

Venik elektrického proudu

• elektrický proud jako děj

- uspořádaný pohyb volných částic s nabojem se nazývá elektrický proud
- může se jednat o uspořádaný pohyb elektronů, ale také kladných a záporných iontů
- kladné ionty se pohybují ve směru intenzity elektrického pole
- volné elektrony a záporné ionty směrem opačným
- na směr proudu se podle druhdy považuje směr uspořádaného pohybu částic s kladným nábojem

→ v jednoduchém obvodu = směr od $\oplus \rightarrow \ominus$

• elektrický proud jako veličina - I

- procházi-li náboj průvodem vodice rovněž, je elektrický proud I určen podílem celkového náboje Q , který projde průvodem vodice, a příslušné doby t

$$I = \frac{Q}{t} \quad [I] = A = \text{Amfer} \quad \rightarrow \text{stojnosměrný proud}$$

- celkový náboj Q je určen součtem nábojů kladných částic, které se pohybují ve směru intenzity elektrického pole, a absolutní hodnoty nábojů záporných částic, které se pohybují opačným směrem

$$Q = I \cdot t$$

$$[Q] = C = A \cdot s = \text{Amferskunda}$$

- elektrický proud nemůžeme, ale pozorovat jeho účinky
 - rozsvítí se žárovka, galvanické počítadlo...
 - elektrický proud měříme ampermétem

- Elektrický zdroj - stejnosměrného napětí
- trvalý el. pramen je podmíněn udržováním stálého rozdílu elektrických potenciálů mezi svorkami zdroje
= svorkové napětí
- meri \oplus a \ominus polohu vnitřního zdroje i ve vnejší části obvodu vzniká elektrické pole, jehož silničky směřují od kladného pole k zápornému
- vnejší část obvodu
 - volné částice s kladným nábojem se pohybují ve směru působení elektrostatických sil $\rightarrow \vec{F}_e$
 - Tyto síly konají práci, částice s nábojem ztrácejí elektrickou potenciální energii
→ přemisťuje se na jiné formy energie
(vodit se zahřívá, elektromotor koná práci...)
 - práce vykonaná elektrostatickými silami ve vnejší části obvodu při přenesení náboje Q
- $W = Q \cdot U$ - svorkové napětí
- vnitřní zdroje
 - volné částice s kladným nábojem se pohybují proti směru působení elektrostatických sil \vec{F}_e
 $F_m > \vec{F}_e$
→ pohyb ve směru neelektrostatických sil $\rightarrow \vec{F}_m$
→ jiný než elektrostatický původ
 - E_{pe} částic roste na úkor jiné formy energie uvolňované ve zdroji nebo přiváděním závěrka
 - neelektrostatické síly při přenesení náboje Q vnitřní zdroje vykonají práci $W_z \rightarrow W_z = U_e \cdot Q$

- vztah $U_e = \frac{W_z}{Q} = \text{elektromotorické napětí} = U_e$ → konstanta pro daný zdroj
(napětí meri svorkami vnitřní zdroje)

→ že svorkám zdroje není připojen spotřebič

→ obvodem neprocházejí elektrický proud

→ elektrostatické a neelektrostatické sily jsou v rozváře

→ svorkové napětí U_0 rezonančního zdroje je rovno elektromotorickému napětí U_e

→ že svorkám zdroje je připojen spotřebič

→ připojením spotřebiče se zmenší náboj na polohách

→ formu se rozvážka měri F_e a F_m

⇒ stálí rozdíl el. potenciální a stálý proud

$$W_z > W$$

$$U_e \cdot Q > U \cdot Q$$

$$U_e > U$$

→ příklady zdrojů

• galvanické čláinky → ve zdroji se uvažuje energie uvolněná při chem. reakci kovových elektrod s elektrolyzem = rodina δ

