



1 ?? Определите изменение силы тока  $\Delta I_{\text{верх}}$  через резистор  $2R$  между узлами  $A$  и  $O$ , если регулируемый ток увеличить на  $\Delta I$ . Ответ выразите через  $\Delta I$ .

Способ 1

Воспользуемся методом наложения токов. Представим два независимых источника тока: один создаёт ток силой  $I_0$ , другой — регулируемый ток  $I$  (см. рисунок 1). При расстановке токов учтём, что часть цепи для каждого источника представляет собой сбалансированный мост.

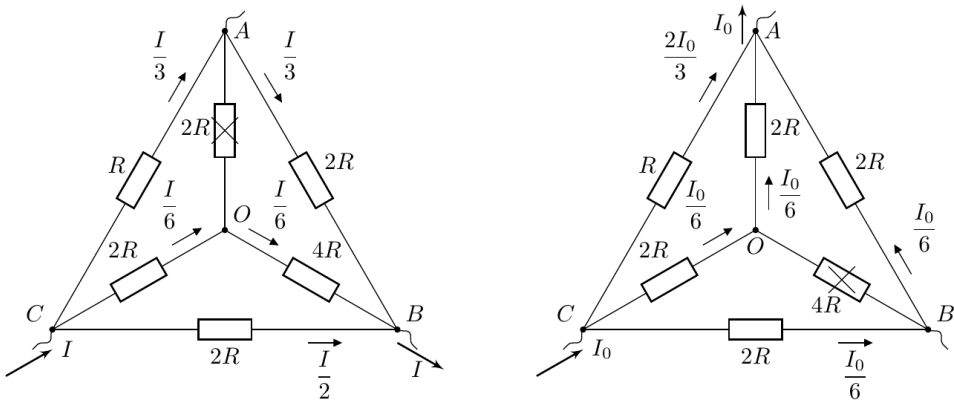


Рис. 1

Способ 2

Введём токи  $I_1$  и  $I_2$ , далее, с учётом первого и второго правил Кирхгофа выразим через них токи во всех остальных участках разветвлённой цепи (см. рисунок 2).

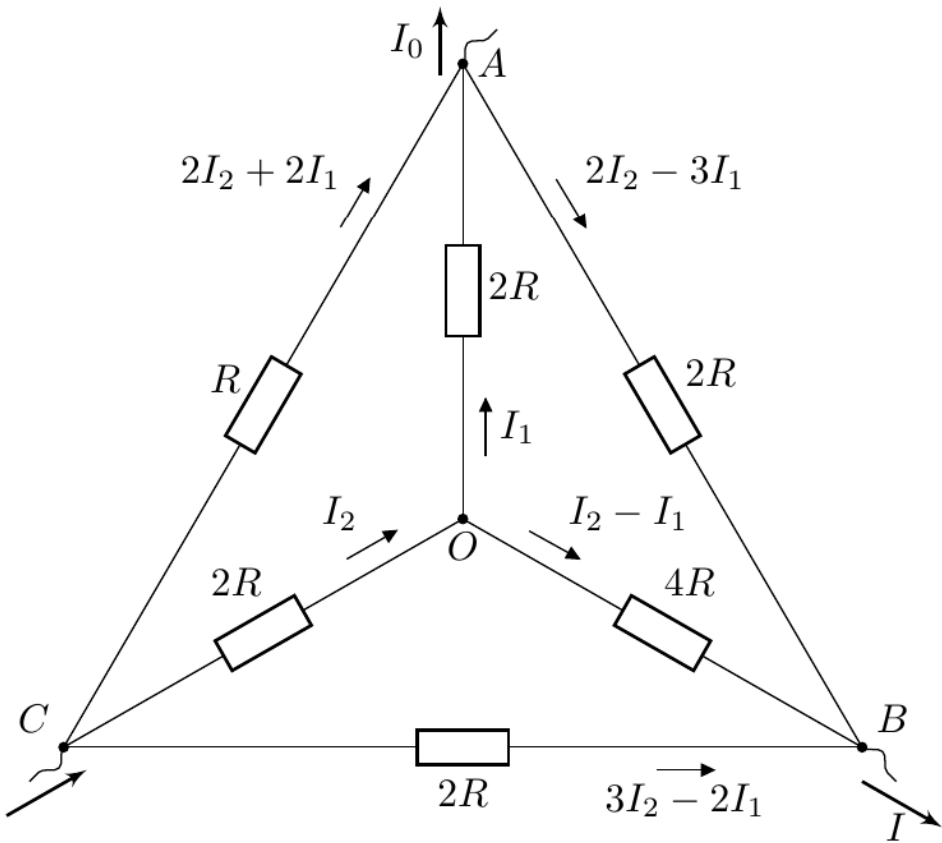


Рис. 2

Запишем первое правило Кирхгофа для узлов  $A$  и  $B$  и получим систему уравнений:

$$\begin{cases} 2I_2 + 2I_1 + I_1 = I_0 + 2I_2 - 3I_1 \\ 3I_2 - 2I_1 + I_2 - I_1 + 2I_2 - 3I_1 = I \end{cases}$$
$$\begin{cases} I_1 = \frac{I_0}{6} \\ I_2 = \frac{I + I_0}{6} \end{cases}$$

Тогда:

