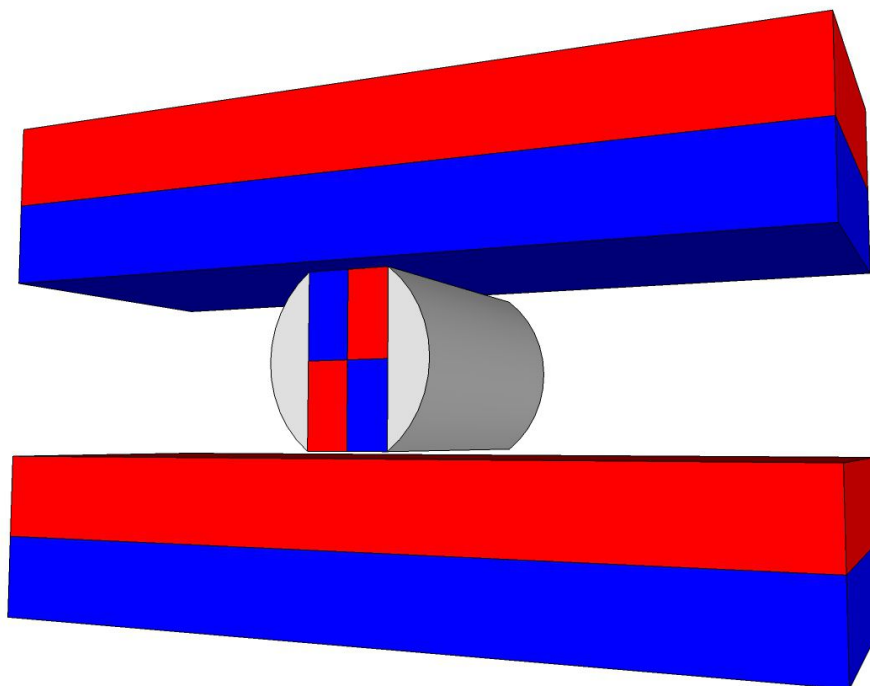


Toroid magnet motor III

© Ing. Ladislav Kopecký, červenec 2017

Ve druhé části článku jsme skončili u stanovení optimální topologie magnetického motoru: v homogenním magnetickém poli se pohybuje dvojice magnetů, která má po stranách kousky železa ve tvaru kruhových úsečí takových rozměrů, aby šířka a výška této sestavy byla stejná (viz obr 1).



Obr. 1: Základní topologie magnetického motoru

Ve třetí části článku se zaměříme na optimalizaci rozměrovou s ohledem na optimální poměr výkon/velikost motoru.