• fotovoltaický zdroj → fotočísel

→ uvažuje energie světla dopadajícího na desku fotovoltaické

→ Capacita akumulační

= elektrický náboj Q , který může během používání
 $1C = 1A \cdot s$ vykonat na akumulátoru

$$\rightarrow 1A \cdot h = 3600 A \cdot s = 3600 C$$

↳ jazyk proud by ten zdroj byl schopen dodávat
pro dobu 1 hodiny

→ Elektrický proud v kovových vodičích

→ Ohmův zákon - pro část obvodu

→ proud procházející kovovým vodičem stálého rozlohy
je přímo úměrný napětí na koncích vodiče

$$\rightarrow I \sim U$$

→ elektrický odpor - R = resistance

$$R = \frac{U}{I} \quad [R] = VA^{-1} = \Omega = \text{Ohm}$$

→ vodičost - G

$$G = \frac{1}{R} \quad [G] = AV^{-1} = S = \text{Siemens}$$

→ měrný elektrický odpor - ρ = resistivita

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

↳ materiálová konstanta → tabulky

$$[S] = \Omega \cdot m$$

→ S = obsah půčného řen vodiče

→ l = délka vodiče

→ závislost odporu na teplotě → S roste s T

$$\begin{array}{l} \cdot \text{při } t_1 \rightarrow R_1 \\ \cdot \text{při } t \rightarrow R \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \underline{R = R_1(1 + \alpha \Delta t)}$$

$$\rightarrow \Delta t = t - t_1$$

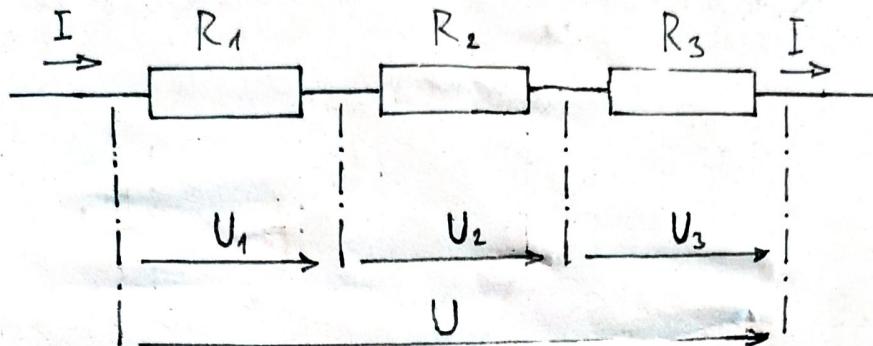
→ teplotní součinitel elektrického odporu - α

→ materiálová konstanta → Nabulle

$$\rightarrow \underline{\alpha = K^{-1}}$$

→ Spojování rezistorů

- rezistor = součástka v el. obvodu se stálým el. odporem
- reostat, potenciometr - součástky s měnielným el. odporem.
- sériové zapojení rezistorů



$$\bullet \underline{I = I_1 = I_2 = I_3}$$

$$\bullet \underline{U = U_1 + U_2 + U_3}$$

$$\bullet U = I \cdot R$$

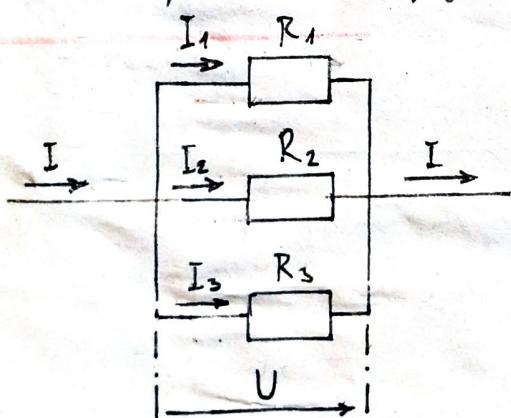
$$U = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 \quad \left. \right\} \underline{R = R_1 + R_2 + R_3}$$

$$U = I (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$\bullet \begin{cases} U_1 = I \cdot R_1 \\ U_2 = I \cdot R_2 \\ U_3 = I \cdot R_3 \end{cases} \rightarrow \begin{array}{l} \text{větší el. odpor na rezistoru} \\ \Rightarrow \text{větší napětí na ním} \end{array}$$

$$\underline{U_1 : U_2 : U_3 = R_1 : R_2 : R_3}$$

→ paralelní zapojení rezistorů



$$\bullet \underline{U = U_1 = U_2 = U_3}$$

$$\bullet \underline{I = I_1 + I_2 + I_3}$$

$$\bullet I = \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

$$\rightarrow \underline{\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$\bullet \underline{I_1 = \frac{U}{R_1}}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{U}{R_3}$$

