

17 въпрос. Работа, мощност и топлинно действие на електричния ток.

Закон на Джаул-Ленц. Закон на Ом за цялата верига.

Да разгледаме еднороден проводник, в краищата на който е приложено напрежение U . Нека за безкрайно малък интервал от време dt през напречното сечение на проводника преминава безкрайно малък заряд dq . От определението за големина на електричния ток - $I = \frac{dq}{dt}$ следва, че $dq = Idt$, където I е големината на тока през проводника. Тогава работата на електричните сили (на електричния ток) е

$$dA = Udq = UIdt$$

Ако проводника има съпротивление R , то

$$dA = Udq = UIdt = I^2 R dt = \frac{U^2}{R} dt$$

Тук сме използвали, че $dq = Idt$ и $I = \frac{U}{R}$.

Ако токът е постоянен

$$A = Uq = UIt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$$

За мощността на електричните сили (електричният ток) получаваме

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{UI dt}{dt} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

Тук отново сме използвали закона на Ом за част от електричната верига –

$$I = \frac{U}{R}$$

Ако проводникът не се движи, то съгласно закона за запазване на енергията цялата работа ще се изразходва за нагряването му, т.е.

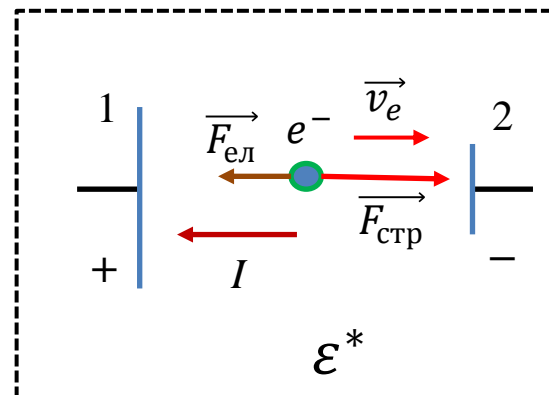
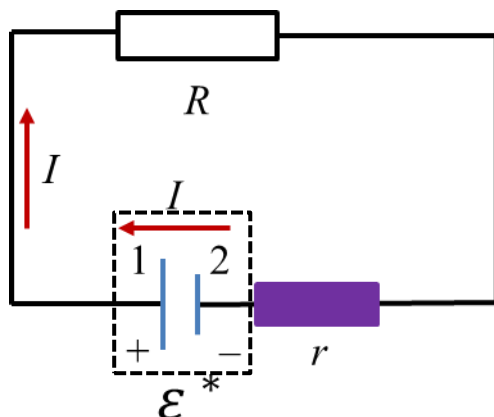
$$dQ = dA = IU dt = I^2 R dt = \frac{U^2}{R} dt$$

Този израз се нарича **закон на Джаул-Ленц** за топлинното действие на електричния ток, съгласно който, ако в неподвижен проводник протича електричен ток, проводника се нагрява.

За постоянен ток

$$Q = A = IU t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$$

Вече казахме, че ако в метален проводник се създаде електрично поле, то по него протича електричен ток – насочено движение на електроните на проводимост. Това насочено движение ще доведе до изравняване на потенциалите в краищата на проводника и прекратяване на тока. Следователно за да поддържаме електричния ток произволно дълго време е необходимо проводника да бъде част от електрична верига, в която е включен източник на електрична енергия, който поддържа постоянна потенциалната разлика в краищата на проводника. Такива източници се наричат източници на ***електродвижещо напрежение (ЕДН)***. Пример за източник на ЕДН е батерията. При включване на батерия към електрична верига, през веригата протича постоянен ток, вследствие на поддържаната постоянна потенциална разлика на полюсите на батерията.



Посоката на тока през веригата, т.е. в участъка $1R2$, е от положителния полюс (полюса с по-висок потенциал) към отрицателния полюс на батерията. Вътре в батерията, т.е. в участъка 12 , посоката на тока е от отрицателния към положителния полюс. Но носителите на тока в металите са електроните на проводимост. Следователно те се движат от положителния към отрицателния полюс. Това движение не може да става под действие на електричните сили – те действат на електроните в обратната посока. Следователно вътре в батерията върху носителите на заряда (свободните електрони) действат други сили $\vec{F}_{\text{стр}}$, наречени **странични сили**. В батерията тези сили имат химичен характер, т.е. батерията преобразува химична енергия в електрична.

Източниците на ЕДН се характеризират с тяхното *електродвижещо напрежение* \mathcal{E}^* и *вътрешно съпротивление* r . Вътрешното съпротивление r на източниците на ЕДН е тяхното собствено електрично съпротивление. Електродвижещото напрежение (ЕДН) характеризира енергията, с която източника снабдява носителите на заряд в проводника. ЕДН се определя чрез израза

$$\mathcal{E}^* = \frac{A_{\text{стр}}}{q}$$

където $A_{\text{стр}}$ е работата на страничните сили, извършвана вътре в източника на ЕДН при пренасяне на единица пробен положителен заряд q . В системата СИ единицата за ЕДН е волт [V].

Да разгледаме верига с включен източник на ЕДН. Нека намерим израз за големината на тока I във веригата.

За определено време t през веригата ще протече заряд $q = It$.

При това източника на ЕДН извършва работа

$$A_{\text{стр}} = \mathcal{E}^* q = \mathcal{E}^* It$$

Съгласно закона за запазване на енергията тази работа се превръща в топлина Q , която се отделя на във външния за източника на ЕДН консуматор със съпротивление R и вътрешното му съпротивление r , т.е. $A_{\text{стр}} = Q$.

От закона на Джаул-Ленц имаме

$$Q = I^2 R t + I^2 r t = I^2 t (R + r)$$

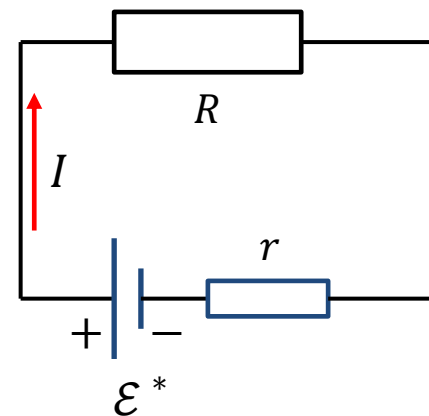
Следователно

$$\mathcal{E}^* I t = I^2 t (R + r) \quad \text{или} \quad \mathcal{E}^* = I (R + r)$$

От тук за големината на тока във веригата получаваме

$$I = \frac{\mathcal{E}^*}{R + r}$$

Този израз се нарича **закон на Ом за цялата верига**.



Пример 1: Как ще се промени отделеното количество топлина в проводник, ако големината на тока през проводника се увеличи 2 пъти при същото напрежение?

Дадено: $I_2 = 2I_1$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = ?$$

Решение: $Q_1 = UI_1t = I_1^2Rt$ $Q_2 = UI_2t = I_2^2Rt$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{I_1^2Rt}{I_2^2Rt} = \frac{I_1^2Rt}{4I_1^2Rt} = \frac{1}{4} \quad Q_2 = \frac{1}{4}Q_1$$

Пример 2: Към източник на ЕДН с големина 4,5 V и вътрешно съпротивление 1,5 Ω е включен резистор със съпротивление 21 Ω . На колко е равна големината на тока във веригата?

Дадено: $\mathcal{E}^* = 4,5 \text{ V}$, $r = 1,5 \Omega$, $R = 21 \Omega$

$I = ?$

Решение:

$$I = \frac{\mathcal{E}^*}{R + r} = \frac{4,5}{21 + 1,5} = 0,2 \text{ A}$$