Magnetická indukce B

$$F_m = BIl \sin \alpha$$

$$B = \frac{F_m}{Il \sin \alpha}$$

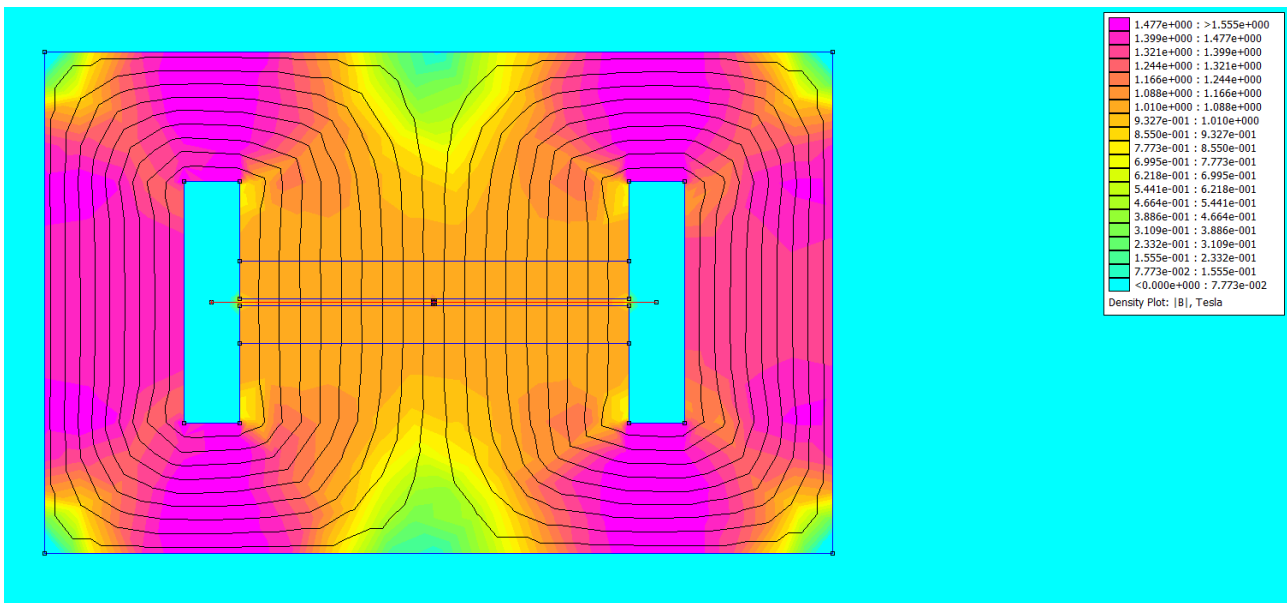
$$\{B\} = \frac{\{F_m\}}{\{I\}\{l\}\{\sin \alpha\}}$$

Číselná hodnota magnetické indukce B je rovna velikosti magnetické síly, působící na vodič s proudem 1 A, aktivní délky 1 m, postavený kolmo na magnetické indukční čáry.

Obr. 2: Síla působící na vodič v magnetickém poli

Obr. 2 ukazuje vztah mezi magnetickou indukcí B a proudem I , protékajícím vodičem, nacházejícím

se v magnetickém poli. V našem případě jsme vodič nahradili soustavou se dvěma magnety a dvěma kousky železa (viz obr. 1). Této soustavě dále budeme říkat magnetické těleso. Když zvolíme příliš velké magnety v magnetickém tělese, budou muset být magnety vnějšího magnetického pole daleko od sebe a magnetická indukce B pole jimi vytvořeného bude slábnout. Naším úkolem nyní bude zvolit optimální velikost magnetického tělesa vzhledem k velikosti magnetů vnějšího magnetického pole. Na obr. 3 máme magnetický obvod, který vytváří homogenní magnetické pole, v němž se pohybuje magnetické těleso. Zdrojem homogenního magnetického pole jsou dva neodýmové permanentní magnety o rozměrech $d \times \text{š} \times v = 200 \times 25 \times 20$ mm. Pro začátek jsme zvolili vzdálenost mezi nimi 4mm. Magnetické těleso je tvořeno dvěma magnety o rozměrech $1 \times 1 \times 25$ mm. Postupně budeme zvětšovat jak magnetické těleso, tak mezeru mezi magnety tak, aby mezi magnety a magnetickým tělesem byla z obou stran mezeru 1mm. Přitom budeme zaznamenávat hodnotu B v mezeře a sílu působící na magnetické těleso.



Obr. 3: Magnetické těleso v magnetickém poli – $d = 4$ mm

Výška mezery d	Rozměry mag. tělesa	B	F_x
4 mm	2 x 2 x 25 mm	1,05 Tesla	1,58 N
6 mm	4 x 4 x 25 mm	1,0 Tesla	2,585 N
10 mm	8 x 8 x 25 mm	0,92 Tesla	4,62 N
18 mm	16 x 16 x 25 mm	0,79 Tesla	9,52 N
34 mm	32 x 32 x 25 mm	0,61 Tesla	14,85 N

Tabulka 1

Tabulka ukazuje, že jsme s každým řádkem zdvojnásobili rozměry magnetického tělesa a tomu přizpůsobili výšku mezery d . Třetí sloupec tabulky ukazuje, jak klesá magnetická indukce B v mezeře mezi magnety a poslední sloupec ukazuje sílu F_x působící na magnetické těleso ve směru horizontální osy x . Vidíme, že s rostoucí mezerou klesá B , což je důvodem pro to, že síla F_x stoupá méně než jak by mělo odpovídat rozměrům magnetického tělesa. Pokud by B s rostoucí mezerou neklesala, síla F_x by rostla stejně lineárně jako rozměry magnetického tělesa. Pokud by bylo možné do rotoru umístit více magnetických těles, bylo by výhodnější použít jich více a menších. Tuto možnost nyní prozkoumáme.

