



Výfučení: Elektřina a elektrické obvody

Elektrický proud a napětí

Elektrický proud bychom mohli jednoduše popsat jako rovnoměrný usměrněný pohyb částic nesoucích náboj ve vodiči. Odkud se ale takové částice vezmou a proč by se měly vůbec hýbat?

Existují materiály (vodiče), ve kterých jsou přítomny volné elektrony. Každý z těchto volných elektronů nese samostatný náboj, jehož velikost je přesně změřená, a to $e \doteq 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Kdyby ve vodiči existovalo elektrické pole, na každý elektron by začala působit elektrická síla, která by způsobila jejich usměrněný pohyb nějakým směrem. Takové pole ve vodiči můžeme úplně popsat pomocnou veličinou zvanou elektrický potenciál φ . Jestliže se hodnoty potenciálů na koncích vodiče liší, hovoříme o elektrickém napětí U , přičemž

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 [\text{V}].$$

Když takové napětí existuje mezi konci jakéhokoli vodiče, nastane nucený přesun volných elektronů z místa s vyšším potenciálem na místo s potenciálem nižším. Toto nazýváme elektrickým proudem, který nám doslova určuje, kolik náboje proteče přes průřez vodiče za jednotku času

$$I = \frac{Q}{t} [\text{A}].$$

Ještě si uvedme, že proud v obvodu měříme ampérmetrem, napětí mezi konci vodiče voltmetrem.

Ohmův zákon

Představme si takovýto pokus: Vodič upevníme mezi svorky a připojíme k regulovatelnému zdroji stejnosměrného napětí (tzn. takového, jehož napětí můžeme měnit). Napětí zdroje postupně zvětšujeme, přičemž měříme proud v obvodu a napětí na vodiči. Z naměřených hodnot zjistíme, že když zvyšujeme napětí, zvětšuje se také proud. Jinými slovy můžeme říct, že proud procházející vodičem je přímo úměrný napětí mezi konci vodiče (což je také formulace Ohmova zákona). Poměr obou veličin je konstantní

$$\frac{U}{I} = \text{konst.}$$

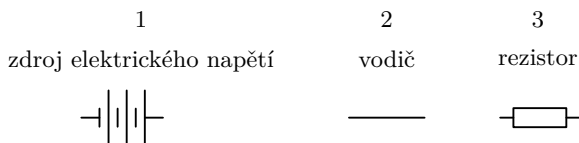
Nyní nám ještě zbývá určit, co je onou konstantou. Ukazuje se, že ji představuje tzv. elektrický odpor, který v podstatě ztěžuje plynulý pohyb elektronů. Je to fyzikální veličina, která charakterizuje každý vodič a každou elektrickou součástku. Její značka je R a jednotka ohm

$$[R] = \Omega.$$

Elektrické součástky

Ještě předtím, než přejdeme k samotným elektrickým obvodům, bychom se měli stručně zmínit o některých elektrických součástkách. Těch existuje velmi mnoho, my si však zatím vystačíme s těmito:

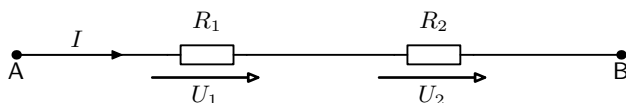
1. zdroj elektromotorického napětí U
2. ideální vodič (t.j. „bez odporu“, $R = 0 \Omega$)
3. rezistor (charakteristický pouze odporem R)



Základní zapojení rezistorů

Elektrické obvody se většinou skládají z více než jednoho rezistoru, a proto je potřeba znát pravidla, podle kterých se rozdělují napětí a proud na rezistorech ve složitějších obvodech.

1. Sériové zapojení

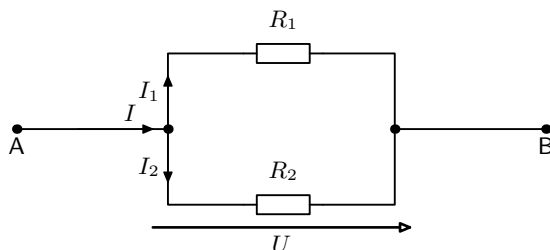


Obr. 1: sériové zapojení dvou rezistorů

V takovémto zapojení prochází celým obvodem stejný proud I (nemá kam jinam téci), ale napětí na každém rezistoru je různé. Odpor rezistoru, který by mohl nahradit všech n sériově zapojených rezistorů je proto

$$R_s = \frac{U_{\text{celk}}}{I} = \frac{U_1 + U_2 + \dots + U_n}{I} = \frac{IR_1 + IR_2 + \dots + IR_n}{I} = R_1 + R_2 + \dots + R_n.$$

