5 \text{ Ом}$$

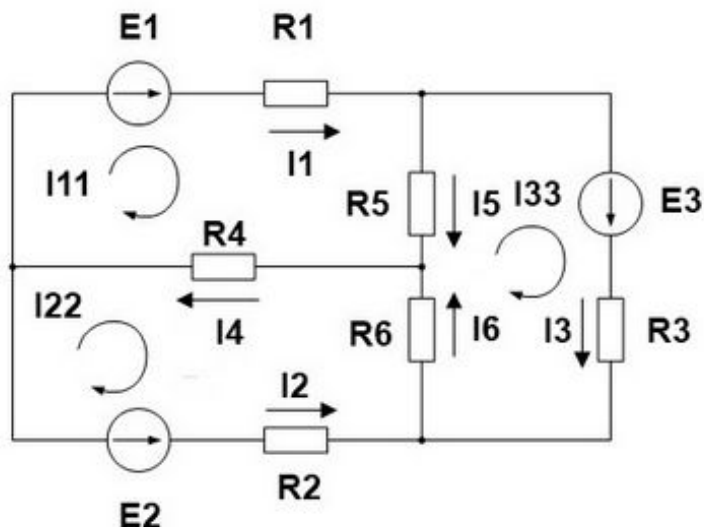
$$R_3 = 10 \text{ Ом}$$

$$R_5 = R_4 = 2 \text{ Ом}$$

$$\begin{cases} -I_1 - I_4 - I_5 = 0 \\ I_1 - I_2 + I_3 = 0 \\ I_2 + I_5 + I_6 = 0 \\ I_1 \cdot R_1 + I_2 \cdot R_2 - I_5 \cdot R_5 = E_1 + E_2 \\ -I_2 \cdot R_2 - I_3 \cdot R_3 = -E_2 - E_3 \\ -I_4 \cdot R_4 + I_5 \cdot R_5 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 5 & 5 & 0 & 0 & -2 & 0 \\ 0 & -5 & -10 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -2 & 2 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 30 \\ -30 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

## Метод контурных токов



Дано:

$E1 = 80 \text{ В}$   
 $E2 = 50 \text{ В}$   
 $E3 = 60 \text{ В}$   
 $R1 = 10 \text{ Ом}$   $R4 = 25 \text{ Ом}$   
 $R2 = 15 \text{ Ом}$   $R5 = 30 \text{ Ом}$   
 $R3 = 20 \text{ Ом}$   $R6 = 35 \text{ Ом}$

Найти:

$I1, I2, I3, I4, I5, I6 - ?$

1. Расставить обозначения токов и контурных токов
2. Записать собственные сопротивления контуров и общие сопротивления

$$R_{11} = R_1 + R_4 + R_5 = 10 + 25 + 30 = 65 \text{ Ом}$$

$$R_{12} = R_{21} = R_4 = 25 \text{ Ом}$$

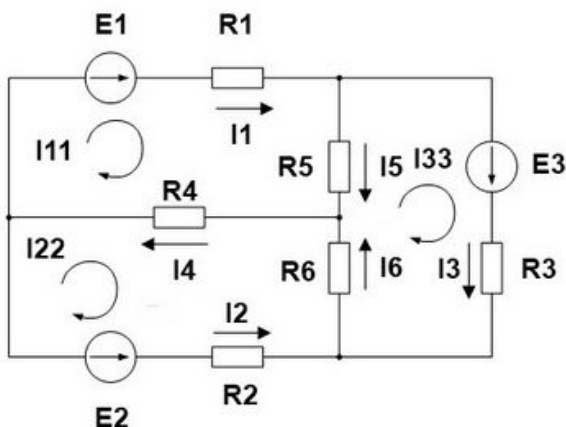
$$R_{22} = R_2 + R_4 + R_6 = 15 + 25 + 35 = 75 \text{ Ом}$$

$$R_{23} = R_{32} = R_6 = 35 \text{ Ом}$$

$$R_{33} = R_3 + R_5 + R_6 = 20 + 30 + 35 = 85 \text{ Ом}$$

$$R_{31} = R_{13} = R_5 = 30 \text{ Ом}$$

## Метод контурных токов



3. Составить уравнения по 2-му закону Кирхгофа для каждого контура

$$\begin{cases} I_{11} * R_{11} - I_{22} * R_{21} - I_{33} * R_{31} = E_1 \\ I_{22} * R_{22} - I_{11} * R_{12} - I_{33} * R_{32} = -E_2 \\ I_{33} * R_{33} - I_{11} * R_{13} - I_{22} * R_{23} = E_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 65 I_{11} - 25 I_{22} - 30 I_{33} = 80 \\ -25 I_{11} + 75 I_{22} - 35 I_{33} = -50 \\ -30 I_{11} - 35 I_{22} + 85 I_{33} = 60 \end{cases}$$

$$I_{11} = \Delta_1 / \Delta$$

$$I_{22} = \Delta_2 / \Delta$$

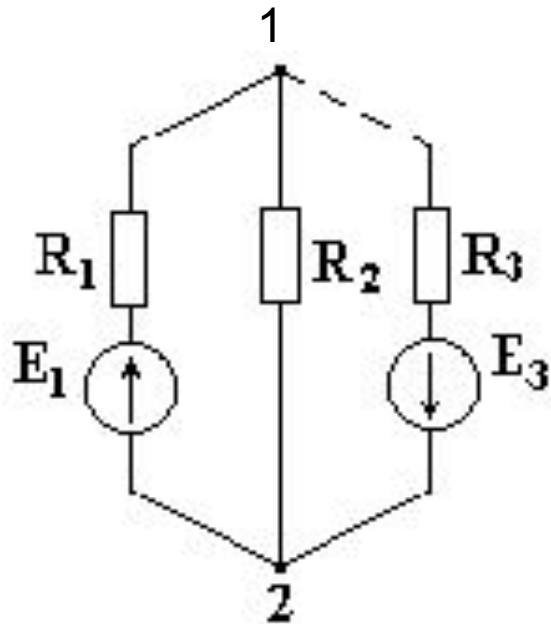
$$I_{33} = \Delta_3 / \Delta$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = a_{11} \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{13} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix} =$$

$$= a_{11}a_{22}a_{33} - a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32} - a_{13}a_{22}a_{31}$$



## Метод двух узлов



Напряжение между узлами

$$U_{12} = \frac{E_1 g_1 - E_2 g_2}{g_1 + g_2 + g_3}$$

$$g_1 = \frac{1}{R_1} \quad g_2 = \frac{1}{R_2} \quad g_3 = \frac{1}{R_3}$$

проводимости ветвей

$$I = \frac{U_{12} + E}{R}$$

Ток находим по закону Ома