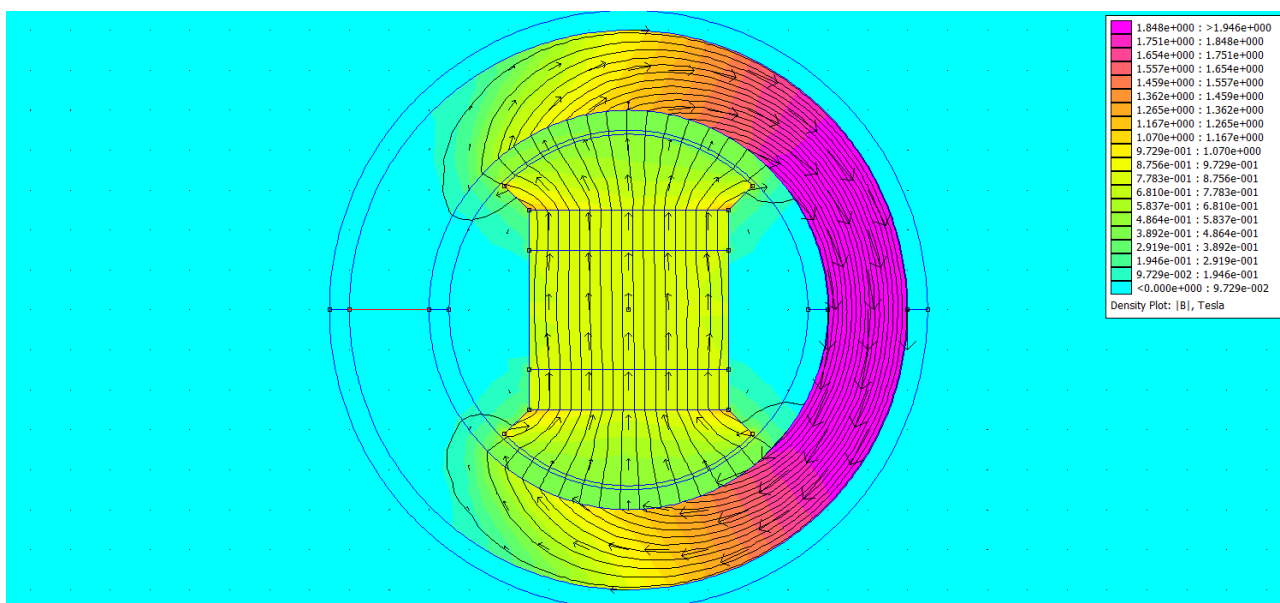


# Generátor inspirovaný Teslou II

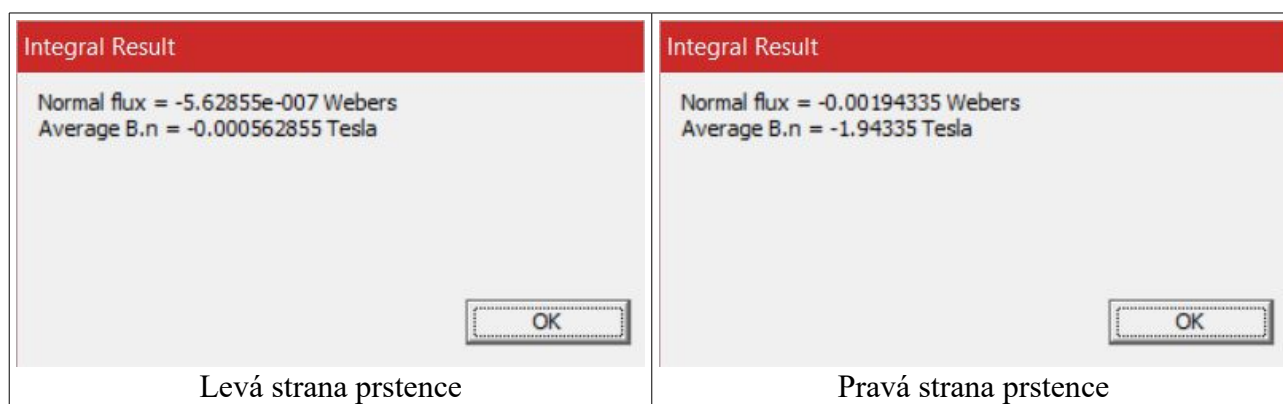
© Ing. Ladislav Kopecký, leden 2018

V první části článku jsme porovnali krouticí moment prvního Teslova střídavého motoru s brzdým momentem generátoru s vyniklými póly a zjistili jsme, že motor by se lépe hodil jako generátor a naopak. Můžeme tedy konstatovat, že generátor se statorem ve tvaru prstence má malý brzdý moment, což tomuto generátoru umožňuje dosáhnout vysoké účinnosti. Vyplatí se tedy tuto myšlenku dále rozvíjet.

Nejdříve se podíváme na jeho vlastnosti. V nejjednodušší verzi jsou na toroid navinuty dvě cívky. Pokud obě cívky mají stejnou zátěž, jejich magnetické účinky se ruší a