

4.2.10 Dělení napětí a proudu v elektrických obvodech (cvičení)

Předpoklady: 4204, 4205, 4207, 4209

Pedagogická poznámka: Tato hodina nemá v klasické učebnici žádný ekvivalent. Osobně ji považuji za nutnou, studenti si jednak osvojí, jakým způsobem se napětí a proud v obvodech chovají a jednak si sami měřením ověří, že tyto odhady jsou správné. Už z tohoto vyplývá, že je nutné před vlastním měřením odhady provést a diskutovat o nich.

Pedagogická poznámka: Dále uvedené hodnoty nejsou nijak upravované, jde o výsledky měření jedno dvojice studentů (dvojice jejichž výsledky patřili mezi lepší). Jde o to, zda studenti chápou, že každé měření je zatíženo chybou a proto není reálné očekávat, že navrhovaná pravidla budou platit zcela přesně.

Pedagogická poznámka: V hodině je používána analogie elektrického proudu s prouděním vody. Tato analogie má své limity, ale přesto jsem přesvědčen, že hraje velmi důležitou kladnou roli. Díky ní si studenti mohou představit jinak abstraktní elektrické veličiny jako něco známého a dokáží činit správné předpovědi. Bylo by samozřejmě lepší, kdyby studenti dokázali uvažovat o elektrických veličinách přímo, zkušenosti ukazují, že to není reálné. Zdá se, že používání „vodní“ analogie není na závadu v tvorbě správných představ, nadanější studenti se bez problémů přenesou i přes její omezení.

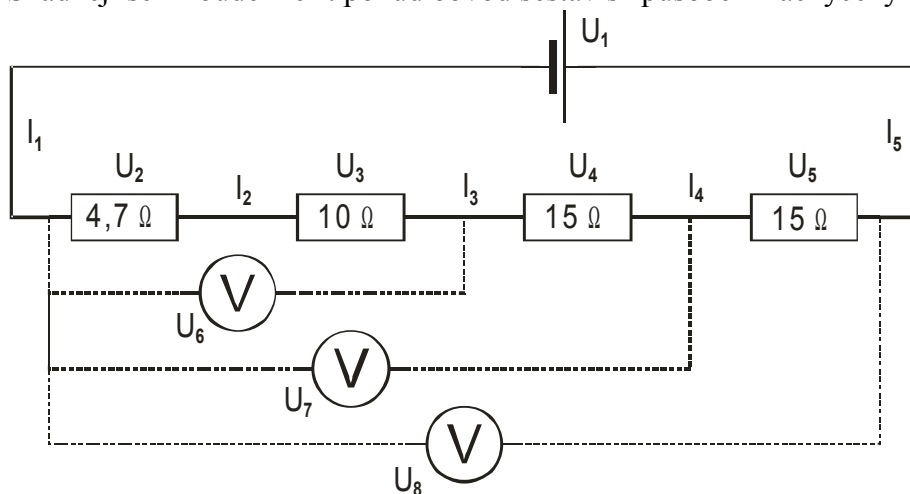
Sériový obvod

Př. 1: Na obrázku je nakreslen obvod se čtyřmi sériově zapojenými rezistory. Obvod je napájen z jedné ploché baterie.

a) Odhadni vztahy mezi vyznačenými proudy i napětími.

b) Obvod sestav, změř proud procházející baterií i všemi rezistory. Změř napětí na baterii i na všech součástkách. Změř napětí mezi místy s vyznačenými voltmetry.

Snadněji se Ti bude měřit pokud obvod sestavíš způsobem zachyceným na fotografii.



a) Odhady

Napětí = rozdíl energií na dvou místech \Rightarrow

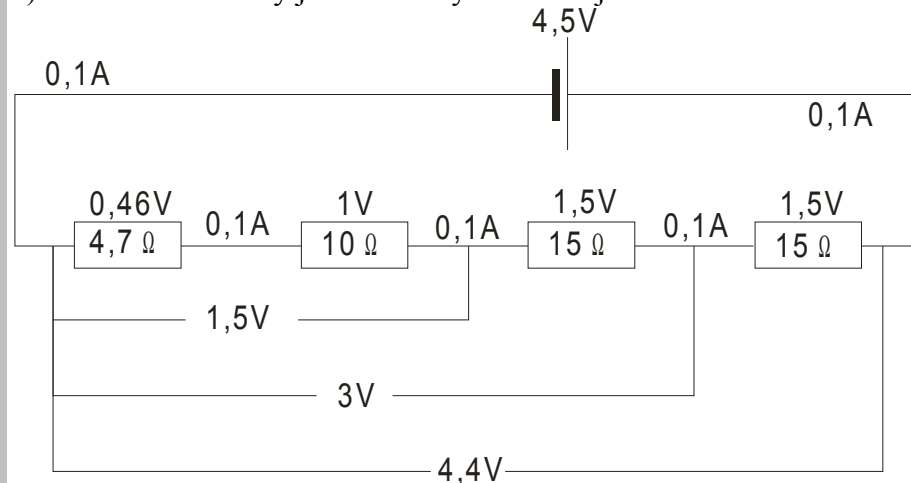
- $U_1 = U_2 + U_3 + U_4 + U_5$ - energii, kterou dodá elektronu baterka, elektron spotřebuje při průchodu přes odpory