Podívejme se na nabídku neodýmových magnetů a zvolme magnety vhodné velikosti. Dále určíme optimální vzdálenost mezi magnetickými tělesy, aby se vzájemně neovlivňovala. Zvolíme například tento magnet:

Neodymový magnet - hranol

A -Délka 5 mm

B -Šířka 5 mm

C -Výška 5 mm = směr magnetování

Směr magnetování - na výšku

Třivrstvá povrchová antikoroziční ochrana - Nikl + Měď + Nikl

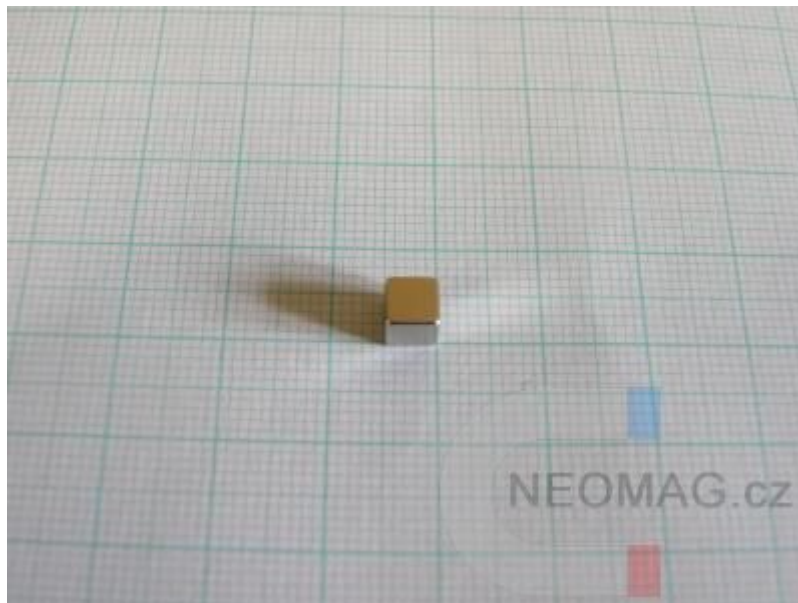
Maximální pracovní teplota 80 °C

Curierová teplota 310°C

Přidrzná síla - 1,20 kg. (údaj dodavatele). Pro konkrétní aplikaci doporučujeme vyzkoušet.

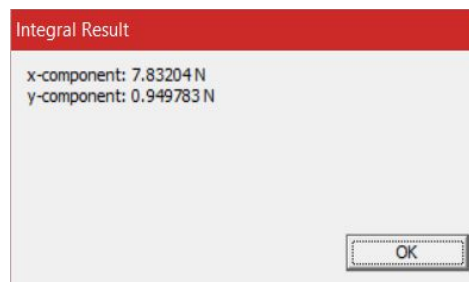
Váha magnetu - 0,94 g.

[http://www.neomag.cz/cz/katalog/neodymove-magnety/hranoly/nh130-5x5x5-n50/?from_katalog=1,razeni,](http://www.neomag.cz/cz/katalog/neodymove-magnety/hranoly/nh130-5x5x5-n50/?from_katalog=1,razeni)

