

ELEKTROTECHNICKÝ TAHÁK - 1

STEJNOSMĚRNÝ PROUD

1) ZÁKLADNÍ VELIČINY A JEDNOTKY

veličina	značka	základní jednotka	jednotky používané v technické praxi
elektrické napětí	U	[V] volt	MV, kV, V, mV, μ V
elektrický proud	I	[A] ampér	kA, A, mA, μ A
elektrický odpor	R	[Ω] ohm	M Ω , k Ω , Ω , m Ω
elektrická vodivost	G	[S] siemens	S, mS
měrný odpor	ρ	[Ω m] ohm·metr ^{*1)}	Ω /m/mm ² ^{*2)}
měrná vodivost	γ	[1/ Ω m]	
proudová hustota	j (σ)	[A/m ²] ampér na metr čtverečný	A/mm ²
náboj ^{*3)}	Q	[C] coulomb	Ah, mAh, As, mAs
kapacita	C	[F] farad	μ F, nF, pF (F, mF) ^{*4)}
elektrický výkon	P	[W] watt	MW, kW, W, mW
elektrická práce	E, W	[Ws] wattsekunda (joule)	MWh, kWh, Wh, Ws

Poznámky:

*1) v praxi nepoužitelná jednotka vyjadřuje odpor vodiče o délce 1 m a průřezu 1 m².

*2) jednotka **ohm na metr na milimetr čtverečný** (správný fyzikální rozměr je Ω /mm²/m) používaná v technické praxi vyjadřuje odpor vodiče o délce 1 m a průřezu 1 mm².

*3) u elektrochemických zdrojů se v technické praxi používá termín **kapacita** (kapacita akumulátoru) se základní jednotkou **1 Ah** (ampérhodina).

*4) jednotky farad a milifarad se používají jen výjimečně, zpravidla u velkých filtračních kondenzátorů napájecích zdrojů a palubních sítí.

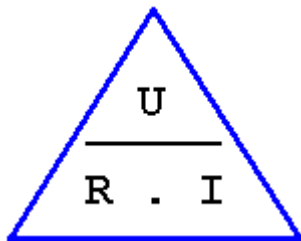
2) ZÁKLADNÍ ZÁKONY ELEKTROTECHNIKY

Ohmův zákon:

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

Poznámka:

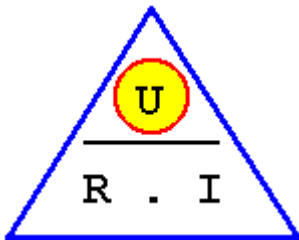
Na základních školách se jako pomůcka používá tzv. "Ohmův trojúhelník"



Umožňuje snadné určení postupu výpočtu jedné veličiny, pokud známe dvě zbývající.

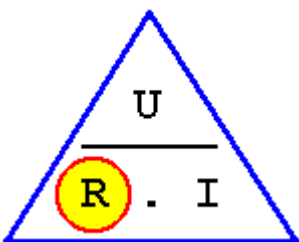
Použití:

Zakryjeme veličinu kterou hledáme a zbylé dvě se objeví ve správném vzorci.



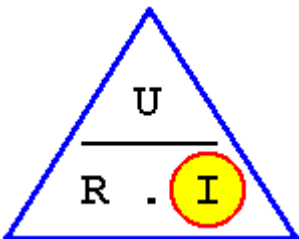
Výpočet napětí U z odporu R a proudu I:

$$U = R \cdot I$$



Výpočet odporu R z napětí U a proudu I:

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



Výpočet proudu I z napětí U a odporu R:

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

První Kirchhoffův zákon:

$$\sum_i I_i = 0$$

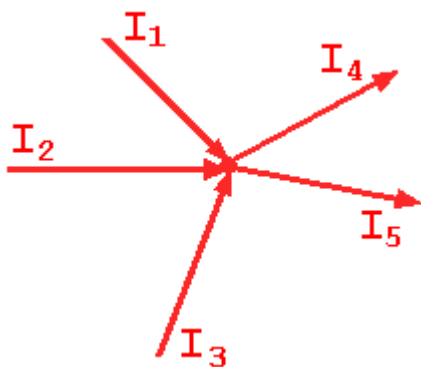
Součet proudů v uzlu elektrického obvodu je vždy nulový.

$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_{n-1} + I_n = 0$$

Poznámka:

Definice používaná na základních školách říká:

Součet proudů, které vstupují do uzlu elektrického obvodu je roven součtu proudů, které z tohoto uzlu vycházejí.