$$\left. \begin{array}{l} I_1 = \frac{U}{R_1} \\ I_2 = \frac{U}{R_2} \\ I_3 = \frac{U}{R_3} \end{array} \right\} \underline{I_1 : I_2 : I_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3}}$$

$$\bullet I_1 : I_2 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_1} \cdot \frac{R_2}{1}$$

$$\Rightarrow \underline{I_1 : I_2 = R_2 : R_1}$$

→ Ohmův zákon pro uzavřený obvod

→ potenciometr

- rezistor s měnitelným odporem

- pohyblič' kontakt = jízdec

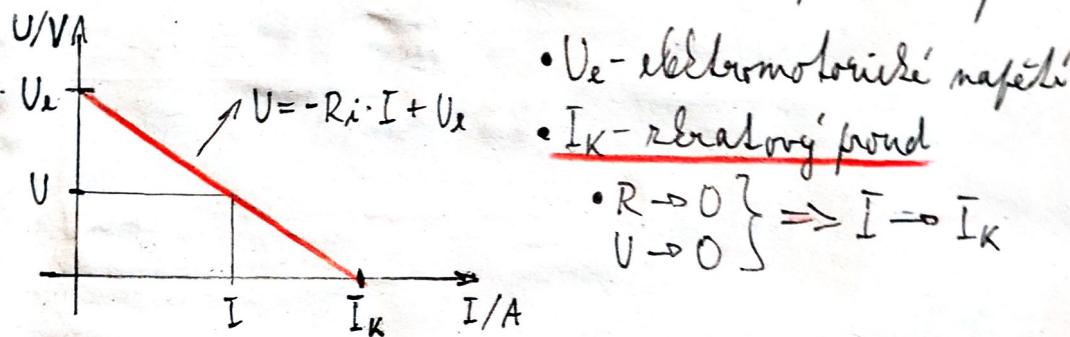
→ měním délky vodiče zapojeného v potenciometru

• $R \sim l \Rightarrow$ změna odporu

- měním R pomočí potenciometru

→ racionální charakteristika zdroje

- graf závislosti svorkového napětí na proudu



- vnitřní odpor zdroje - R_i

$$U_e - U = I \cdot R_i$$

→ vlastnost zdroje
→ konstanta

↳ $U = I \cdot R$ - vnější část obvodu

$$U_e = I \cdot R_i + I \cdot R$$

$$U_e = I (R_i + R)$$

$$I_K = \frac{U_e}{R_i}$$

$$\leftarrow I = \frac{U_e}{R_i + R}$$

→ ideální zdroj \approx reálný zdroj
+ rezistor R_i

→ formér elektromotorického napětí zdroje a svorkového odporu obvodu je roven proudu, kterým obvodem prochází

→ úbytek napětí na vnitřním odporu zdroje

$$I \cdot R_i = U_e - U$$

→ tím něžší $I \rightarrow$ tím více se liší svorkové napětí a U_e

→ Elektrická práce a výkon v obvodu stejnosměrného proudu

• vnitřní část obvodu

• $W = Q \cdot U$ - srolové napięcie

cellový náboj, který za čas t přenesly el. sily

$$\rightarrow I = \frac{Q}{t} \Rightarrow W = U \cdot I \cdot t$$

$$\rightarrow I = \frac{U}{R} \Rightarrow W = I \cdot \frac{U^2}{R}$$

$$W = I^2 \cdot R \cdot t$$

• Jaulovo teplo - Q_J

→ při průchodu proudu se zvětšuje vnitřní el. vodivost
⇒ uvolňování tepla Q_J do okolí

→ jestliže v obvodu nedochází k přeměně
el. energie na jinou - mechanickou, chemickou

$$\Rightarrow \text{fak. } Q_J = W = U \cdot I \cdot t$$

• $P = \frac{W}{t}$ → $P = U \cdot I$ → příkon pro spotřebitele

$$\rightarrow P = \frac{U^2}{R}$$
$$\rightarrow P = I^2 \cdot R$$
$$[P] = W = \text{Watt}$$

