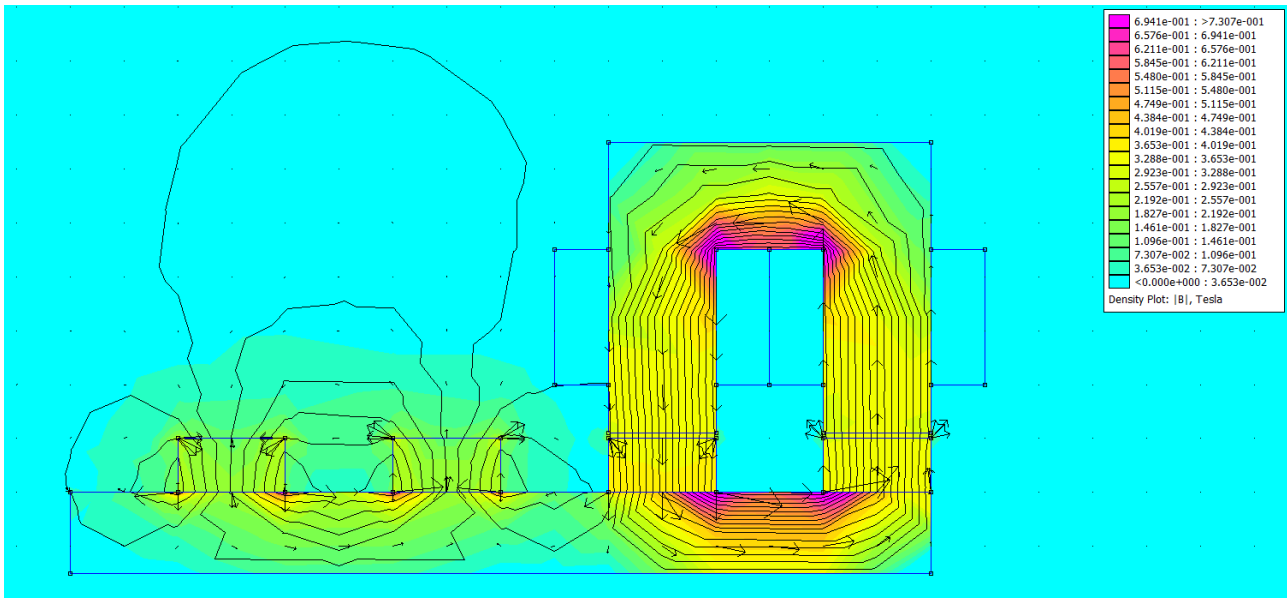


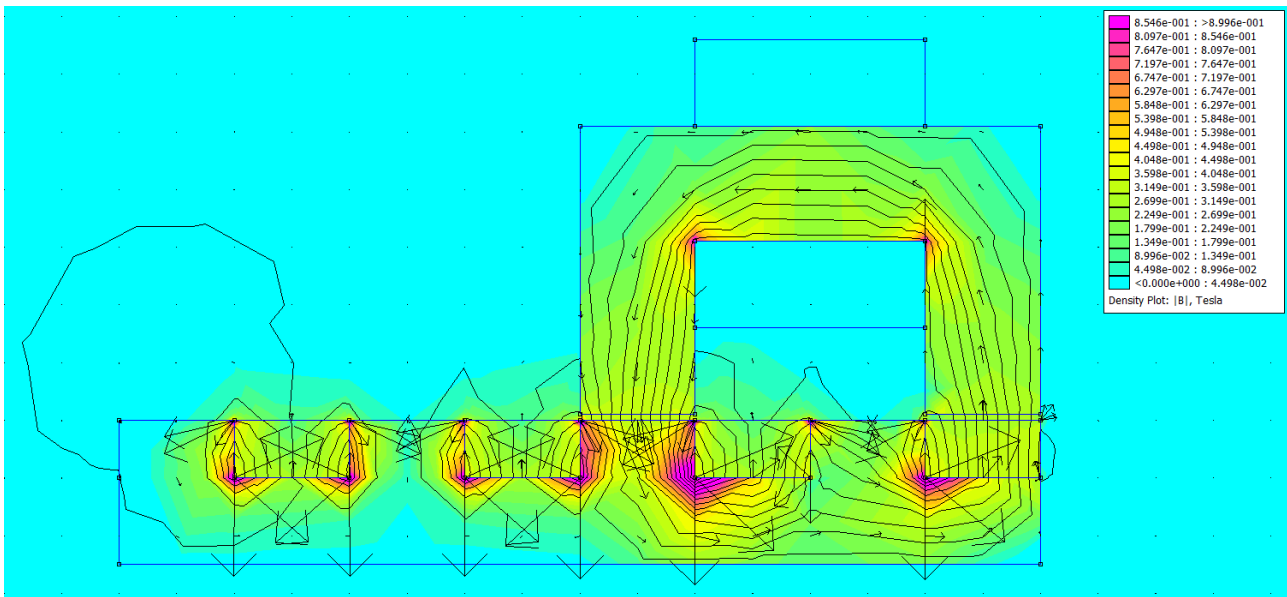
Koncept motoru s jádry tvaru „U“ II

© Ing. Ladislav Kopecký, červenec 2018

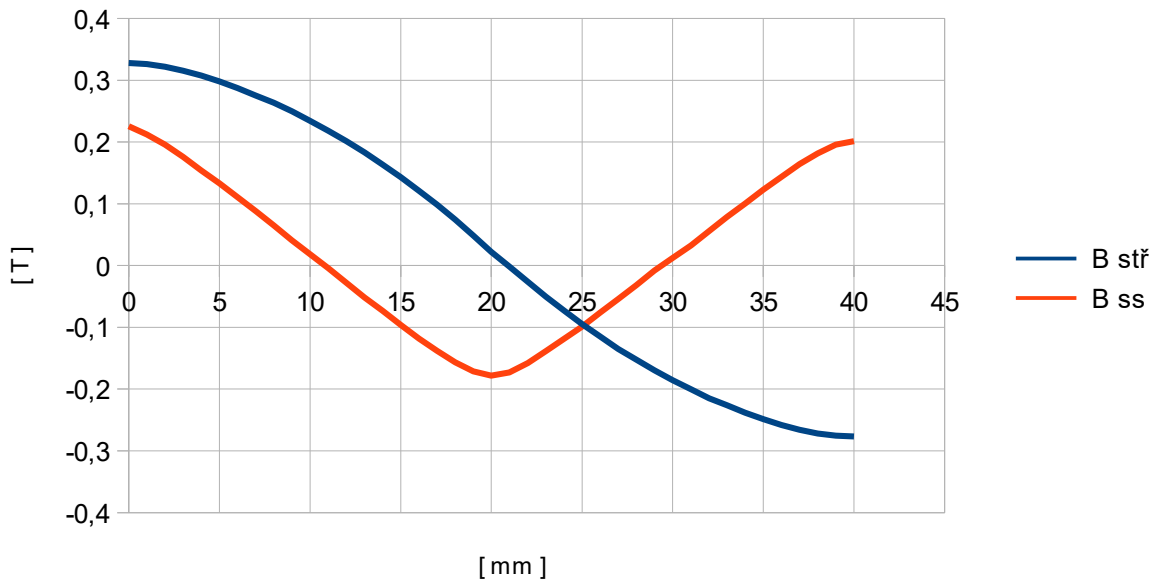
V první části jsme vybírali nejvhodnější topologii motoru tohoto typu na základě simulací. Ve druhé části článku bychom měli tuto nejvhodnější topologii aplikovat na konstrukci reálného motoru. Než tak učiníme, provedeme ještě simulaci dvou nejvhodnějších topologií, u nichž neodymové magnety nahradíme ferity. Tato náhrada magnetů má opodstatnění ze dvou důvodů. Zaprvé, přitažlivá síla neodymových magnetů je tak velká, že cívky mají problém je „přetlačit“. Zadruhé, feritové magnety mají remanentní indukci B_r kolem 0,37 T, zatímco neodymy mají B_r kolem 1 T, což se projevuje v nežádoucím indukovaném napětí ve statorových cívkách. Kromě toho je kombinace elektrotechnická ocel – feritový magnet vhodnější než kombinace feritové jádro – feritový magnet, protože při indukci kolem 0,3 T je magneticky měkký ferit již přesycený a ztrácí indukčnost (optimální hodnota sycení feritu je kolem 0,12 T). Menší B_r u feritových magnetů můžeme kompenzovat větší plochou feritového magnetu – ty jsou podstatně levnější než neodymy.