$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

po matematické úpravě

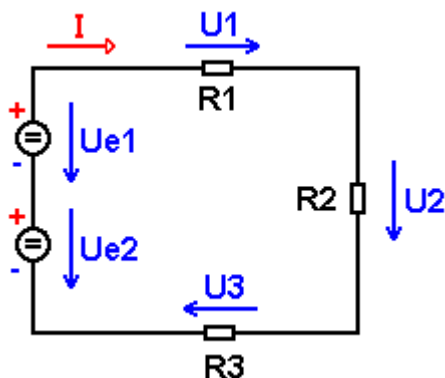
$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

Proudy vstupující do uzlu uvažujeme jako kladné, proudy, které z uzlu vycházejí, uvažujeme jako záporné.

Druhý Kirchhoffův zákon:

$$\sum_i U_i = 0$$

Součet napětí v uzavřené smyčce elektrického obvodu je vždy nulový.



Poznámka:

1. Vektory úbytků napětí na rezistorech jsou vždy ve směru procházejícího proudu.
2. Vektory napětí zdrojů směřují vždy od kladného pólu k zápornému.

$$\bar{U}_{e1} + \bar{U}_{e2} + \bar{U}_1 + \bar{U}_2 + \bar{U}_3 = 0$$

při respektování směru vektorů vzhledem ke směru proudu

$$U_1 + U_2 + U_3 - U_{e1} - U_{e2} = 0$$

3) ZÁKLADNÍ VZTAHY PRO VÝPOČTY

napětí, proud, odpor (Ohmův zákon) $U = R \cdot I$ (3.1a)


$$I = \frac{U}{R} \quad (3.1b)$$

$$R = \frac{U}{I} \quad (3.1c)$$

odpor - vodivost $G = \frac{1}{R}$ (3.2a)

$$R = \frac{1}{G} \quad (3.2b)$$

odpor vodiče [Ω ; $\Omega/\text{m}/\text{mm}^2$, m, mm^2] *2) $R_v = \frac{\rho \cdot L}{S}$ (3.3)

odpor vedení (dva vodiče stejné délky) $R_v = \frac{2 \cdot \rho \cdot L}{S}$  (3.4)

Poznámka:

Typické hodnoty měrného odporu ρ pro nejpoužívanější vodiče:

měď $\rho_{\text{Cu}} = 0,018 \Omega/\text{m}/\text{mm}^2$

hliník $\rho_{\text{Al}} = 0,027 \Omega/\text{m}/\text{mm}^2$

proudová hustota [A/mm^2 ; A, mm^2] $j = \frac{I}{S}$ (3.5)

náboj (pro konstantní proud) $Q = I \cdot t$ (3.6a)

náboj (pro proměnný proud) $Q = \int_{t_1}^{t_2} I_{(t)} \cdot dt$ (3.6b)

elektrický výkon $P = U \cdot I$ (3.7a)


$$P = R \cdot I^2 \quad (3.7b)$$

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (3.7c)$$


elektrická práce (pro konstantní výkon) $E = P \cdot t = U \cdot I \cdot t$ (3.8a)

elektrická práce (pro proměnný výkon) $E = \int_{t_1}^{t_2} P_{(t)} \cdot dt$ (3.8b)

úbytek napětí na vodiči $[V; A, \Omega/m/mm^2, m, mm^2]^{*2}$ $U_v = I \cdot \frac{\rho \cdot L}{S}$ (3.9a)

úbytek napětí na vedení $[V; A, \Omega/m/mm^2, m, mm^2]^{*2}$ $U_v = 2 \cdot I \cdot \frac{\rho \cdot L}{S}$ (3.9b) 

ztrátový výkon na vodiči $[W; A, \Omega/m/mm^2, m, mm^2]^{*2}$ $P_v = I^2 \cdot \frac{\rho \cdot L}{S}$ (3.10a)

ztrátový výkon na vedení $[W; A, \Omega/m/mm^2, m, mm^2]^{*2}$ $P_v = 2 \cdot I^2 \cdot \frac{\rho \cdot L}{S}$ (3.10b) 

Poznámka:

^{*2)} jednotka **ohm na metr na milimetr čtverečný** (správný fyzikální rozměr je $\Omega/mm^2/m$) používaná v technické praxi vyjadřuje odpor vodiče o délce 1 m a průřezu 1 mm^2 .