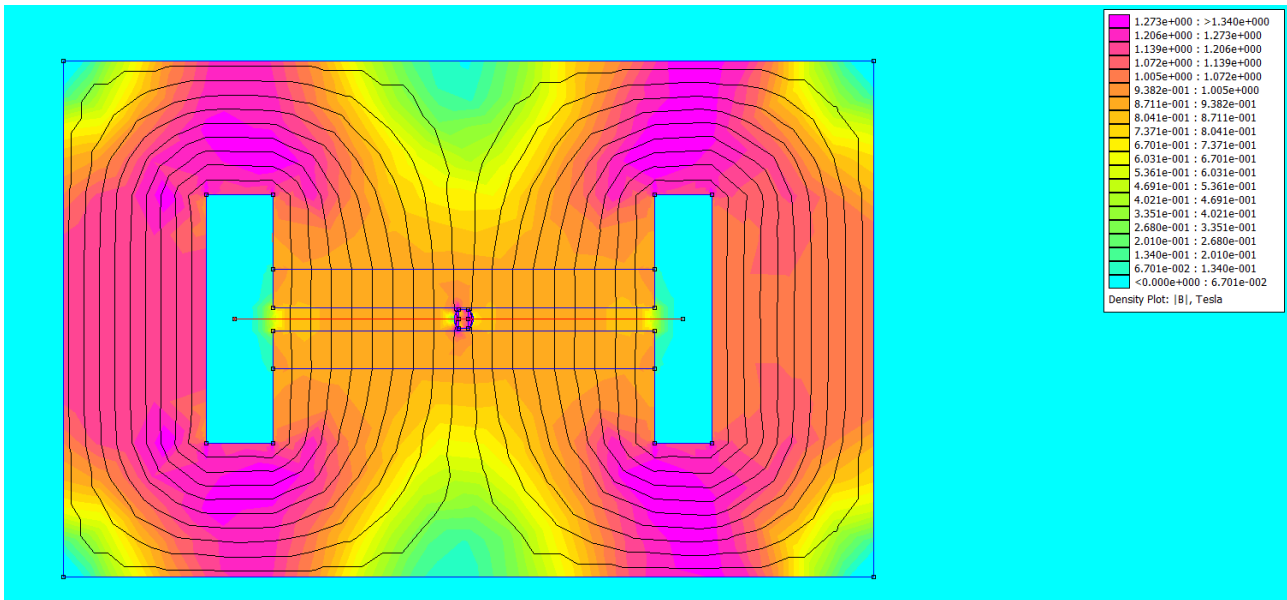
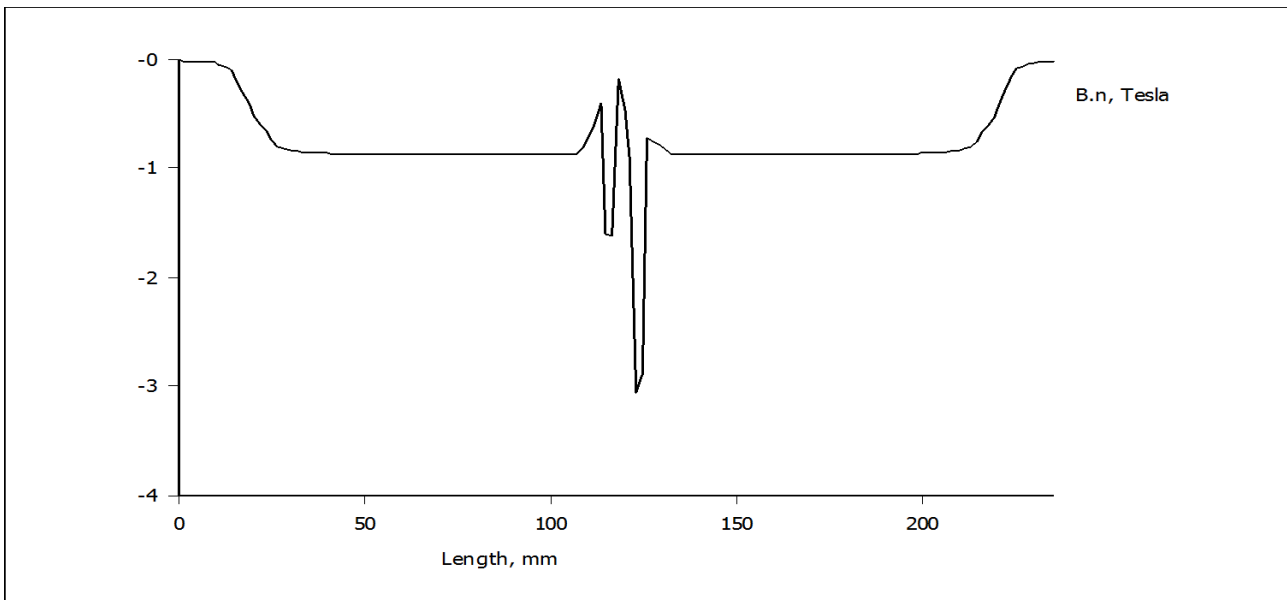