pokud magnetomotorické napětí jimi vytvořené nepřesáhne určitou mez, je brzdý moment generátoru velmi malý. Položme si otázku: co se stane, když zatížíme pouze jednu z cívek? Odpověď na ni dá simulace. Budeme postupně zvyšovat proud v jedné z cívek a přestaneme v okamžiku, kdy bude v jedné magnetické cestě vyrušen vliv magnetického toku vytvořeného magnety v rotoru.



Obr. 1: Generátor se zatíženou pouze jednou cívkou



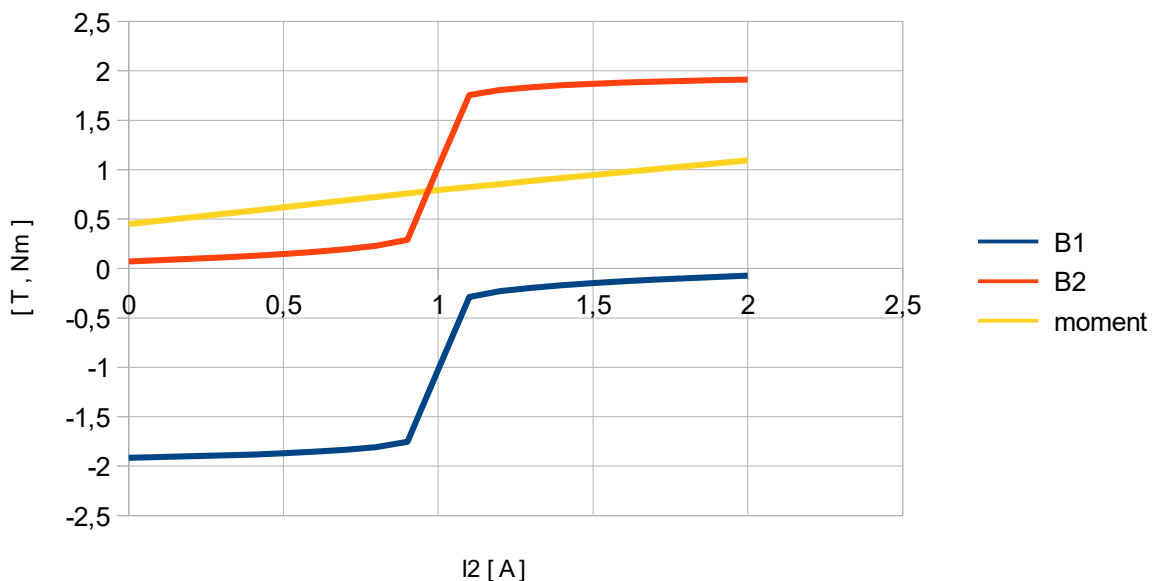
Obr. 2: Magnetická indukce v toroidu při nesymetrické zátěži

Na obr. 1 máme simulace, kde horní cívkou teče proud 1,67A, zatímco spodní cívka je bez proudu. Jak tento výsledek interpretovat? Situace na obr. 1 a 2 ukazuje stav, kdy horní cívka je v podstatě

