3.6. Правила Кирхгофа

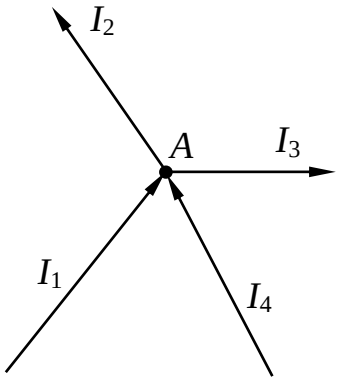
Закон Ома является основой расчетов электрических цепей. Однако расчет **разветвленных** электрических цепей значительно упрощается, если пользоваться **правилами Кирхгофа**. Первое правило Кирхгофа отражает условие стационарности: при установившемся токе ни в одном месте проводника не может происходить накопление заряда. Второе правило Кирхгофа является модификацией закона Ома.

Прежде, чем формулировать правила Кирхгофа необходимо ввести два понятия: **узел** и **контур**.

Узлом электрической цепи называют точку, в которой соединяются не менее трех проводников (рис. 3.4*а*).

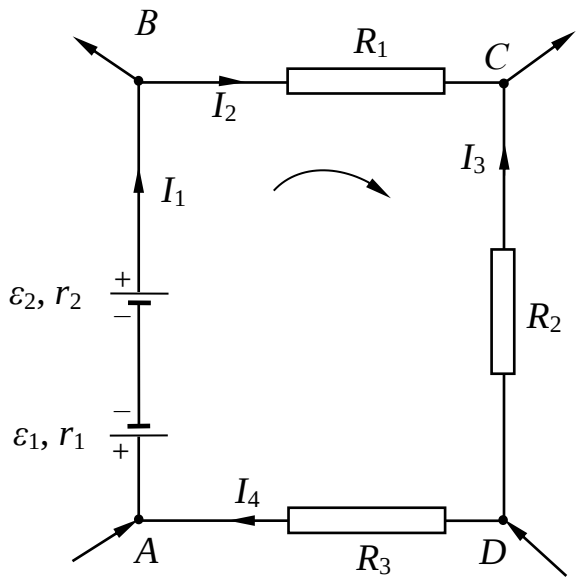
Контуром называют любую замкнутую цепь, которую можно выделить в данной электрической цепи. Различают простые и сложные (составные) контуры. Простой контур нельзя получить наложением других контуров (рис. 3.4*б*). Сложный контур можно рассматривать как цепь, состоящую из простых контуров.

а) узел



$$I_1 - I_2 - I_3 + I_4 = 0$$

б) простой контур



$$I_1 r_1 + I_1 r_2 + I_2 R_1 - I_3 R_2 + I_4 R_3 = +\varepsilon_2 - \varepsilon_1$$

Рис. 3.4. Правила Кирхгофа: а) узел; б) простой контур.

Первое правило Кирхгофа

Алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю:

$$\sum_{k=1}^{n} I_k = 0. \qquad (3.39)$$

Ток, текущий к узлу, обычно считают положительным, ток, вытекающий из узла – отрицательным.

Количество независимых уравнений первого правила Кирхгофа равно $N - 1$, где N – число узлов в данной цепи. Например, в контуре на рисунке 3.4*б* четыре узла: A, B, C и D ($N = 4$). Соответственно, для этого контура можно использовать три независимых уравнения, составленных для любых трех узлов по выбору.

Второе правило Кирхгофа

Алгебраическая сумма напряжений на участках любого контура равна алгебраической сумме э.д.с. в данном контуре:

$$\sum_{k=1}^{n_1} I_k R_k = \sum_{i=1}^{n_2} \varepsilon_i \,. \qquad (3.40)$$

Здесь I_k – сила тока, протекающего через участок контура сопротивлением R_k; n_1 – количество участков, на которые разбит контур; ε_i – э.д.с. источников тока, включенных, в рассматриваемый контур; n_2 – количество источников тока в данном контуре.

Количество независимых уравнений второго правила Кирхгофа равно числу простых контуров, на которые можно разбить рассчитываемую электрическую цепь. Уравнения (3.40) можно составлять для любых контуров, сложных и простых. Важно, чтобы их количество не превосходило число простых контуров.

Для определения знаков членов уравнения (3.40) выбирают направление обхода рассматриваемого контура. Обычно выбирают направление по часовой стрелке (см. рис. 3.4). Если направления токов на отдельных участках контура неизвестны, то их выбирают произвольно. После выполнения расчетов истинное направление тока определяют по знаку: плюс – направление выбрано правильно, минус – неправильно.

Контур обходят по выбранному направлению последовательно, начиная от любого узла. Если на данном участке заданное направление тока совпадает с направлением обхода контура, то произведение тока на сопротивление данного участка берут со знаком плюс, в противном случае – со знаком минус. При составлении левой части уравнений (3.40) источники тока также рассматриваются как проводники с внутренними сопротивлениями r_k. В отдельных случаях внутренними сопротивлениями источников тока можно пренебречь по сравнению с сопротивлениями однородных участков цепи.

Поскольку один и тот же ток может протекать через несколько участков с разными сопротивлениями, нумерация сил тока и сопротивлений может не совпадать. Например, на рисунке 3.3*б* контур имеет четыре участка с одинаковыми токами и пять сопротивлений.

При составлении правой части уравнений (3.40) электродвижущая сила считается положительной, если в направлении обхода контура происходит переход с минуса на плюс источника тока.