- $U_6 = U_2 + U_3$ - napětí je dáno body, mezi kterými ho měřím
- $U_7 = U_2 + U_3 + U_4$, $U_8 = U_2 + U_3 + U_4 + U_5$ - viz. výše

Proud = počet procházejících elektronů, všechny elektrony běhají dokolečka, obvod se nikde nerozděluje \Rightarrow

- $I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I_5$ - každý elektron jdoucí z baterky musí projít přes všechny odpory

b) Naměřené hodnoty jsou uvedeny v následujícím obrázku:



Jak se chová proud?

Proud, který teče zdrojem je stejný jako proud přes libovolný rezistor.

Proč?

Elektrony běhají obvodem dokola. Mají k dispozici pouze jednu cestu, která se nevětví. Elektrony se neztrácí ani se nikde nehromadí \Rightarrow proud je všude stejný.

Analogie: Elektrony proudí obvodem jako voda v trubkách. Trubka se nikde nerozděluje – všude v ní teče stejně vody.

Jak se chová napětí?

Napětí na baterii je stejné jako součet napětí na všech rezistorech.

Proč?

Napětí je práce potřebná na přenesení jednotkového náboje \Rightarrow elektron od baterie získal potenciální energii, kterou musí ztratit během cesty po obvodu průchodem přes jednotlivé rezistory, aby se vrátil na původní místo (záporný pól baterie).

Analogie: Baterie je jako lanovka, která vytahuje lyžaře do kopce. Pro sjezd si lyžař může vybrat jedinou trasu, rozdělenou na několik svahů (jednotlivé rezistory), převýšení, které sjede (součet převýšení jednotlivých svahů), se rovná převýšení lanovky (aby se vrátil do spodní stanice lanovky).

Jak se napětí rozděluje?

Napětí se dělí tak, že na rezistorech s největším odporem je největší napětí.

Proč?

Pro každý rezistor platí Ohmův zákon. Všemi rezistory protéká stejný proud. Na protlačení proudu přes větší odpor je třeba větší napětí.

Analogie: Mám trubku s různými průměry. Pokud má trubkou protéct všude stejně vody, musí vodu do nejužšího místa tlačit největší tlak

Dodatek: Například přirovnávání odporu ke zúžení trubky není úplně přesné, nevyplývá z něj sériové zařazování obvodů.

Paralelní obvod

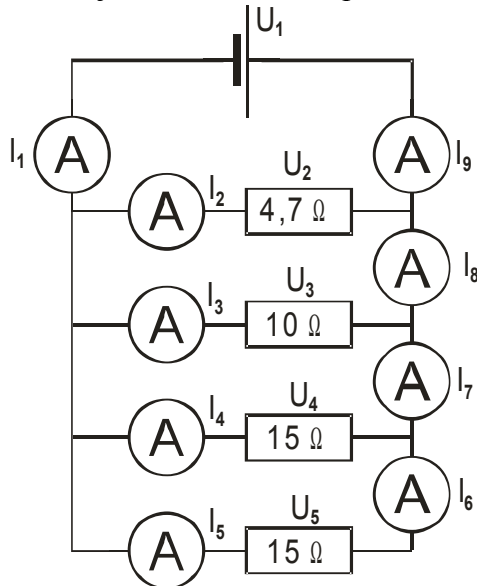
Př. 2: Na obrázku je nakreslen obvod se čtyřmi paralelně zapojenými rezistory. Obvod je napájen z jedné ploché baterie.

a) Odhadni vztahy mezi vyznačenými proudy i napětími.

b) Obvod sestav, změř napětí na baterii i na všech rezistorech. Na místech s nakreslenými ampérmetry změř velikost proudu. Výsledky porovnej se svými odhady.

Protože zapojení odebírá z baterie poměrně značné množství energie, sestav obvod tak, aby bylo možné jej zapínat pouze ve chvílích, kdy měříš a baterie se zbytečně nevybíjela.

