

9) Постоянный ток в замкнутых электрических цепях. Электродвижущая сила. Закон Ома для участка цепи. Правила Кирхгофа. Работа и мощность постоянного тока

интегральная форма закона Ома для участка цепи



S - площадь поперечного сечения проводника.

$$J = jS$$

$$j = \lambda(E + E_{\text{стор}}) \Rightarrow E + E_{\text{стор}} = \frac{j}{\lambda} = \frac{J}{\lambda S}$$

предполагая, что ток во всех частях цепи одинаков: $\int_{(1)}^{(2)} (E + E_{\text{стор}}) d\ell = J \int_{(1)}^{(2)} \frac{d\ell}{\lambda S}$

означим $R = \int_{(1)}^{(2)} \frac{d\ell}{\lambda S}$ - полное сопротивление участка

таким $\int_{(1)}^{(2)} E d\ell = \varphi_1 - \varphi_2$

введём

$$\mathcal{E} = \int_{(1)}^{(2)} E_{\text{стор}} d\ell - \text{электродвижущая сила источника}$$

$\mathcal{E} > 0$ - прохождение источника от "-" к "+"

$\mathcal{E} < 0$ - прохождение источника от "+" к "-"

в итоге закон Ома в интегральной форме для участка цепи. Если участком цепи замкнутый ($1 \equiv 2$), то $\mathcal{E} = JR$

правила Кирхгофа

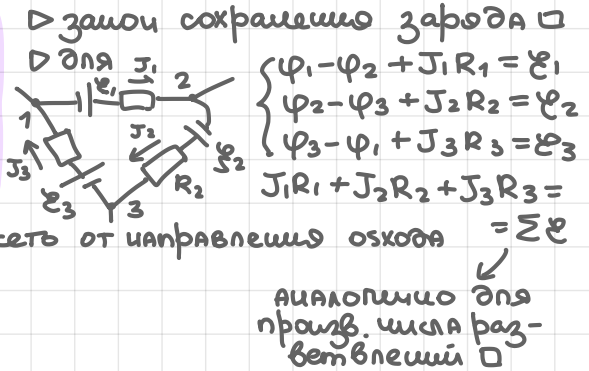
1. для \forall узла сумма токов, входящих в узел (с учётом знаков), равна 0:

$$\sum_k J_k = 0$$

2. \forall замкнутого участка цепи \hookrightarrow

$$\sum_i \mathcal{E}_i = \sum_k J_k R_k$$

в этих правилах J и \mathcal{E} - алгебр. величины, могут зависеть от направления обхода



$\vec{F} = e\vec{E}$ дрейфовая скорость $\vec{v} = \vec{u} + \vec{v}_{cl}$, $\vec{v}_{cl} = 0$ осн. столкновением

$$dA = \vec{F} \vec{v} dt = \vec{F} (\vec{u} + \vec{v}_{cl})$$

$$\vec{F} \vec{v}_{cl} = 0$$

если в единице объёма n зарядов, то найдём за единицу времени соверш. работу:

закон Джоуля-Ленца в локальной форме

$$w = n \vec{F} \vec{u} = j \vec{E} = j^2 / \lambda = \lambda \vec{E}^2$$

$$[\vec{j} = en\vec{u} = g\vec{u}] \quad [\vec{j} = \lambda \vec{E}]$$

при наличии объёмных токов

$$W = \int_V w dV = \int_V \frac{j^2}{\lambda} dV$$

примем это и ток в проводнике. если площадь его - S , а длина - ℓ и ток в нём J , то $j = J/S$, $dV = S d\ell$

$$W = \int \frac{1}{\lambda} \left(\frac{J}{S}\right)^2 S d\ell = J^2 \int \frac{d\ell}{\lambda S} = J^2 R$$

закон Джоуля-Ленца в интегральной форме

$$W = J^2 R$$

для замкнутой цепи, содержащей ЭДС \mathcal{E} , из $\mathcal{E} = JR$ следует:

$$W = J^2 R = \frac{\mathcal{E}^2}{R} = J \mathcal{E}$$

$\mathcal{E} = \oint \vec{E}_{\text{стор}} d\vec{\ell}$ (ЭДС - результат действия сторонних сил), эл. поле не производит тепловую энергию ($W = J \mathcal{E}$)
сторонние силы приводят заряды в движение, а эл. энергию, соотв. зарядам, расходуется на преодоление сил трения в проводнике.