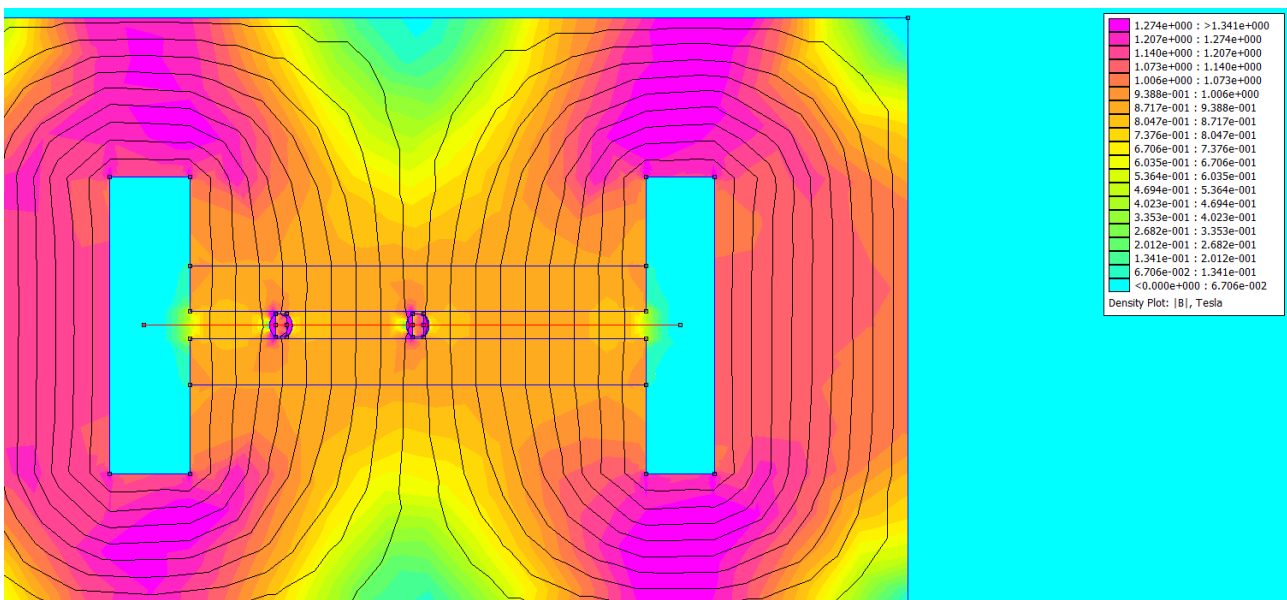