• vnitřní zdroje

• $W_Z = Q \cdot U_e$ ⇒ $W_Z = U_e \cdot I \cdot t$

• $P_Z = \frac{W_Z}{t}$ ⇒ $P_Z = U_e \cdot I$ → příkon pro vnitřní část obvodu

• $\eta = \frac{P}{P_0} = \frac{W/t}{W_Z/t}$ ⇒ $\eta = \frac{W}{W_Z}$

$$= \frac{U \cdot I}{U_e \cdot I} \Rightarrow \eta = \frac{U}{U_e}$$

} účinnost obvodu

$$\hookrightarrow \frac{R \cdot I^2}{(R+R_i) \cdot I^2} \Rightarrow \eta = \frac{R}{R+R_i}$$

Kirchhoffovy zákon

- elektrické sítě → uzel = spojení alespoň 3 vodičů
- vršek = spojení 2 sousedních vrchů
- smyčka = část elektrické sítě

- I. K. Zákon - pro uzel

$$\sum_{k=1}^m I_k = 0 \rightarrow \text{algebraicky součet proudu v uzel je roven 0}$$

- proudy vstupující do vrcholu → \oplus
- proudy vystupující z vrcholu → \ominus

- (smer proudu v určeném obrode je $\oplus \rightarrow \ominus$)

- II. K. Zákon - pro smyčku - ZZE pro el. obrody

$$\sum_{k=1}^m R_k \cdot I_k = \sum_{j=1}^m U_{ej} \rightarrow \text{součet napětí na zdrojích je roven součtu napětí na spotřebičích (rezistorech)}$$

$$\sum_{k=1}^m U_k = 0$$

všechna napětí

→ nejdřív veším orientaci smyčky - libovolně

→ smer rezistoru = smer el. proudu, který jím prochází

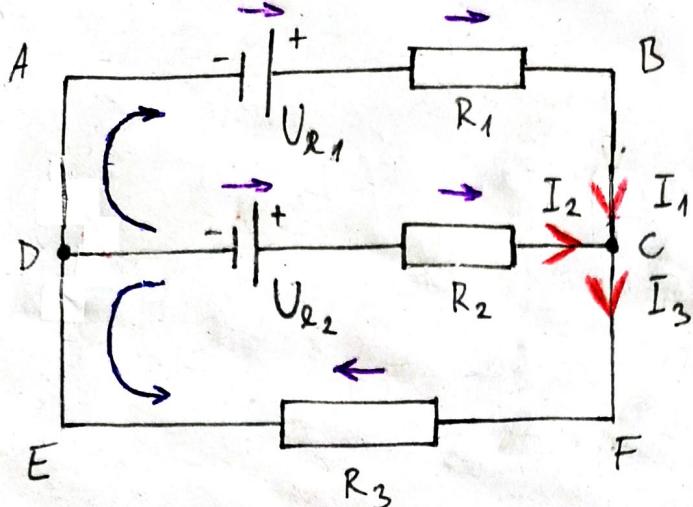
→ smer ráže = smer neelektrických sil = $\ominus \rightarrow \oplus$

→ znaménka jednoslavných pravů veším podle toho, kda mají stejnou orientaci (smer) jako smyčka

→ mají $\rightarrow \oplus$

→ nemají $\rightarrow \ominus$

→ příklad → směry proudu nemáme určit správně



→ ⊕ ne výsledka

$$U_{e_1} = 6V$$

$$U_{e_2} = 4,5V$$

$$R_1 = 0,5\Omega$$

$$R_2 = 1,5\Omega$$

$$R_3 = 10\Omega$$

$$\underline{I_1, I_2, I_3 = ?}$$

→ uzel C

$$\rightarrow \text{I.K.Z: } I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

→ smyčka ABCD

$$\rightarrow \text{II.K.Z: } R_1 \cdot I_1 - R_2 \cdot I_2 = U_{e_1} - U_{e_2}$$

