

11

Polním (drátovým) telefonem s pracovním napětím 24 V telefonujeme na vzdálenost 6 km. Kabel telefonu je hliníkový. Určete střední uvažovanou rychlost elektronu v kabelu a dobu, za kterou se elektron dostane z jednoho konce kabelu na druhý. Jak je vůbec možné, že lze telefonovat.

pracovní napětí ... $U = 24 \text{ V}$

délka kabelu ... $L = 6 \text{ km}$

střední uvažovaná rychlost elektronu v kabelu ... v

doba, za kterou elektron se dostane z jednoho konce kabelu

na druhý ... t

náboj elektronu ... $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$

Avogadrova konstanta ... $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

relativní atomová hmotnost hliníku ... $A_r(\text{Al}) = 27$

měrný elektrický odpor hliníku ... $\rho_{\text{el.}} = 2,45 \times 10^{-8} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$

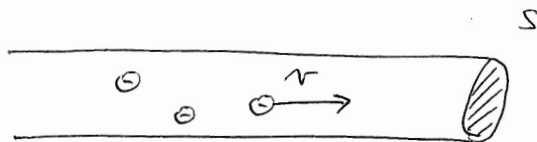
hmotnost hliníku ... $\rho_{\text{hm.}} = 2700 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

A výpočet střední uvažované rychlosti v elektronu v kabelu

Je třeba nalezt nějakou souvislost mezi střední uvažovanou rychlostí elektronu a parametry vedení.

Vhodnou spojující veličinou je proud \underline{I} , resp. proudová hustota \underline{j} .

① popis pomocí mikroskopických veličin



Předpokládáme, že všechny elektrony se pohybují rychlostí \underline{v} .

Proud \underline{I} je náboj, který projde danou plochou za 1s, neboli

$$\underline{I} = \frac{Q}{t}$$

kde Q je náboj prošlý za čas t . Plochou S projdou pouze ty elektrony, které jsou v objemu $\underline{v \cdot t \cdot S}$, přičemž n je koncentrace elektronů v kabele

$$\underline{I} = \frac{v \cdot t \cdot S \cdot n \cdot (-e)}{t} = \underline{v \cdot S \cdot n \cdot (-e)}$$

Proudová hustota popsaná pomocí mikroskopických veličin je pak

$$\underline{j} = \frac{\underline{I}}{S} = \underline{v \cdot n \cdot (-e)}$$

2) popis pomocí makroskopických veličin

Průd $I = \frac{U}{R}$, kde $R = \rho_{el.} \cdot \frac{L}{S}$.

Pak lze psát

$$I = \frac{U \cdot S}{\rho_{el.} \cdot L}$$

Průdová hustota vyjádřená pomocí makroskopických veličin je

$$j = \frac{I}{S} = \frac{U}{\rho_{el.} \cdot L}$$

Průd, resp. průdová hustota, vyjádřené pomocí mikroskopických a makroskopických veličin se musí rovnat, respektive:

$$I_{\text{mikroskopické veličiny}} = I_{\text{makroskopické veličiny}}$$

$$j_{\text{mikroskopické veličiny}} = j_{\text{makroskopické veličiny}}$$

$$n \cdot n \cdot e = \frac{U}{\rho_{el.} \cdot L}$$

(Znaménko - již nepíše, respektive vyjadřuje pouze směr proudu.)

$$n = \frac{U}{\rho_{el.} \cdot L \cdot n \cdot e}$$

Nyní musíme určit koncentraci elektronů n .

Předpokládejme, že vzhledem k umístění Al v periodické tabulce prvků, připadají na 1 atom Al tři volné elektrony.

Koncentrace elektronů je pak

$$n = \frac{N}{V} \cdot 3$$

kde N je počet atomů Al v objemu V .

Látkové množství γ atomů Al je

$$\gamma = \frac{N}{N_A} = \frac{M}{M_{\text{mol}}}$$

kde M je hmotnost atomů Al o látkovém množství M_{mol} .

Lze psát

$$M_{\text{mol}} = A_r \times 10^{-3} \text{ (kg} \cdot \text{mol}^{-1}\text{)}$$

kde A_r je relativní atomová hmotnost Al. Lze vyjádřit

vztah pro N

$$N = \frac{M \cdot N_A}{M_{\text{mol}}} = \frac{M \cdot N_A}{A_r \cdot 10^{-3}}$$

Pro koncentraci n pak platí

$$\left[n = \frac{N}{V} \cdot 3 = \frac{M \cdot N_A}{V \cdot A_r \cdot 10^{-3}} \cdot 3 = \rho_{\text{hm.}} \cdot \frac{N_A}{A_r \cdot 10^{-3}} \cdot 3 \right]$$

Po dosazení n do v lze psát střední unášivou
rychlost elektronů v kabelu

$$v = \frac{U \cdot A_r \cdot 10^{-3}}{\rho_{el} \cdot L \cdot e \cdot \rho_{hm} \cdot N_A \cdot 3}$$

Po dosazení číselných hodnot veličin a konstant se dostává

$$v = \frac{24 \cdot 0,027}{2,45 \times 10^{-8} \cdot 6 \times 10^3 \cdot 1,602 \times 10^{-19} \cdot 2700 \cdot 6,022 \times 10^{23} \cdot 3}$$

$$v = 5,64 \times 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

což je střední unášivá rychlost elektronů v kabelu.

B vypočet doby, za kterou se dostane elektron z jednoho konce
kabelu na druhý

Doba přechodu elektronu je

$$\tau = \frac{L}{v}$$

neboli po dosazení číselných hodnot

$$\tau = \frac{6 \times 10^3}{5,64 \times 10^{-6}} = 1,06 \times 10^9 \text{ s} = (365 \text{ dní / rok}) \\ \approx 33,6 \text{ roku}$$

Elektron se dostane z jednoho konce kabelu na druhý za
přibližně 33,6 roku.

③ jak je možné, že lze telefonovat

Telefonování je možné, neboť informace se nepřenášejí
přenosem náboje, ale přenosem změn v elektrickém poli.

Tyto změny v elektrickém poli se šíří rychlostí světla
v materiálu kabelu.