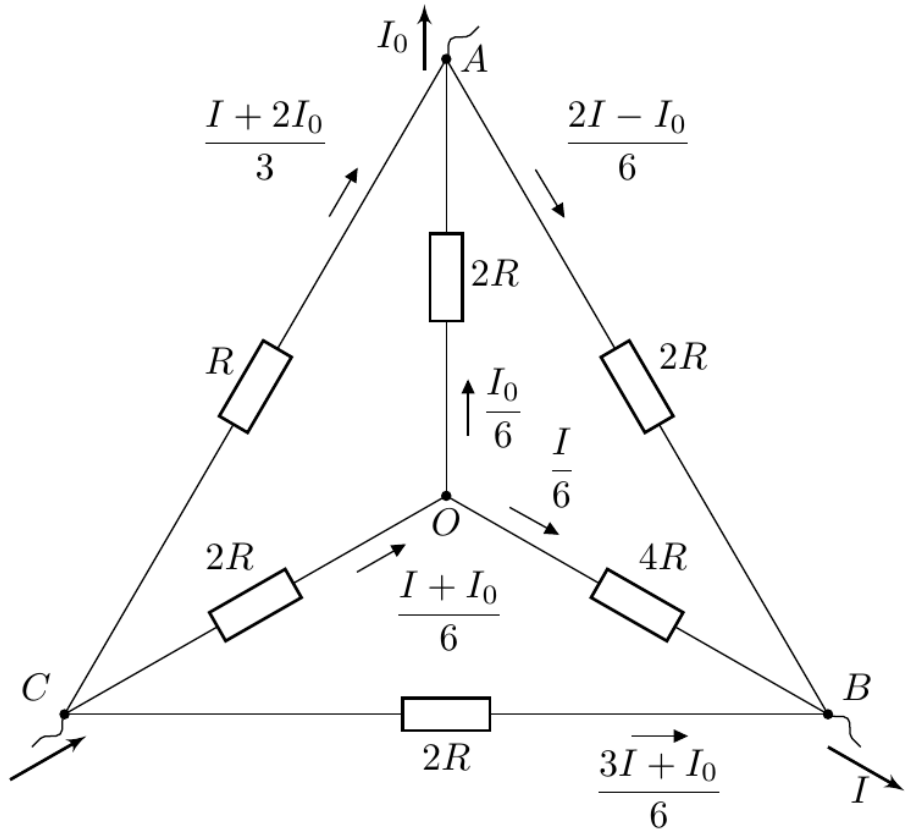


Рис. 3

Заметим, что ток  $I$  никак не влияет на силу тока через верхний резистор, следовательно:

Ответ:

$$\Delta I_{\text{верх}} = 0.$$

2?? Определите изменение силы тока  $\Delta I_{\text{нижн}}$  через резистор  $2R$  между узлами  $B$  и  $C$ , если регулируемый ток увеличить на  $\Delta I$ . Ответ выразите через  $\Delta I$ .

Изменение силы тока через нижний резистор

$$\Delta I_{\text{нижн}} = \Delta \left( \frac{I}{2} + \frac{I_0}{6} \right)$$

Ответ:

$$\Delta I_{\text{нижн}} = \frac{\Delta I}{2}.$$

3?? При каком значении регулируемой силы тока  $I' > 0$  ток в одном из резисторов становится равным нулю? Укажите этот резистор. Ответ выразите через  $I_0$ .

Единственный резистор, через который токи от двух источников направлены противоположно, — это резистор  $2R$  между узлами  $A$  и  $B$ . Условие обнуления тока:

$$I'/3 = I_0/6.$$

Таким образом

Ответ:  $I' = I_0/2$ ; резистор  $2R$  между узлами  $A$  и  $B$ .

4?? При каком значении регулируемой силы тока  $I^*$  суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на резисторах, будет минимальна? Чему равна эта минимальная мощность  $P_{\text{min}}$ ? Ответы выразите через  $I_0$  и  $R$ .

Способ 1

Мощность можно рассчитать как сумму мощностей воображаемых источников токов  $I_0$  и  $I$ . Напряжение между узлами  $B$  и  $C$ :

$$U_{BC} = \left( \frac{I}{2} + \frac{I_0}{6} \right) \cdot 2R,$$

а между узлами  $A$  и  $C$ :

$$U_{AC} = \left( \frac{I}{3} + \frac{2I_0}{3} \right) \cdot R.$$

Тогда суммарная тепловая мощность, выделяющаяся в цепи равна:

$$P(I) = U_{BC}I + U_{AC}I_0 = RI^2 + \frac{2}{3}II_0R + \frac{2}{3}RI_0^2$$

.

Способ 2

Тот же результат можно получить как сумму тепловых мощностей на каждом резисторе:

$$P(I) = R\left(\frac{I}{3} + \frac{2I_0}{3}\right)^2 + 2R\left(\frac{I_0}{6}\right)^2 + 2R\left(\frac{I}{6} + \frac{I_0}{6}\right)^2 + 4R\left(\frac{I}{6}\right)^2 + 2R\left(\frac{I}{3} - \frac{I_0}{6}\right)^2 + 2R\left(\frac{I}{2} + \frac{I_0}{6}\right)^2$$

Минимум выражения  $P(I)$  (вершина параболы) достигается при:

$$I^* = -\frac{I_0}{3}$$

.

Соответствующая минимальная мощность:

Ответ:

$$P_{\min} = P(I^*) = \frac{5}{9}RI_0^2;$$
$$I^* = -\frac{I_0}{3}.$$

 Website in English

2020 — Мы те, кого должны превзойти.