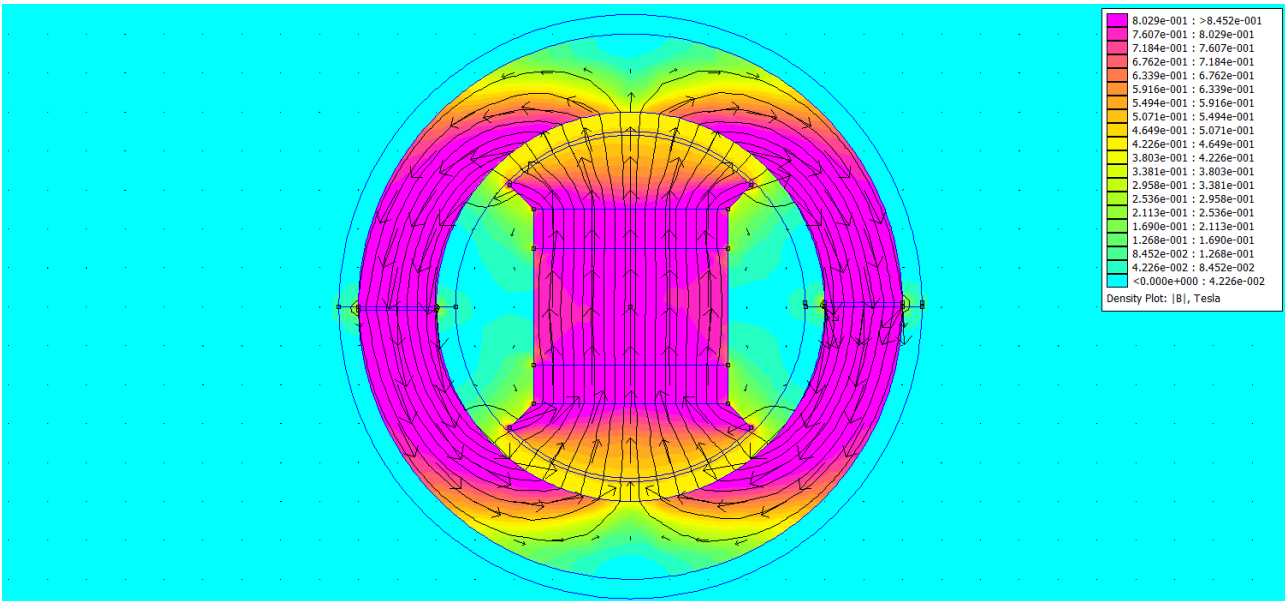
zkratovaná. Jestliže zvyšujeme zátěž, tak klesá indukované napětí v cívce, protože se zmenšuje magnetický tok v jedné z větví toroidu odklání se do druhé větve. Větvi je zde míněna cesta magnetického toku rotorových magnetů v toroidu. To znamená, že když dojde ke zkratu, tak výsledný magnetický tok je prakticky nulový, stejně jako výstupní napětí. Tohoto jevu se dá využít pro regulaci výstupního napětí z generátoru. Pokud bychom zatížili i druhou cívku, potom pomocí změny zátěže ve druhé cívce bychom mohli regulovat „tvrdost“ zdroje, představovaného první cívkou. K první cívce by byla připojena užitečná zátěž, zatímco odpor připojený k druhé cívce by byl určen pro regulaci výkonu v první cívce. Odpor druhé zátěže by byl poměrně velký, takže výkonová ztráta by nebyla vysoká a nepředstavovala by problém, protože účinnost generátoru by měla být vysoká.

