

10. Постоянный электрический ток

10.1. Электрический ток

Если через некоторую воображаемую поверхность переносится суммарный заряд, отличный от нуля, говорят, что через эту поверхность течет электрический ток. Ток может течь в твердых телах (металлы, полупроводники), в жидкостях (электролитах) и в газах.

Для протекания тока необходимо наличие в данном теле (или в данной среде) заряженных частиц, которые могут перемещаться в пределах всего тела. Такие частицы называются носителями тока. Ими могут быть электроны, либо ионы, либо, наконец, макроскопические частицы, несущие на себе избыточный заряд (например, заряженные пылинки и капельки).

Носители тока находятся в беспорядочном тепловом движении. Через воображаемую площадку переносится в обоих направлениях одинаковый заряд и ток отсутствует. при наличии электрического поля на хаотическое движение накладывается упорядоченное движение носителей – возникает ток.

Таким образом, можно сказать, ***что ток - это упорядоченное движение электрических зарядов.***

Количественной характеристикой электрического тока служит величина заряда, переносимого через рассматриваемую поверхность в единицу времени. Ее называют силой тока. Если за время dt через поверхность переносится заряд dq , то сила тока равна:

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (10.1.1)$$

За направление тока принимается направление, в котором перемещаются положительные носители.

10.2. Электродвижущая сила

Если в проводнике создать электрическое поле и не принять мер для его поддержания, то перемещение носителей тока приведет очень быстро к тому, что поле внутри проводника исчезнет и ток прекратится. Для того чтобы поддерживать ток достаточно длительное время, нужно от конца проводника с меньшим потенциалом (носители тока предполагаются положительными) непрерывно отводить приносимые сюда током заряды, а к концу с большим потенциалом непрерывно их подводить (рис. 10.2.1). Иными словами, необходимо осуществить круговорот зарядов, при котором они двигались бы по замкнутому пути.

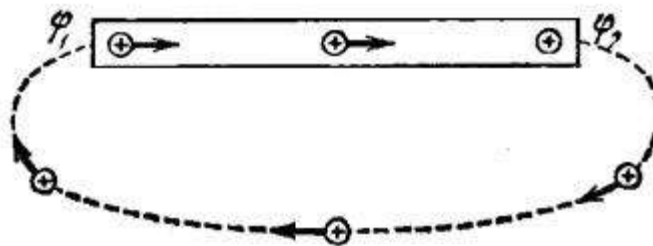


Рис. 10.2.1

В замкнутой цепи наряду с участками, на которых положительные носители движутся в сторону убывания потенциала ϕ , должны иметься участки, на которых перенос положительных зарядов происходит в направлении возрастания ϕ , т. е. против сил электростатического поля (см. изображенную пунктиром часть цепи на рис. 10.2.1). Перемещение носителей на этих участках возможно лишь с помощью сил неэлектростатического происхождения, называемых сторонними силами. Таким образом, для поддержания тока необходимы сторонние силы, действующие либо на всем протяжении цепи, либо на отдельных ее участках. Эти силы могут быть обусловлены химическими процессами, диффузией носителей тока в неоднородной среде или через границу двух разнородных веществ, электрическими (но не электростатическими) полями, порождаемыми меняющимися во времени магнитными полями и т. д.

Сторонние силы можно охарактеризовать работой, которую они совершают над перемещающимися по цепи зарядами. Величина, равная работе сторонних сил над единичным положительным зарядом, называется электродвижущей силой, действующей в замкнутой цепи или на ее участке. Следовательно, если работа сторонних сил над зарядом q равна A , то

$$\mathcal{E} = \frac{A}{q} \quad (10.2.1)$$

Размерность э.д.с. совпадает с размерностью потенциала. Поэтому $\mathcal{E}$ измеряется в тех же единицах, что и ϕ .

Стороннюю силу $\vec{F}_{\text{ст}}$, действующую на заряд q , можно представить в виде:

$$\vec{F}_{\text{ст}} = q\vec{E}_{\text{ст}}$$

Векторную величину называют **напряженностью поля сторонних сил**. Работа сторонних сил над зарядом q на участке цепи 1-2 равна:

$$A_{12} = \int_1^2 \vec{F}_{\text{ст}} d\vec{l} = q$$

Разделив эту работу на q , получим э. д. с, действующую на данном участке:

$$\mathcal{E}_{12} = \int_1^2 \vec{E}_{\text{ст}} d\vec{l} \quad (10.2.2)$$

Аналогичный интеграл, вычисленный для замкнутой цепи, даст ЭДС, действующую в этой цепи.

$$\mathcal{E} = \oint \vec{E}_{\text{ст}} d\vec{l} \quad (10.2.3)$$

Кроме сторонних сил, на заряд действуют силы электростатического поля $\vec{F}_E = q\vec{E}$. Следовательно, результирующая сила, действующая в каждой точке цепи на заряд q , равна:

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{E}_{\text{ст}})$$

Работа, совершаемая этой силой над зарядом q на участке цепи 1-2, определяется выражением:

$$A_{12} = q \int_1^2 \vec{E} d\vec{l} + q \int_1^2 \vec{E}_{\text{ст}} d\vec{l} = q(\varphi_1 - \varphi_2) + q\mathcal{E}_{12} \quad (10.2.4)$$

Величина, численно равная работе, совершаемой электростатическими и сторонними силами при перемещении единичного положительного заряда, называется **падением напряжения** или просто **напряжением** U на данном участке цепи. В соответствии с формулой (10.2.4):

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}_{12}. \quad (10.2.5)$$

Участок цепи, на котором не действуют сторонние силы, называется **однородным**. Участок, на котором на носители тока действуют сторонние силы, называется **неоднородным**.

Для однородного участка цепи:

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2, \quad (10.2.6)$$

т. е. напряжение совпадает с разностью потенциалов на концах участка.