Poznámka:

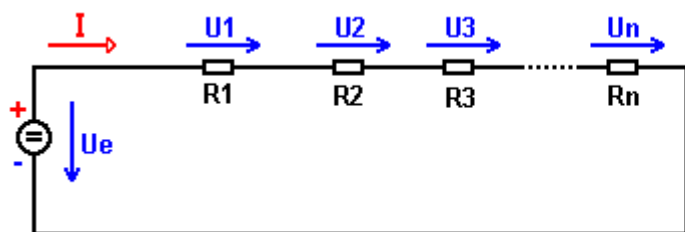
Při výpočtech v technických jednotkách lze s výhodou využít následující vztahy:

Ohmův zákon $1 \text{ k}\Omega \times 1 \text{ mA} = 1 \text{ V}, \quad 1 \text{ V} / 1 \text{ mA} = 1 \text{ k}\Omega, \quad 1 \text{ V} / 1 \text{ k}\Omega = 1 \text{ mA}$

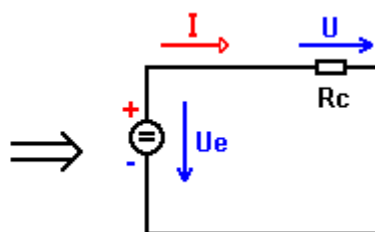
Elektrický výkon $1 \text{ V} \times 1 \text{ mA} = 1 \text{ mW}$

Elektrická práce $E = U \cdot I \cdot t / 1000 \quad [\text{kWh}; \text{V}, \text{A}, \text{hod}]$

4) SÉRIOVÉ ŘAZENÍ ODPORŮ



Obr. 4.1 - Sériové spojení odporů



Obr. 4.2 - Náhrada výsledným odporem

Proud I je podle 1. Kirchhoffova zákona v celém obvodu (obr. 4.1, 4.2) konstantní.

Podle 2. Kirchhoffova zákona platí:

$$U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n - U_e = 0 \quad (4.1)$$

$$U - U_e = 0 \quad (4.2)$$

po dosazení z Ohmova zákona

$$I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 + \dots + I \cdot R_n - U_e = 0 \quad (4.3)$$

$$I \cdot R_c - U_e = 0 \quad (4.4)$$

a úpravě

$$I \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) = U_e \quad (4.5)$$

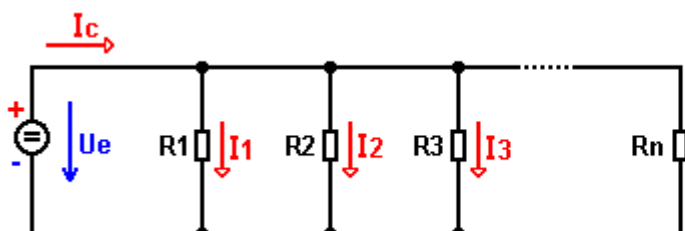
$$I \cdot R_c = U_e \quad (4.6)$$

porovnáním rovnic (4.5) a (4.6) a po zkrácení I

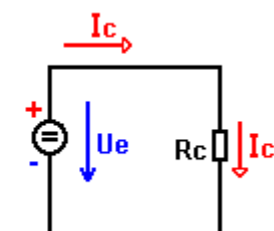
$$R_c = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (4.7)$$

$$R_c = \sum_{i=1}^n R_i \quad (4.8)$$

5) PARALELNÍ ŘAZENÍ ODPORŮ



Obr. 5.1 - Paralelní spojení odporů



Obr. 5.2 - Náhrada výsledným odporem

Napětí U_e je konstantní pro všechny odpory v obvodu (obr. 4.1, 4.2).

Podle 1. Kirchhoffova zákona platí:

$$I_c = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad (4.1)$$

po dosazení z Ohmova zákona

$$I_c = \frac{U_e}{R_1} + \frac{U_e}{R_2} + \frac{U_e}{R_3} + \dots + \frac{U_e}{R_n} \quad (4.2)$$

$$I_c = \frac{U_e}{R_c} \quad (4.3)$$

s využitím vztahu (3.2a)

$$I_c = U_e \cdot G_1 + U_e \cdot G_2 + U_e \cdot G_3 + \dots + U_e \cdot G_n \quad (4.4)$$

$$I_c = U_e \cdot G_c \quad (4.5)$$

a úpravě

$$I_c = U_e \cdot (G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n) \quad (4.6)$$

porovnáním rovnic (4.5) a (4.6) a po zkrácení U_e

$$G_c = G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n \quad (4.7)$$

$$G_c = \sum_{i=1}^n G_i \quad (4.8)$$

s využitím vztahu (3.2a) a (3.2b)

$$\frac{1}{R_c} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (4.9)$$

$$R_c = \frac{1}{\sum_{i=1}^n G_i} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}} \quad (4.10)$$

Poznámka:

Z rovnice (4.9) lze pro dva paralelně spojené odpory odvodit známý vztah

$$R_c = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (4.11)$$