Nyní se podíváme na regulaci výkonu pomocí nesymetrické zátěže. U první cívky nastavíme konstantní proud 1 A a ve druhé cívce budeme proud měnit v intervalu od nuly do 2 A. Přitom budeme měřit magnetickou indukci  $B.n$  v obou větvích toroidu a krouticí moment. Výsledek simulace můžete vidět v grafu 1. Vidíme, že jádro je silně přesycené, a proto dochází ke skokové změně  $B.n$  v jednotlivých větvích toroidu. Pro plynulou regulaci však potřebujeme, aby přechod mezi oběma stavy  $B.n$  byl plynulý a pozvolný. Abychom tento nedostatek odstranili, vytvoříme v jádře dvě vzduchové mezery. Nejdříve bude šířka každé mezery 1 mm, potom 0,5 mm. Grafy 2 a 3 ukazují, že přechod hodnot  $B.n$  je dokonale lineární. Grafy dále ukazují, že výhodnější je menší mezera, protože rozsah hodnot  $B.n$  je potom větší. Je zajímavé, že při mezerách 0,5 mm je také o trochu menší brzdný moment. Podobný účinek jako zmenšení mezery má celkové zvětšení proudu v cívkách. Graf 4 ukazuje průběhy  $B.n$  a momentu při proudu 2 A v první cívce a ve druhé cívce měníme proud v intervalu 0 až 4 A. Porovnáme-li grafy 3 a 4, zjistíme, že průběhy  $B.n$  jsou téměř stejné, ale moment je pochopitelně vyšší – přibližně dvojnásobný. Pokud dvojnásobný proud aplikujeme na toroidní generátor s mezerami po 0,5 mm, dostaneme se již mimo pásmo linearity, jak ukazuje graf 5.

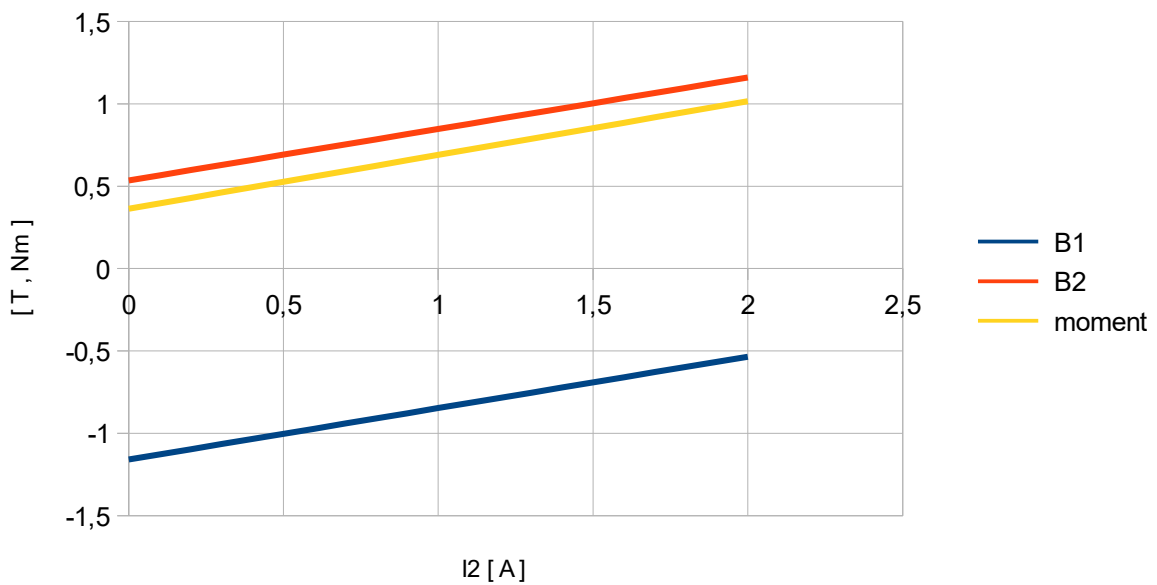
Závěr z těchto simulací je ten, že když chceme regulovat výkon toroidního generátoru pomocí nesymetrické zátěže, musíme v toroidním jádru mít tolik vzduchových mezer, kolik je na něm navinuto cívek. Čím vyšší proudy tečou v cívkách, tím mezery musí být větší. Další poznatek je, že po linearizaci potřebujeme pro regulaci výkonu poměrně velký výkon. To nemusí vadit, protože se dá předpokládat vysoká účinnost generátoru a vzniklé teplo se dá využít například na vytápění. Pokud bychom trvali na nízkém výkonu pro řízení, použili bychom jádro bez mezer a zátěž řídicí cívky bychom periodicky připojovali pomocí šířkové modulace.