Snadněji se Ti bude měřit pokud obvod sestavíš způsobem zachyceným na fotografii.



a) Odhady

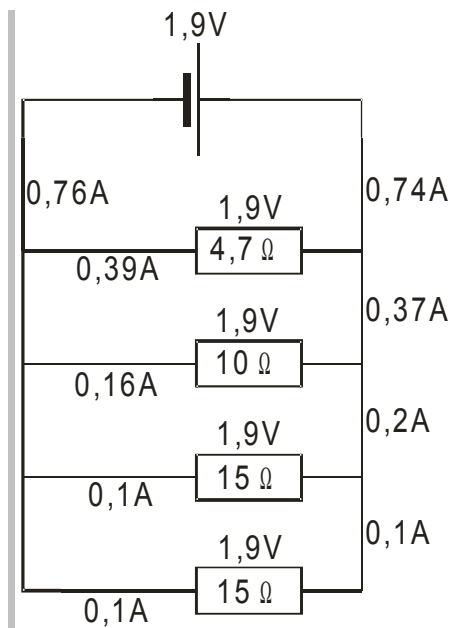
Napětí = rozdíl energií \Rightarrow energii, kterou dodá elektronu baterka, elektron spotřebuje při průchodu přes odpor, vždy prochází pouze přes jeden \Rightarrow všechna napětí budou stejná

$$U_1 = U_2 = U_3 = U_4 = U_5$$

Proud = počet procházejících elektronů, všechny elektrony běhají dokolečka \Rightarrow v místech, kde se dělí dráty se rozdělí, se rozdělí i elektrony, část jde jednou a část druhou cestou

- $I_1 = I_9$ - elektrony, které vycházejí z baterky, a elektrony, které se do ní vrací
- $I_1 = I_2 + I_3 + I_4 + I_5$ - elektrony jdoucí z baterky se rozdělí k jednotlivým odporům
- $I_5 = I_6$ - jde o jeden drát
- $I_7 = I_6 + I_4$ - proud I_7 vznikl spojením proudů I_6 a I_4
- $I_8 = I_7 + I_3$, $I_9 = I_8 + I_2$ - viz výše

b) Naměřené hodnoty jsou uvedeny v následujícím obrázku:



Jak se chová napětí?

Napětí na všech součástkách je stejné a rovná se napětí na baterce.

Proč?

Napětí je energie na přenesení jednotkového náboje \Rightarrow energie, kterou elektron od baterie dostane musí během cesty před rezistor ztratit, aby měl na kladném pólu baterky stejnou energii jako na začátku.

Analogie

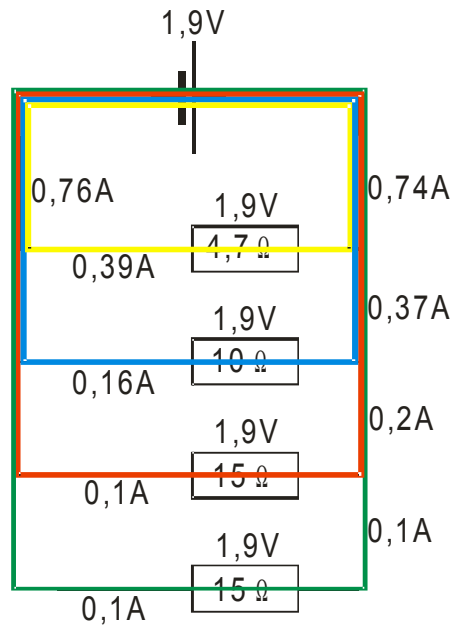
Baterie je jako lanovka, která vytahuje lyžaře do kopce. Při jízdě z kopce lyžaři (elektrony) potenciální energii od lanovky zase ztratí, protože jízdu končí u dolní stanice lanovky, kde mají stejnou potenciální energii jako na začátku.

Jak se chová proud?

Proud, který teče zdrojem se rozděluje do jednotlivých větví. V každém místě, ve kterém se stýká více drátů platí, že součet proudů, které vstupují se rovná součtu proudů, které vystupují. (1. Kirchhoffův zákon).

Proč?

Elektrony běhají obvodem dokola. Při jedné cestě se elektron nemůže rozdělit, musí si vybrat jednu cestu a projít jí dokola. Na následujícím obrázku jsou barevně vyznačeny jednotlivé cesty. Z obrázku je zřejmé, jak se proudy sčítají.



Analogie

Elektrony proudí obvodem jako voda v trubkách. Proudů vody se rozdělují a zase spojují. Voda se nikde neztrácí a nikde se nehromadí.