2. Paralelní zapojení



Obr. 2: paralelní zapojení dvou rezistorů

V tomto případě nastává opačný efekt, než při sériovém zapojení. Napětí U je na každé větvi stejné¹, zato proud se dělí do všech větví v závislosti na odporu rezistoru v dané větvi. Platí tedy

$$U = I_1 R_1 = I_2 R_2 = \dots = I_n R_n,$$

¹Všechny větve začínají ve stejném uzlu, stejně tak v jiném (jednom) uzlu končí. Napětí v každé větvi je dáno rozdílem potenciálů uzlů. Jelikož je dvojice uzlů stejná pro každou větev, hodnota napětí je rovněž všude stejná.

příčemž pro součet jednotlivých proudů platí

$$I_1 + I_2 + \dots + I_n = I,$$

kde indexy 1, 2, ..., n označují číslo větve. Výsledný odpor paralelního zapojení n rezistorů je

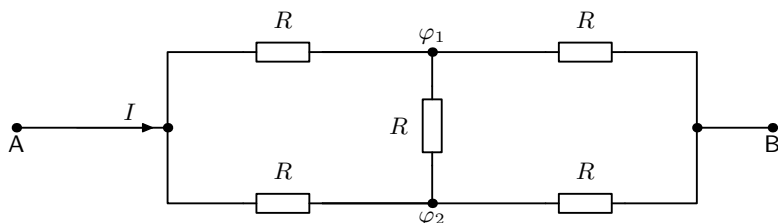
$$R_p = \frac{U}{I_1 + I_2 + \dots + I_n} = \frac{U}{\frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \dots + \frac{U}{R_n}}.$$

V učebnicích spíše naleznete snadněji zapamatovatelný tvar

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}.$$

Trik s potenciály

I přesto, co jsme si teď všechno řekli, existují obvody, které s pomocí výpočtů pro sériové a paralelní zapojení nelze vyřešit. Dobrým příkladem je takový obvod.



Obr. 3: Složitý obvod

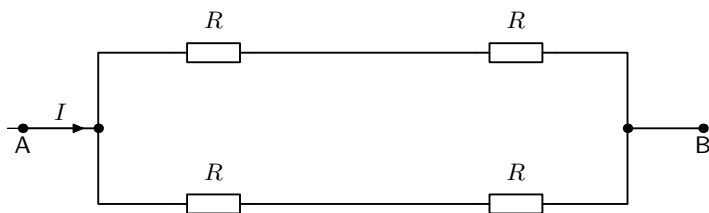
Vidíme, že v takovémto obvodu nelze určit, které rezistory jsou zapojené paralelně a které sériově, tudíž tudy cesta nevede. Připomeňme si ale úvodní text o potenciálech. Víme, že proud ve vodiči teče jenom tehdy, když existuje rozdíl potenciálů na jeho koncích. Proto když je na koncích vodiče potenciál stejně velký, takovým vodičem proud neprotéká. Tím pádem ho můžeme beztržně vyhodit z obvodu, aniž bychom něco v obvodu změnili.

Podívejme se na zvýrazněné uzly mezi trojicemi sousedních rezistorů na obrázku 4. Ty spojují konce vodičů, na kterých zřejmě existuje nějaký potenciál. Označme potenciály na uzlech jako φ_1 a φ_2 . Dále si všimněme, že tento obvod je symetrický podle horizontální osy.² To znamená, že potenciály na obou uzlech jsou stejné. Tím získáváme

$$\varphi_1 = \varphi_2,$$

Nulový rozdíl potenciálů mezi uzly znamená nulové napětí a proto mezi nimi neteče žádný proud. Tím pádem je tam takový vodič úplně zbytečný a můžeme ho bez výčitek svědomí odstranit. Obvod teď už vypadá o něco sympatičtěji.

²„Symetrický podle osy“ znamená přesně zrcadlově převrácený podle určité zvolené osy. Jednoduše řečeno, dolní část obvodu vypadá úplně stejně, jako horní převrácená.



Obr. 4: Sympatičtější obvod

Takovýto obvod je už lehký řešitelný. Vidíme tedy, že s pomocí triku s potenciály můžeme úplně jednoduše vyřešit i na první pohled komplikované obvody. Hodně štěstí ☺.

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported. Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.