

Глава IX

ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

§ 9.1. Сторонние силы

1. Закон Ома (8.12') показывает, что плотность тока прямо пропорциональна напряженности E электрического поля, действующего на свободные заряды и вызывающего их упорядоченное движение. Прежде чем перейти к выводу закона Ома для силы тока I , необходимо рассмотреть, что представляет собой электрическое поле в проводнике. В нем имеется электростатическое поле, создаваемое электронами и положительными ионами (поле кулоновских сил).

Кулоновские силы взаимодействия между зарядами всегда приводят к такому перераспределению свободных зарядов, при котором электрическое поле в проводнике исчезает, а потенциалы во всех точках выравниваются. Поэтому поле кулоновских сил не может вызвать стационарный процесс упорядоченного движения зарядов, т.е. не может являться причиной возникновения постоянного электрического тока.

2. Очевидно, что для поддержания постоянного тока в цепи на свободные заряды должны действовать помимо кулоновских сил еще какие-то иные, неэлектростатические силы. Эти силы носят название **сторонних сил**. Если кулоновские силы вызывают соединение разноименных зарядов, что ведет к выравниванию потенциалов и исчезновению электрического поля в проводнике, то сторонние силы вызывают разделение разноименных зарядов и поддерживают разность потенциалов на концах проводника. Добавочное поле сторонних сил в цепи создается источниками электрической энергии (гальваническими элементами, аккумуляторами, электрическими генераторами).

Источник сторонних сил в цепи постоянного тока так же необходим, как необходим насос для создания постоянной циркуляции жидкости в любой замкнутой гидравлической системе. Так, например, в замкнутой водяной системе, изображенной на рис. 9.1, от точки A до точки B вода движется против силы тяжести под действием «сторонних сил», создаваемых насосом H ; от точки B до точки A она движется под действием силы тяжести. Роль насоса в электрической цепи играет источник электрической энергии. За счет создаваемого им поля сторонних сил электрические заряды движутся внутри источника

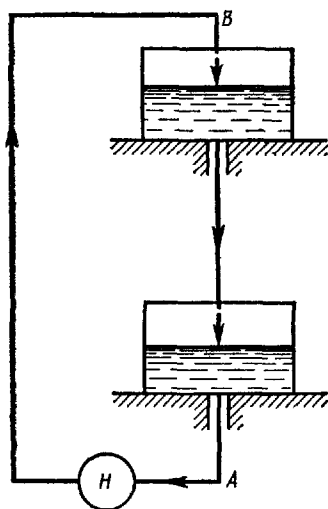


Рис. 9.1

электрической энергии против сил электростатического поля. Вследствие этого на концах внешней цепи поддерживается разность потенциалов и в цепи идет постоянный ток. Перемещая заряды, сторонние силы совершают работу за счет энергии, затрачиваемой в источнике электрической энергии.

Так, например, в электромагнитном генераторе работа сторонних сил производится за счет механической энергии, расходуемой на вращение ротора генератора, а в гальванических элементах — за счет энергии, которая выделяется при химических процессах растворения электродов в электролите.

§ 9.2. Закон Ома

1. Напряженность поля кулоновских сил обозначим через $E_{\text{кул}}$, напряженность поля сторонних сил — через $E_{\text{стор}}$. Тогда для любой точки внутри проводника напряженность E результирующего поля равна их векторной сумме:

$$E = E_{\text{кул}} + E_{\text{стор}}. \quad (9.1)$$

Подставив это выражение в формулу (8.12'), получим

$$j = (1/\rho) (E_{\text{кул}} + E_{\text{стор}}) \quad (9.2)$$

Умножим скалярно обе части равенства (9.2) на вектор dl , численно равный элементу dl длины проводника и направленный по касательной к проводнику в ту же сторону, что и вектор плотности j тока:

$$(j, dl) = (1/\rho) [E_{\text{кул}}dl + E_{\text{стор}}dl]$$

Так как скалярное произведение совпадающих по направлению векторов j и dl равно произведению их модулей, то это равенство можно переписать в виде

$$\rho j dl = E_{\text{кул}}dl + E_{\text{стор}}dl,$$

или с учетом (8.5)

$$I(\rho/S) dl = E_{\text{кул}}dl + E_{\text{стор}}dl.$$

Интегрируя по длине проводника l от сечения 1 до некоторого сечения 2 и учитывая, что сила тока во всех сечениях проводника одинакова, получаем

$$I \int_1^2 \rho \frac{dl}{S} = \int_1^2 E_{\text{кул}}dl + \int_1^2 E_{\text{стор}}dl. \quad (9.3)$$

2. Рассмотрим подробнее физический смысл всех членов, входящих в уравнение (9.3). Интеграл $\int_1^2 E_{\text{кул}}dl$ численно равен работе, совершаемой кулоновскими силами при перенесении единичного поло-