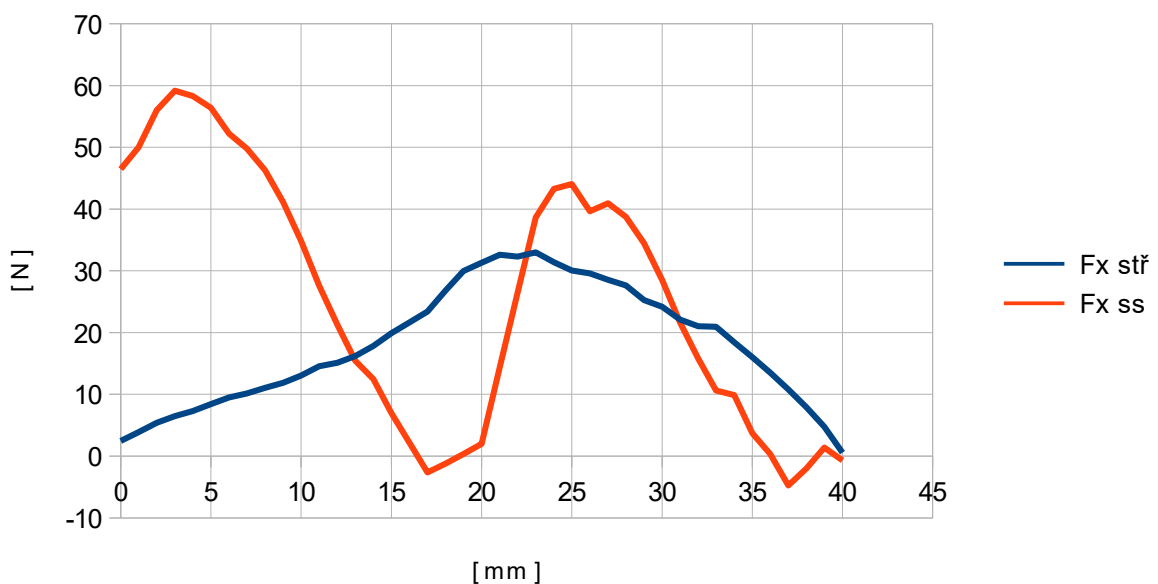
Obr. 1: Topologie s magnety se střídavou polaritou - feritové magnety



Obr. 2: Topologie s magnety se stejnou polaritou - feritové magnety



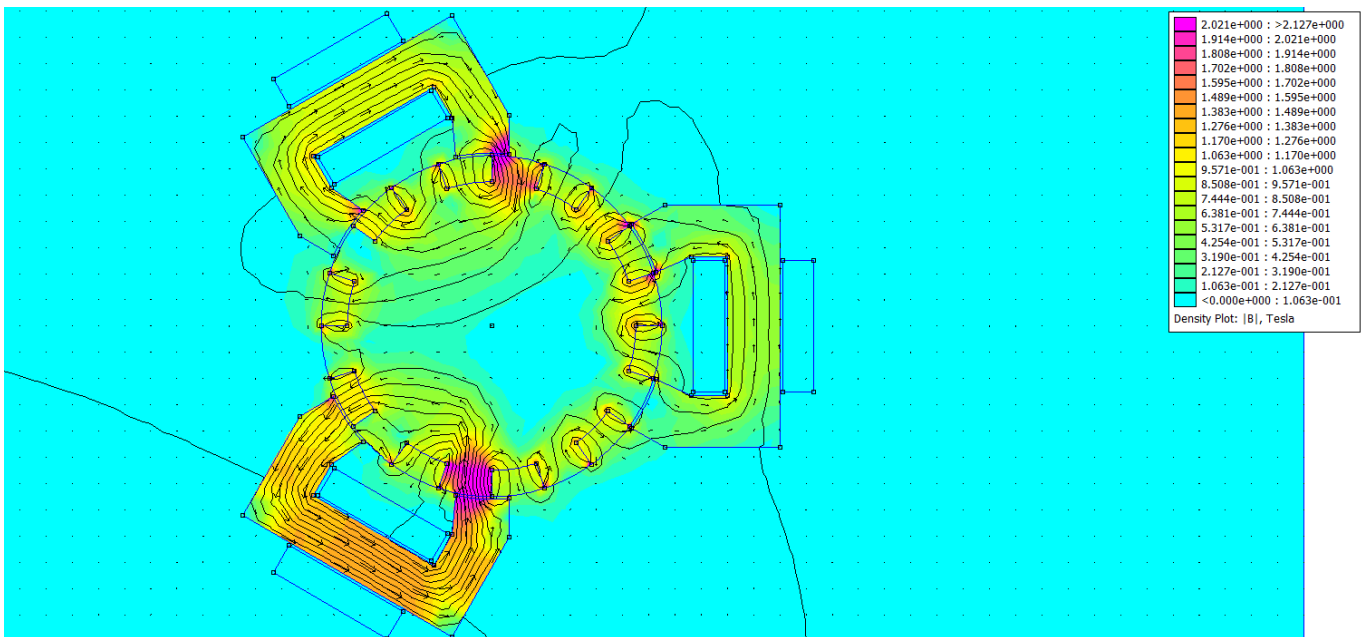
Graf 1: Závislosti B na poloze x pro různé topologie