→ smyčka CDEF

$$\rightarrow \text{II.K.Z: } -R_2 \cdot I_2 - R_3 \cdot I_3 = -U_{e_2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ R_1 \cdot I_1 - R_2 \cdot I_2 = U_{e_1} - U_{e_2} \\ R_2 \cdot I_2 + R_3 \cdot I_3 = U_{e_2} \end{cases} \quad \left. \begin{array}{l} a + b - c = 0 \rightarrow c = a + b \\ \frac{1}{2}a - \frac{3}{2}b = \frac{3}{2} \rightarrow a = 3 + 3b \\ \frac{3}{2}b + 10c = \frac{9}{2} \end{array} \right.$$

$$\rightarrow \text{Sub: } I_1 = a \wedge I_2 = b \wedge I_3 = c$$

$$\rightarrow 3b + 20a + 20b = 9$$

$$23b + 60 + 60a = 9$$

$$83b = -51$$

$$\underline{b = -\frac{51}{83}}$$

$$\underline{a = 3 + 3b}$$

$$a = 3 - \frac{153}{83}$$

$$\underline{a = \frac{96}{83}}$$

$$\underline{c = a + b}$$

$$c = \frac{96 - 51}{83}$$

$$\underline{c = \frac{45}{83}}$$

$$\Rightarrow \underline{I_1 = 1,2A} \quad \wedge \quad \underline{I_2 = -0,6A} \quad \wedge \quad \underline{I_3 = 0,5A}$$

↳ ⊕ ⇒ skutečný směr proudu I_2
je opačný než směr mnoho
zvolený (určený)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

1) Kovovým vodičem protéká stejnosměrný proud 375 mA . ($e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$). Vypočítejte:

a) elektrický náboj, který projde průřezem vodiče za tři a půl minuty,

b) dobu, za kterou projde průřezem vodiče náboj 18 C ,

c) počet volných elektronů, které projdou průřezem vodiče za $2 \mu\text{s}$,

d) dobu, za kterou projde průřezem vodiče $7\,500\,000\,000$ volných elektronů.

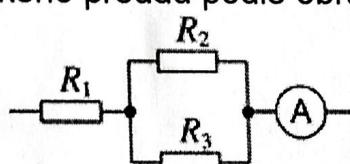
$$(a) Q = I \cdot t = 78,75 \text{ C}; b) t = \frac{Q}{I} = 48 \text{ s}; c) N = \frac{I \cdot t}{e} = 4,68 \cdot 10^{12}; d) t = \frac{N \cdot e}{I} = 3,204 \text{ ns})$$

2) Při měření VA charakteristiky žárovky bylo zjištěno, že při napětí mezi svorkami žárovky 12 V je hodnota elektrického odporu žárovky 16Ω a teplota vlákna žárovky 1220°C .

Vypočítejte výkon elektrického proudu při tomto měření, velikost elektrického proudu procházejícího žárovkou a teplotní součinitel elektrického odporu materiálu vlákna žárovky, je-li při teplotě 20°C odpor vlákna $2,5 \Omega$.

$$(P = \frac{U^2}{R} = 9 \text{ W}; I = \frac{U}{R} = 0,75 \text{ A} (= 750 \text{ mA}); \alpha = \frac{R - R_0}{R_0 \cdot (t - t_0)} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1})$$

3) Ampérmetr a rezistory o odporech $R_1 = 40 \Omega$, $R_2 = 100 \Omega$ a $R_3 = 150 \Omega$ byly zapojeny do obvodu stejnosměrného elektrického proudu podle obrázku:



Elektrický proud změřený ampérmetrem byl 75 mA . Vypočítejte celkový odpor soustavy rezistorů, napětí na jednotlivých rezistorech, elektrický proud procházející jednotlivými rezistory a výkon elektrického proudu procházejícího soustavou rezistorů.

$$(R_c = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 100 \Omega; U_1 = R_1 \cdot I = 3 \text{ V}; U_2 = U_3 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} \cdot I = 4,5 \text{ V}; I_1 = I = 0,075 \text{ A} (= 75 \text{ mA}); I_2 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \cdot I = 0,045 \text{ A} (= 45 \text{ mA}); I_3 = \frac{R_2}{R_2 + R_3} \cdot I = 0,03 \text{ A} (= 30 \text{ mA}); P = \left(R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} \right) \cdot I^2 = 0,5625 \text{ W} (= 562,5 \text{ mW}))$$