Graf 1: Testování regulace výkonu TG pomocí nesymetrické zátěže – bez mezery



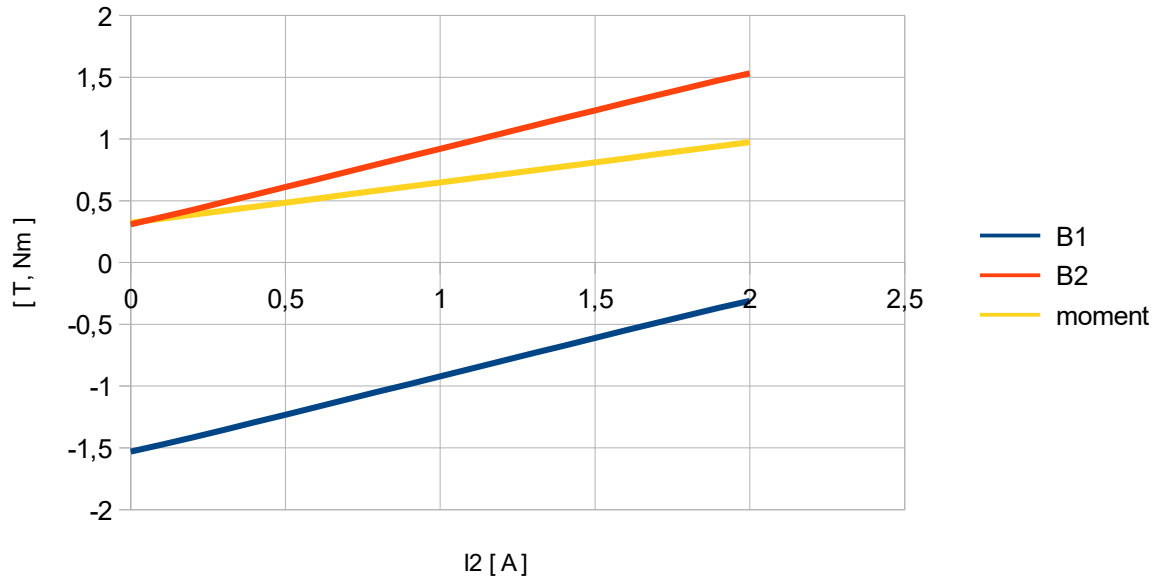
Obr. 3: Toroidní generátor se vzduchovými mezerami



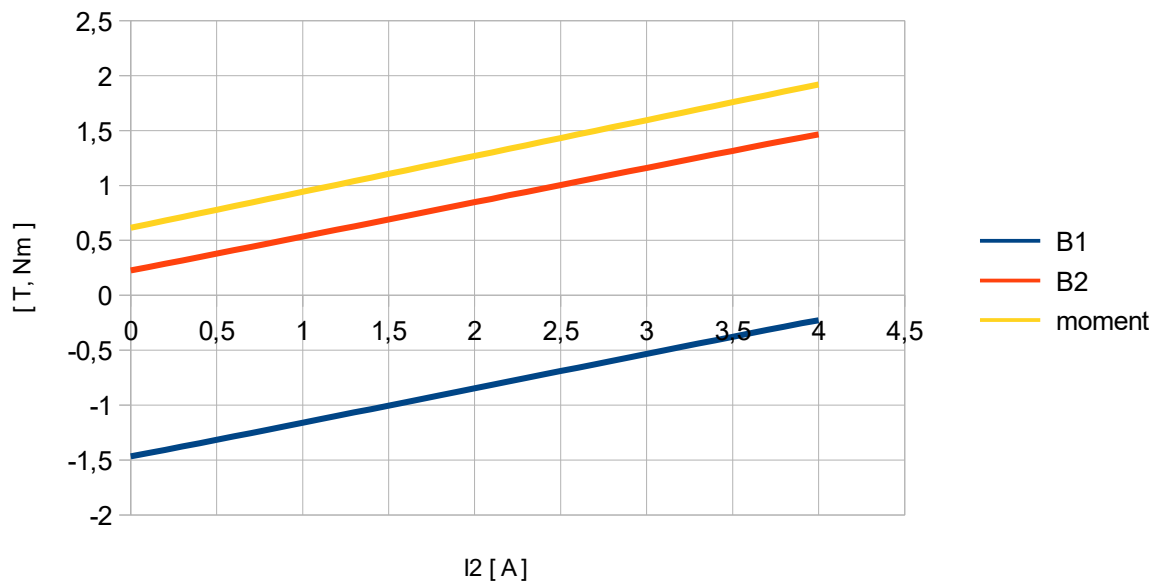
Graf 2: Testování regulace výkonu TG pomocí nesymetrické zátěže – mezera: 2mm

To znamená, že když budeme chtít výkon generátoru snížit, zařadíme větší odpor nebo obvod první cívky úplně rozpojíme. Tímto způsobem můžeme například nabíjet baterie.

