

# ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

## Электрический ток, основные характеристики

*Электрический ток* — упорядоченное (направленное) движение электрических зарядов.

Для возникновения и существования электрического тока необходимо, с одной стороны, наличие свободных *носителей тока* — заряженных частиц, способных перемещаться упорядоченно, а с другой — наличие *электрического поля*, энергия которого, каким-то образом выполняясь, расходовалась бы на их упорядоченное движение. За направление тока *условно* принимают направление движения *положительных зарядов*. Ток может течь в твердых телах (например, металлах, полупроводниках), жидкостях (электролитах) и газах.

Количественной характеристикой электрического тока служит *сила тока*  $I$  — скалярная физическая величина, определяемая электрическим зарядом, проходящим через поперечное сечение проводника в единицу времени:

$$I = \frac{dQ}{dt}. \quad (79.1)$$

*Ток*, величина которого не изменяется со временем, называется *постоянным*. Для постоянного тока

$$I = \frac{Q}{t}, \quad (79.2)$$

где  $Q$  — электрический заряд, проходящий за время  $t$  через поперечное сечение проводника.

*Единица силы тока* — *ампер* (А) (см. Введение. Единицы физических величин).

В общем случае электрический ток может быть распределен по поверхности проводника *неравномерно*. Поэтому вводят *плотность тока* — физическую величину, определяемую силой тока, проходящего через единицу площади поперечного сечения проводника, перпендикулярного направлению тока:

$$j = \frac{dI}{dS_{\perp}}. \quad (79.3)$$

Единица плотности тока в СИ — *ампер на метр в квадрате* ( $\text{А/м}^2$ ).

Если концентрация носителей тока равна  $n$  и каждый носитель имеет элементарный заряд  $e$  (что не обязательно для ионов), то за время  $dt$  через поперечное сечение  $S$  проводника переносится заряд  $dQ = ne\langle v \rangle S dt$ . Сила тока

$$I = \frac{dQ}{dt} = ne\langle v \rangle S,$$

а плотность тока  $j = ne\langle v \rangle$ .

Плотность тока — *вектор*, направление которого совпадает с направлением упорядоченного движения положительных зарядов:

$$\vec{j} = ne\langle \vec{v} \rangle. \quad (79.4)$$

Если в каждой точке пространства известен вектор плотности тока, то сила тока  $I$  через любую поверхность  $S$  определяется как

$$I = \int_S \vec{j} d\vec{S}, \quad (79.5)$$

где  $d\vec{S} = \vec{n} dS$  ( $\vec{n}$  — единичный вектор нормали к площадке  $dS$ , составляющей с вектором  $\vec{j}$  угол  $\alpha$ ). Таким образом, сила тока определяется как *поток вектора плотности тока через поверхность*.

---

## Сторонние силы.

### Электродвижущая сила и напряжение

Если в цепи на носители тока действуют только силы электростатического поля, то происходит перемещение носителей (они предполагаются положительными) от точек с бóльшим потенциалом к точкам с меньшим потенциалом. Это приводит к выравниванию потенциалов во всех точках цепи и исчезновению электрического поля. Поэтому для существования постоянного тока необходимо наличие в цепи устройства, способного создавать и поддерживать разность потенциалов за счет работы сил *неэлектростатического происхождения*. Такие устройства называют **источниками тока**.

*Силы неэлектростатического происхождения*, действующие на заряды со стороны источников тока, называют **сторонними**.

Природа сторонних сил может быть различной. Например, в гальванических элементах они возникают за счет энергии химических реакций между электродами и электролитами; в генераторе — за счет механической энергии вращения ротора генератора и т.д. Роль источника тока в электрической цепи, образно говоря, такая же,

как роль насоса, который необходим для перекачивания жидкости в гидравлической системе.

Под действием создаваемого поля сторонних сил электрические заряды движутся внутри источника тока против сил электростатического поля, благодаря чему на концах цепи поддерживается разность потенциалов и в цепи течет постоянный электрический ток.

Сторонние силы совершают работу по перемещению электрических зарядов. Физическая величина, определяемая работой, совершаемой сторонними силами при перемещении единичного положительного заряда, называется электродвижущей силой (ЭДС)  $\mathcal{E}$  источника тока

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{Q_0}. \quad (80.1)$$

Из формул (80.1) и (67.7) следует, что единицей ЭДС является также *вольт*.

На заряд  $Q_0$ , помимо сторонних сил, действуют также силы электростатического поля. Работа, совершаемая силами электростатического поля при перемещении заряда  $Q_0$  из точки 1 в точку 2, согласно (67.6) равна

$$A_{12} = Q_0(\varphi_1 - \varphi_2). \quad (80.2)$$

**Напряжение** на участке 1—2 — физическая величина, равная работе, совершаемой суммарным полем электростатических (кулоновских) и сторонних сил при перемещении единичного положительного заряда на данном участке цепи:

$$U_{12} = \frac{A_{12} + A_{\text{ст}}}{Q_0}. \quad (80.3)$$

Подставив (80.1) и (80.2) в выражение (80.3), получаем

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}. \quad (80.4)$$

Понятие напряжения является *обобщением* понятия разности потенциалов: напряжение на концах участка цепи равно разности потенциалов в том случае, если на этом участке не действует ЭДС, т. е. сторонние силы отсутствуют.