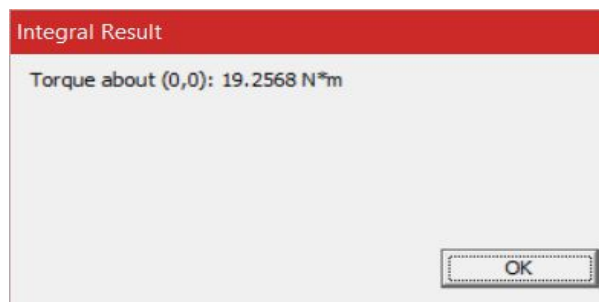
Graf 2: Závislosti Fx na poloze x pro různé topologie

Graf 1 porovnává závislosti B na poloze x, což – jak víme – ovlivňuje velikost indukovaného napětí. Dá se říci, že indukované napětí bude v obou případech mít přibližně stejnou amplitudu, ale u topologie na obr. 1 bude tvar blízký sinusovce, zatímco u obvodu na obr. 2 se bude spíše blížit k obdélníkovému průběhu. U grafu 2, který porovnává síly Fx, je situace jednoznačně ve prospěch topologie podle obr. 2. Svědčí o tom i střední hodnoty Fx: 25,36N versus 17,96N u střídavé topologie.

Dá se tedy říci, že topologie podle obr. 2 zvítězila jak v kategorii neodymových, tak v kategorii feritových magnetů. Můžeme se tedy pustit do návrhu motoru. Pro začátek zvolíme magnety a jádra obdobné velikosti jako na obr. 2. Dejme tomu, že chceme, aby magnety měly přibližnou šířku 20mm a magnetů bude 10 kusů. Mezery mezi magnety budou také 20mm široké, takže obvod O rotoru bude $20 \times 20 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$. Průměr rotoru potom bude $D = O/\pi = 400/3,14159 = 127 \text{ mm}$. Zvolíme $D = 13 \text{ cm}$. Magnety budou tvaru segmentu s úhlem $360/20 = 18^\circ$.



Obr. 3: Simulace trojfázového motoru s magnety se stejnou polaritou



Obr. 4: Krouticí moment motoru na obr. 3 – neodymové magnety



Obr. 5: Krouticí moment motoru na obr. 3 – feritové magnety

Na obr. 3 máme simulaci trojfázového motoru se třemi statorovými cívkami a s deseti magnety v rotoru. Naměřený krouticí moment je u verze s neodymovými magnety (obr. 4) vzhledem k velikosti motoru slušný a takový motor by se hodil například jako trakční pro pohon elektrocola nebo malého elektrického skútru. Při použití feritových magnetů je moment více než třetinový a rovněž se jedná o slušný výsledek. Podobným způsobem bychom mohli zkonstruovat motor s magnety se střídavou polarizací. Dělat to nebudeme, protože by to nic nového nepřineslo. Čtenář si takovou konstrukci může snadno vytvořit sám. Motor s magnety se střídavou polaritou má tu výhodu, že spínací frekvence je poloviční. Na druhé straně, zase má menší krouticí moment. Volba vhodné varianty motoru je vždy otázkou kompromisu, neboť motor každé koncepce má své klady a zápory. A záleží na nás, kterým vlastnostem dáváme pro danou aplikaci přednost.