

§ 18. Правила Кирхгофа

Соединения резисторов и источников в сложных цепях не всегда можно свести к совокупности последовательного и параллельного их соединения. Для расчетов сложных цепей удобно применять правила Кирхгофа.

Узлом электрической цепи будем называть точку, где сходится не менее трех проводников. Токи, подходящие к узлу, будем считать положительными, а выходящие из узла – отрицательными. Узел – это не обкладки конденсатора, где может происходить существенное накопление заряда. Отсюда следует первое правило Кирхгофа: *алгебраическая сумма токов в узле равна нулю*.

Участок цепи между двумя узлами называется *ветвью*. Возьмем в сложной цепи произвольный замкнутый контур, состоящий из отдельных ветвей. Выберем направление обхода контура по часовой стрелке или против. ЭДС в каждой

ветви контура будем считать положительной, если направление ее действия совпадает с выбранным направлением обхода контура, а в противном случае – отрицательной. Падение напряжения (произведение тока на сопротивление) в любой ветви контура будем считать положительным, если направление тока в этой ветви совпадает с направлением обхода контура, в противном случае – отрицательным. Записав для каждой ветви контура уравнение закона Ома для участка цепи, содержащего эдс, и сложив все уравнения, получим **второе правило Кирхгофа**: в произвольном замкнутом контуре любой электрической цепи сумма падений напряжений во всех ветвях контура равна алгебраической сумме эдс во всех ветвях контура.

Оба правила Кирхгофа справедливы не только для постоянных во времени значений всех величин, входящих в соответствующие уравнения, но и для их мгновенных значений.

При составлении уравнений по правилам Кирхгофа нужно придерживаться следующих рекомендаций. Если в цепи содержится n узлов, то по первому правилу Кирхгофа можно составить только $n-1$ независимых уравнений. При составлении уравнений по второму правилу Кирхгофа надо следить, чтобы в каждом новом контуре была хотя бы одна ранее не использованная ветвь. Отступление от этих рекомендаций приводит к появлению уравнений, являющихся следствием системы ранее составленных уравнений. В процессе решения такой «переполненной» системы может возникнуть тождество $0=0$, что приводит в замешательство решающего из-за «исчезновения» неизвестных системы.

Задача 18.1. В схеме на рис. 18.1 $\mathcal{E}_1 = 4,2\text{ В}$, $\mathcal{E}_2 = 3,8\text{ В}$, $R_1 = R_2 = 10\text{ Ом}$, $R_3 = 45\text{ Ом}$. Найти силу и направление тока во всех участках цепи. Считать,

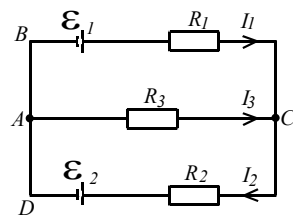


Рис. 18.1

что внутреннее сопротивление источников вошло в R_1 и R_2 .

Решение. Зададим направление токов произвольно, например, так, как показано на рис. 18.1. Для нахождения трех неизвестных токов надо составить три независимых уравнения. В схеме $n = 2$ узла. По первому правилу Кирхгофа составляем $n - 1 = 1$ уравнение. Для узла C :

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

Недостающие два уравнения составляем по второму правилу Кирхгофа для контуров $ABCA$ и $ABCD$:

$$I_1 R_1 - I_3 R_3 = \mathcal{E}_1, \quad I_1 R_1 + I_2 R_2 = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2.$$

Решение системы полученных трех уравнений в общем виде громоздко и дает громоздкие выражения для токов. Систему удобно решать, подставив в нее значения эдс и сопротивлений:

$$I_1 - I_2 + I_3 = 0, \quad 10I_1 - 45I_3 = 4,2, \quad 10I_1 + 10I_2 = 0,4.$$

Решая систему последних трех уравнений, находим:

$$I_1 = 0,06 \text{ A}, \quad I_2 = -0,02 \text{ A}, \quad I_3 = -0,08 \text{ A}.$$

Отрицательные значения токов I_2 и I_3 говорят о том, что истинные направления этих токов противоположны указанным на рис. 18.1.