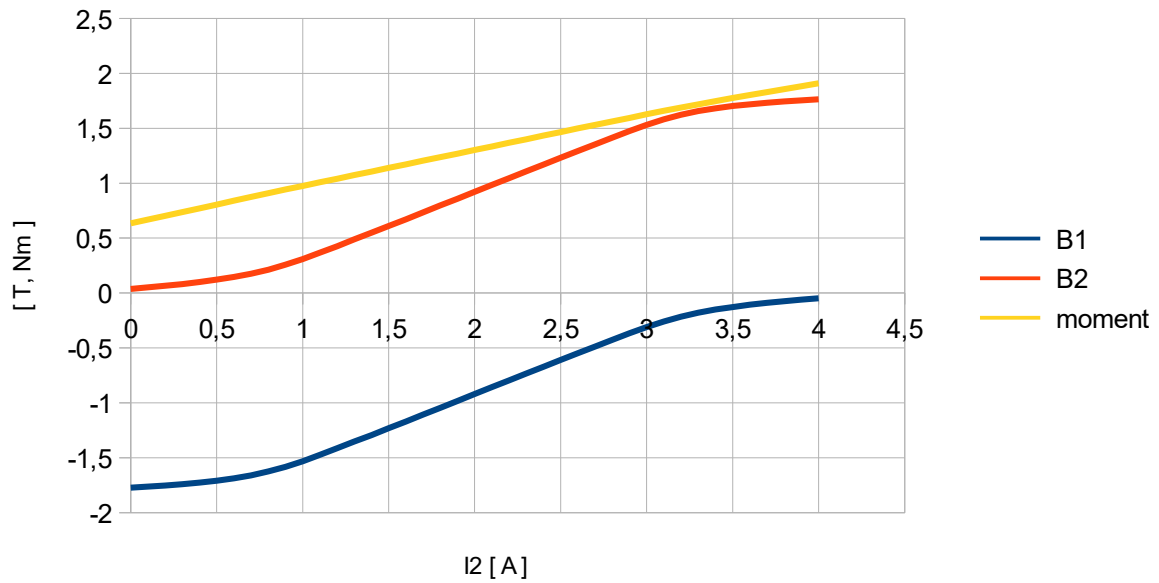
Jestliže potřebujeme stálý proud, použijeme usměrňovač, za který zařadíme tlumivku. Bateriím však pulzující proud nevadí. Naopak, pulzní proud bateriím většinou dělá dobře.



Graf 3: Testování regulace výkonu TG pomocí nesymetrické zátěže – mezera: 1mm



Graf 4: Testování regulace výkonu TG pomocí nesymetrické zátěže – mezera: 2mm, dvojnásobný proud



Graf 4: Testování regulace výkonu TG pomocí nesymetrické zátěže – mezera: 1mm, dvojnásobný proud

### Lua skript pro tvorbu grafů:

```

showconsole()
clearconsole()
print("current , B1, B2, moment")
open("TG.fem")
mi_saveas("temp.fem")
mi_addcircprop("coil",2,1)
for i=0,4.1,0.1 do
    mi_addcircprop("coil2", i,1)
    mi_analyze()
    mi_loadsolution()
    mo_addcontour(50,0)
    mo_addcontour(70,0)
    f,B1=mo_lineintegral(0)
    mo_clearcontour()
    mo_addcontour(-50,0)
    mo_addcontour(-70,0)
    f,B2=mo_lineintegral(0)
    mo_groupselectblock(1)
    m=mo_blockintegral(22)
    print(i,B1,B2,m)
    mo_close()
end

```