

Úloha IV.V ... Cítíte to napětí?

7 bodů; průměr 4,51; řešilo 96 studentů

1. Stolní počítač, který je připojen do zásuvky evropského typu (230 V, 50 Hz), má průměrný příkon 60 W. Jaký (efektivní) proud odebírá ze sítě?
2. Dráty vedoucí vysoké napětí z Prahy do Brna mají délku zhruba 230 km. Na jejich začátku je napětí 400 kV, avšak na jejich konci je už jen 395 kV. Pro přenos napětí jsou použity svazky lan hliníku a železa typu AlFe 6 o průřezu 300 mm². K jaké ztrátě výkonu dojde na této trase? Potřebné údaje si vyhledejte.
3. Soně byla opět zima, a tak si chtěla v místnosti přitopit elektrickým ohřívačem, který má vnitřní odpor 100 Ω a účinnost 85 %. Při čekání na zahřátí přemýšlela, co by dělala, kdyby neměla přístupnou klasickou zásuvku, ale pouze zásuvku třífázovou. Napadlo ji pouze vytvořit správné napětí pomocí transformátoru. Kolik závitů by musela mít sekundární cívka, jestliže primární cívka má 1 500 závitů a Soňa chce vyhřívat místnost výkonem 500 W?

1. Jak z Výfučení víme, výkon elektrického proudu můžeme vypočítat pomocí vzorce $P = U \cdot I$. Abychom vypočítali potřebný proud I , musíme vzorec upravit do tvaru

$$I = \frac{P}{U},$$

do něžž můžeme dosadit hodnoty ze zadání. Tím dostáváme hodnotu proudu, který počítač odebírá

$$I = \frac{60 \text{ W}}{230 \text{ V}} \doteq 0,261 \text{ A} = 261 \text{ mA}.$$

2. Pro vypočítání výkonu na vedení musíme znát napětí a proud. Napětí na vedení jsme schopni určit přímo ze zadání jako rozdíl počátečního (400 kV) a koncového (395 kV) napětí. Celkové napětí mezi konci celého vodiče tedy činí 5 kV. Proud na vedení můžeme vyjádřit z Ohmova zákona jako

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

z čehož po dosazení do rovnice výkonu získáme vztah

$$P = \frac{U^2}{R}. \quad (1)$$

Zde ale narážíme na problém, jelikož neznáme hodnotu odporu R . Můžeme jej ale odvodit ze vztahu pro odpor vodičů

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (2)$$

kde $l = 230 \text{ km}$ je délka vedení a $S = 300 \text{ mm}^2$ značí plochu vodiče. Poslední informace, která nám chybí, je měrný elektrický odpor ρ , který můžeme díky informaci o materiálu vodiče vyhledat. Když se však například podíváme na internet¹, nalezneme, že se hodnoty

¹<https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/26795/final-thesis.pdf>

odporů udávají v jednotkách $\Omega \cdot \text{km}^{-1}$ dle specifikovaného průřezu. Konkrétně pro vodič AlFe 6 o průřezu 300 mm^2 nacházíme hodnotu $0,097 \Omega \cdot \text{km}^{-1}$. Nenašli jsme tedy hodnotu ρ , ale poměru ρ/S . Po dosažení této hodnoty společně se vztahem (2) do rovnice (1) dostáváme

$$P = \frac{U^2}{l\rho/S} = \frac{(5\,000 \text{ V})^2}{230 \text{ km} \cdot 0,097 \Omega \cdot \text{km}^{-1}} \doteq 1,12 \text{ MW}.$$

Vidíme tedy, že ztráty na takovém vedení jsou poměrně veliké. Ve skutečnosti budou pravděpodobně o něco menší, protože na vedení nezaznamenáme tak drastickou změnu napětí; nicméně vidíme, že při přenosu energie na takové dálky to není nijak zanedbatelný jev.

3. Abychom mohli sestavit transformátor, musíme znát potřebné cílové napětí. To můžeme získat ze znalosti výkonu a odporu odvozením z dřívější rovnice (1). V té však nesmíme zapomenout započítat účinnost vytápění, abychom získali potřebný výkon. Napětí tedy vyjádříme jako

$$P = \frac{U^2}{R} \eta \quad \Rightarrow \quad U = \sqrt{\frac{PR}{\eta}}.$$

Potřebný počet závitů transformátoru odvodíme z rovnosti poměrů napětí a počtů závitů cívek transformátoru:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \Rightarrow \quad N_2 = N_1 \frac{U_2}{U_1},$$

kde $U_2 = U$ je koncové napětí, $N_1 = 1\,500$ počet závitů primární cívky a $U_1 = 400 \text{ V}$ je napětí na primární cívce, které získáme z třífázové zásuvky. Dosažením výstupního napětí získáváme počet závitů sekundární cívky N_2 :

$$N_2 = \frac{N_1 \cdot \sqrt{PR/\eta}}{U_1} = \frac{1\,500 \cdot \sqrt{500 \text{ W} \cdot 100 \Omega / 0,85}}{400 \text{ V}} \doteq 909,51 \text{ závitů}.$$

Jelikož se jedná o počet závitů (což obvykle bývá celé číslo), bude mít sekundární cívka 910 závitů.²

Adam Krška

adam.kraska@vyfuk.org

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků. Realizace projektu byla podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.

Pro zobrazení kopie této licence navštivte <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

²Toto zaokrouhlení můžeme chápat tak, že Sonin ohříváč bude mít jen přibližně výkon 500 W, což je pro nás v pořádku.