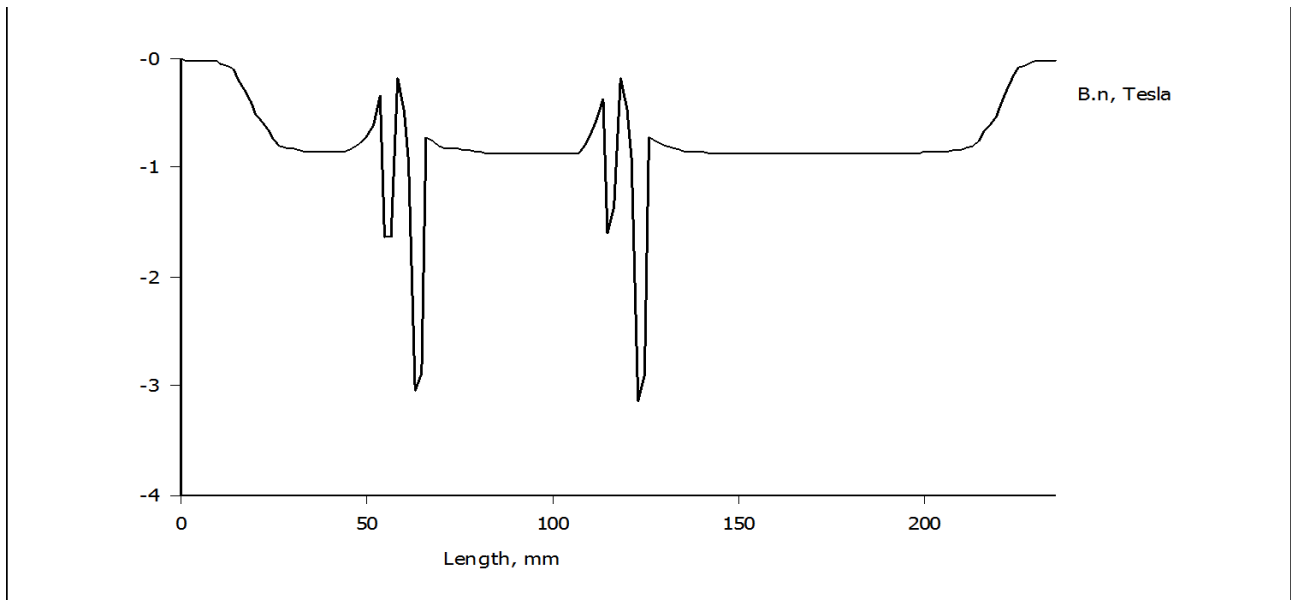
Obr. 4: Neodymový magnet

S magnetem této velikosti budou rozměry magnetického tělesa 10 x 10 x 25 mm a k tomu budeme potřebovat 10 magnetů. Při výšce $d = 12\text{mm}$ je $B = 0,88\text{ T}$ a na magnetické těleso působí síla:

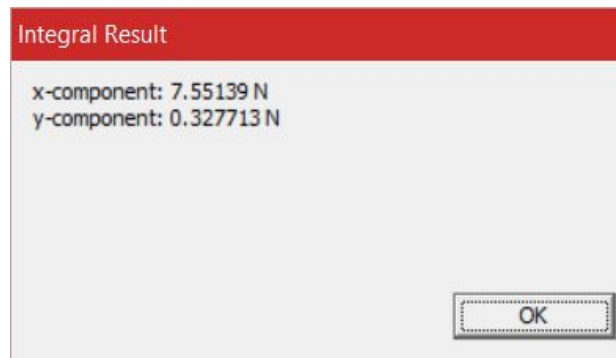


Nyní přidáme další magnetické těleso a budeme zkoumat sílu F_x prostředního tělesa v závislosti na vzdálenosti mezi magnetickými tělesy. Obr. 7 ukazuje sílu F_x působící na magnetické těleso uprostřed, je-li další těleso vzdáleno 60mm. S klesající vzdáleností mezi tělesy síla klesá. Z toho vyplývá, že strategie použít více menších magnetických těles není dobrá. Na druhé straně, s rostoucí vzdáleností magnetů vnějšího pole od sebe roste nehomogenita magnetického pole. Je třeba najít vhodný kompromis.

Obr. 5: Magnetické těleso v magnetickém poli – $d = 12\text{mm}$ Graf 1: Průběh B v mezeře s magnetickým tělesemObr. 6: Dvě magnetická tělesa v magnetickém poli – $d = 12\text{mm}$



Graf 2: Průběh B v mezeře se dvěma magnetickými tělesy



Obr. 7