4) Na svorkách zdroje, ke kterému je připojena žárovka o příkonu 8 W , je napětí 12 V . Elektromotorické napětí zdroje je $12,2 \text{ V}$. Vypočítejte proud procházející žárovkou, odpor žárovky a vnitřní odpor zdroje.

$$(I = \frac{P}{U} = \frac{2}{3} \text{ A} \doteq 667 \text{ mA}; R = \frac{U^2}{P} = 18 \Omega; R_t = U \cdot \frac{U_e - U}{P} = 0,3 \Omega)$$

5) Žárovka v obrysovém světle automobilu při napětí 12 V odebírá výkon elektrického proudu 6 W . Určete:

a) elektrický odpor svítící žárovky,

b) teplotu vlákna žárovky, když při teplotě 20°C má nerozsvícená žárovka elektrický odpor 3Ω a teplotní součinitel elektrického odporu materiálu vlákna žárovky je $4 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

6) Vypočítej elektrický odpor mezi konci železné tyče průměru 1 cm , je-li její hmotnost 1 kg .

$$(\rho_{Fe} = 8,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}, \rho = 7,6 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3})$$

ELEKTRICKÝ PROUDEK, EL. OBVOD

$$\textcircled{1} \quad I = 375 \text{ mA}$$

$$a) \quad I = \frac{Q}{t} \Rightarrow Q = I \cdot t = 0,375 \cdot 210 \text{ C} = \underline{\underline{78,75 \text{ C}}}$$

$$a) \quad A = 210 \Delta \Rightarrow Q = ?$$

$$b) \quad C = 18 \text{ C} \Rightarrow A = ?$$

$$c) \quad A = 2 \mu\Delta \Rightarrow N = ?$$

$$d) \quad N = 7,5 \cdot 10^9 \Rightarrow A = ?$$

$$b) \quad A = \frac{Q}{I} = \frac{18}{0,375} \text{ A} = \underline{\underline{48 \text{ A}}}$$

$$c) \quad Q = N \cdot e = I \cdot t \Rightarrow N = \frac{I \cdot t}{e}$$

$$N = \frac{0,375 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{1,602 \cdot 10^{-19}} \approx \underline{\underline{4,68 \cdot 10^{12}}}$$

$$d) \quad A = \frac{N \cdot e}{I} = \frac{7,5 \cdot 10^9 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}}{375 \cdot 10^{-3}} \text{ A} = \frac{7,5 \cdot 1,602}{375 \cdot 10^7} \text{ A} \approx \underline{\underline{3,2 \cdot 10^{-9} \text{ A}}} = \underline{\underline{3,2 \text{ nA}}}$$

$$\textcircled{2} \quad U = 12 \text{ V}$$

$$R = 16 \Omega$$

$$A = 1220^\circ \text{C}$$

$$P, I = ?$$

$$U = R \cdot I \Rightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{12}{16} \text{ A} = \underline{\underline{0,75 \text{ A}}}$$

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = \frac{12 \cdot 12}{16} \text{ W} = \underline{\underline{9 \text{ W}}}$$

$$\bullet A_0 = 20^\circ \text{C}, R_0 = 2,5 \Omega \Rightarrow \alpha = ?$$

$$R = R_0(1 + \alpha \Delta A) = R_0 + \alpha \cdot R_0 \Delta A$$

$$\alpha = \frac{R - R_0}{R_0 \Delta A} = \frac{16 - 2,5}{2,5 \cdot (1220 - 20)} \text{ K}^{-1} = \frac{13,5}{2,5 \cdot 1200} \text{ K}^{-1} = \underline{\underline{4,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}}}$$

$$\textcircled{3} \quad R_1 = 40 \Omega$$

$$R_2 = 100 \Omega$$

$$R_3 = 150 \Omega$$

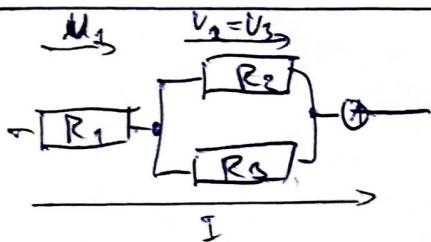
$$I = 75 \text{ mA}$$

$$R = R_1 + \left(\frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \right) = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R = 40 + \frac{100 \cdot 150}{100 + 150} \Omega = 40 + \frac{15 \cdot 10^3}{250} \Omega = \underline{\underline{100 \Omega}}$$