Jak se proudy rozdělují?

Proud se dělí tak, aby přes součástky s větším odporem protékal menší proud.

Proč?

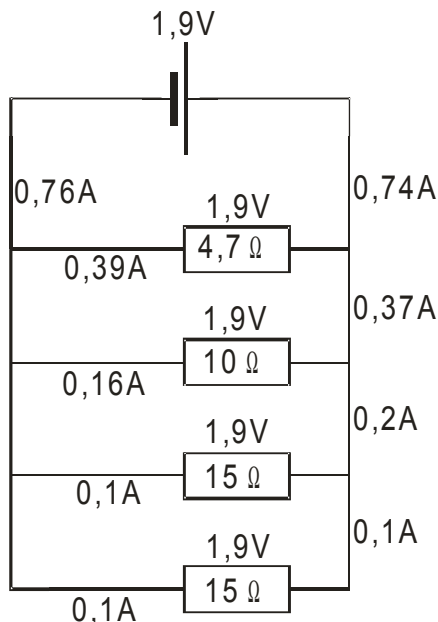
Pro každý rezistor platí Ohmův zákon. Na všech rezistorech je stejné napětí, větší odpor tak znamená menší proud.

Analogie

Mám trubky s různým průměrem. Do všech tlačí vodu stejný tlak. Trubka s největším průměrem nejméně odporuje vodě v průtoku a tak skrz ní teče největší proud.

Př. 3: Spočti odpory všech součástek v obou zapojeních a srovnej je s jmenovitými hodnotami.

Paralelní obvod:



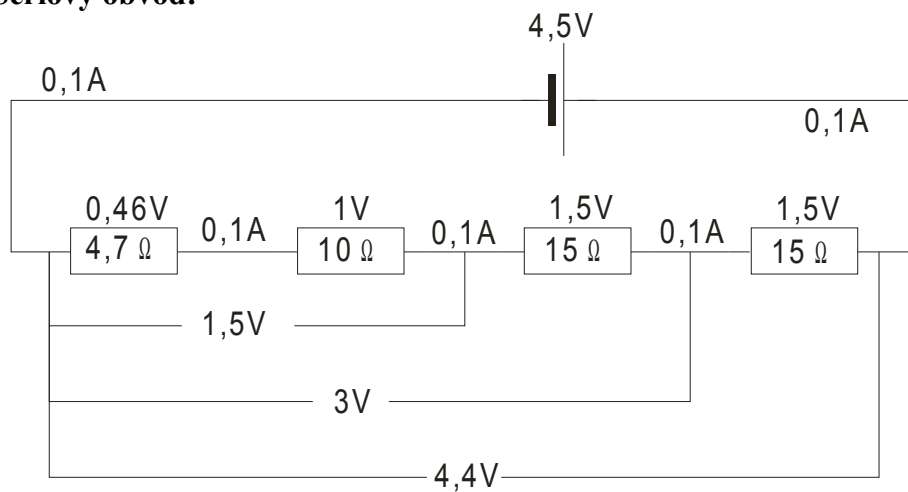
$$R = \frac{U}{I} = \frac{1,9}{0,39} \Omega = 4,87 \Omega$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1,9}{0,16} \Omega = 11,9 \Omega$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1,9}{0,1} \Omega = 19 \Omega$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1,9}{0,1} \Omega = 19 \Omega$$

Sériový obvod:



$$R = \frac{U}{I} = \frac{0,46}{0,1} \Omega = 4,6 \Omega \quad R = \frac{U}{I} = \frac{1}{0,1} \Omega = 10 \Omega \quad R = \frac{U}{I} = \frac{1,5}{0,1} \Omega = 15 \Omega$$
$$R = \frac{U}{I} = \frac{1,5}{0,1} \Omega = 15 \Omega$$

Př. 4: Vysvětli, proč se hodnoty odporů naměřené v paralelním obvodu liší od hodnot uvedených na rezistorech. Proč se hodnoty naměřené v sériovém obvodu shodují?

V paralelním obvodu procházel přes rezistory značně velký proud, rezistory se zahřívaly a tím se zvětšil jejich odpor. Proud procházející sériovým obvodem byl podstatně menší, proto se rezistory nezahřívaly a neměnil se jejich odpor.

Poznámka: Kromě odporů se na první pohled podivně chová i baterie. Ačkoliv její oficiální hodnotou je napětí 4,5 V napájela paralelní obvod podstatně menším napětím 1,9 V. Proč si vysvětlíme později.

Shrnutí: Ve složitějších obvodech se elektrický proud chová jako proud vody v potrubí. Napětí odpovídá tlaku této vody.