

§ 9.4. Правила Кирхгофа

1. На практике часто приходится рассчитывать сложные (разветвленные) цепи постоянного тока, например по заданным сопротивлениям участков цепи и приложенным к ним э.д.с. находить силы токов во всех участках. Решение этой задачи значительно облегчается, если воспользоваться двумя правилами Г. Кирхгофа.

Первое правило Кирхгофа выражает приведенное в § 8.2 условие постоянства тока в цепи и вытекает из того, что в случае установившегося постоянного тока ни в одной точке проводника и ни на одном его участке не должны накапливаться электрические заряды.

Назовем **узлом** любую точку разветвления цепи, т.е. любую точку, в которой сходится больше двух проводников. Тогда первое правило Кирхгофа можно сформулировать следующим образом: *алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю*:

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0, \quad (9.16)$$

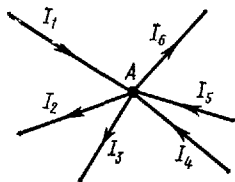


Рис. 9.6

где n — число проводников, сходящихся в узле, а I_k — токи в них. При этом токи, подходящие к узлу, считают положительными, а токи, отходящие от него, — отрицательными. На рис. 9.6 в узле A сходятся шесть проводников; направления токов в них показаны стрелками. Первое правило Кирхгофа (9.16) запишется для узла A следующим образом:

$$I_1 - I_2 - I_3 + I_4 + I_5 - I_6 = 0.$$

2. **Второе правило Кирхгофа** является обобщением закона Ома (9.11) на разветвленные электрические цепи. Оно состоит в следующем: *в любом замкнутом контуре, произвольно выбранном в разветвленной электрической цепи, алгебраическая сумма произведений сил токов I_k на сопротивления R_k соответствующих участков этого контура равна алгебраической сумме э.д.с. \mathcal{E}_k в контуре*:

$$\sum_{k=1}^{n_1} I_k R_k = \sum_{k=1}^n \mathcal{E}_k, \quad (9.17)^1$$

где n_1 — число отдельных участков, на которые контур разбивается узлами.

Для составления уравнения (9.17) необходимо условиться о направлении обхода контура (по часовой стрелке или против нее). Выбор этого направления совершенно произволен. Все токи I_k , совпадающие по направлению с направлением обхода контура, считают положитель-

¹ Формулу (9.17) легко получить последовательным применением закона Ома (9.9) ко всем участкам замкнутого контура.

ными. Э.д.с. \mathcal{E}_k источников тока, включенных на различных участках контура, считают положительными, если они создают ток, направленный в сторону обхода контура. Так, например, в случае обхода по часовой стрелке замкнутого контура $ABCD$, изображенного на рис. 9.7, уравнение (9.17) записывается следующим образом:

$$I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_4 R_4 = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3.$$

3. При решении задач рекомендуется следующий порядок расчета сложной цепи постоянного тока:

а) произвольно выбрать и обозначить на чертеже направления токов во всех участках цепи;

б) подсчитать число узлов в цепи (m). Записать выражения (9.16) для каждого из $m - 1$ узлов. Уравнение (9.16) для m -го узла ничего нового не дает, так как оно является простым следствием предыдущих $m - 1$ уравнений;

в) выделить произвольные замкнутые контуры в цепи и, условившись о направлении обхода, записать для них систему уравнений (9.17). Уравнения (9.17) следует писать не для всех контуров, так как часть из этих уравнений является следствием предыдущих. Оказывается, что в разветвленной цепи, состоящей из p ветвей (участков цепи между соседними узлами) и m узлов, число независимых уравнений (9.17) равно $p - m + 1$.

При составлении независимых уравнений (9.17) следует выбирать контуры таким образом, чтобы каждый новый контур содержал хотя бы один участок цепи, не входивший в уже рассмотренные контуры.

Примеры использования правил Кирхгофа при расчете цепей постоянного тока приведены в задачах к этой главе.

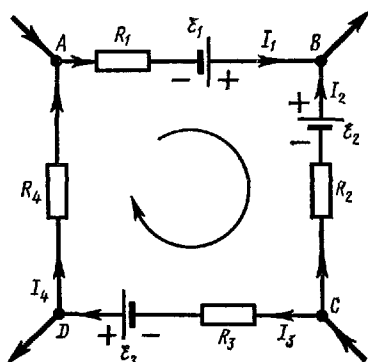


Рис. 9.7

Вопросы для повторения

1. Какие силы называются сторонними?
2. Поясните физический смысл электродвижущей силы, напряжения и разности потенциалов.
3. В чем состоит закон Ома для участка цепи, для замкнутой цепи? Каков его физический смысл?
4. В чем состоят и на чем основаны правила Кирхгофа?

Примеры решения задач

Задача 9.1. Имеется миллиамперметр с внутренним сопротивлением $R_0 = 9,9$ Ом, предназначенный для измерения токов не более 10 мА. Что нужно сделать для того, чтобы этот прибор можно было применять для измерения: 1) токов до 1 А и 2) напряжений до 1 В?