$$R_1, U_1, U_2, U_3, I_1, I_2, I_3, P = ?$$

$$P = U I = R \cdot I^2 = 100 (75 \cdot 10^{-3})^2 = \underline{\underline{0,5625 \text{ W}}}$$



$$\bullet \quad I_1 = I = \underline{\underline{75 \text{ mA}}} \Rightarrow U_1 = R_1 I_1 = \underline{\underline{3 \text{ V}}}$$

$$\bullet \quad U_2 = U_3 = R_{23} \cdot I = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} I = \underline{\underline{4,5 \text{ V}}}$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{4,5}{100} \text{ A} = \underline{\underline{45 \text{ mA}}}$$

$$\Rightarrow I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{4,5}{150} \text{ A} = \underline{\underline{30 \text{ mA}}}$$

④ $P = 8W \rightarrow$ príkon sputieracie = nýlon obrovský
 $V = 12V \quad$ príkon obrovský = nýlon rebrige

$$\frac{U_e = 12,2V}{I, R, R_i = ?}$$

$$P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{8}{12} A = \underline{\underline{0,67 A}}$$

$$U = R \cdot I \Rightarrow R = \frac{U}{I} = U \cdot \frac{U}{P} = \frac{U^2}{P} = \frac{12 \cdot 12}{8} \Omega = 36 \Omega = \underline{\underline{36 \Omega}}$$

$$U_e = (R + R_i) I$$

$$\frac{U_e}{I} = R + R_i \Rightarrow R_i = \frac{U_e}{I} - R = \frac{U_e \cdot U}{P} - \frac{U^2}{P} = \frac{U(U_e - U)}{P} = \frac{12 \cdot 0,2}{8} \Omega = \underline{\underline{0,3 \Omega}}$$

⑤ $U = 12V \quad a) \underline{R = ?} : P = VI = U \cdot \frac{U}{R} \Rightarrow R = \frac{U^2}{P} = \frac{12 \cdot 12}{6} \Omega = \underline{\underline{24 \Omega}}$

b) $A_0 = 20^\circ, R_0 = 3\Omega, \alpha = 4 \cdot 10^{-3} K^{-1} \rightarrow A = ?$

$$R = R_0 (1 + \alpha \Delta A) \Rightarrow \frac{R}{R_0} = 1 + \alpha (A - A_0) = 1 + \alpha A - \alpha A_0$$

$$\Rightarrow \frac{R}{R_0} - 1 + \alpha A_0 = \alpha A \Rightarrow A = \frac{R - R_0}{R_0 \alpha} + A_0$$

$$\Rightarrow A = \frac{24 - 3}{3 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} + 20^\circ C = \frac{4 \cdot 10^3}{4} + 20^\circ C = \underline{\underline{1770^\circ C}}$$

⑥ $d = 1cm = 10^{-2} m$ resistivita
 $m = 1kg$
 $\rho_{Fe} = 8,7 \cdot 10^{-8} \Omega m$
 $\rho = 7,6 \cdot 10^3 kg m^{-3}$
 $R = ?$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

$$R = \rho \frac{1}{S} \cdot \frac{1}{S} \cdot \frac{m}{S}$$

$$R = \rho_{Fe} \cdot \frac{m}{S} \cdot \frac{16}{\pi^2 d^4}$$

$$R = \frac{8,7 \cdot 10^{-8} \cdot 16}{7,6 \cdot 10^3 \cdot \pi^2 \cdot 10^{-8}} \Omega = \frac{8,7 \cdot 16}{7,6 \cdot \pi^2 \cdot 10^3} \Omega = \underline{\underline{1,85 m \Omega}}$$

†

$$S = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$S \cdot l = V \Rightarrow l = \frac{V}{S}$$

$$S = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{S}$$