

Motorgenerátor s inspirací z Ruska II

© Ing. Ladislav Kopecký, listopad 2017

Ve druhé části článku provedeme drobné upřesnění konstrukce. Abychom byli názorní, budeme předpokládat, že statorové cívky s C-jádry budou 4 a v rotoru bude šest magnetů. Jádra cívek budou složena z izolovaných plechů s příměsí křemíku (trafoplechy), magnety budou neodymové. Aby bylo dosaženo průběhu generovaného napětí pokud možno co nejlíže sinusovce, doporučuji použít magnety tvaru válce. V případě, že jádra cívek budou mít průřez 20x20mm, doporučuji použít magnety o průměru 20mm a výšce minimálně 10mm, například tento typ:

Neodymový magnet - válcový

A - Průměr 20 mm

B - Výška 10 mm

Směr magnetování - na výšku, to znamená jedno čelo válce je "S" a protější čelo je "N"

Třivrstvá povrchová antikorozi ochrana - Nikl + Měď + Nikl

Maximální pracovní teplota - 80 °C

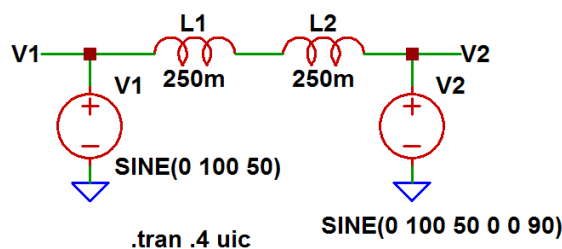
Curierová teplota - 310 °C

Váha magnetu - 23,56 g

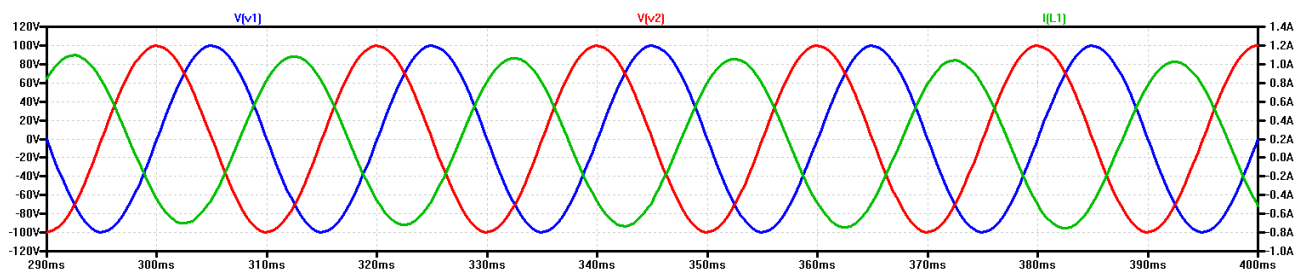
Vlastnosti materiálu magnetu N38

Magnety jsou v rotoru osazeny tak, že každé dva sousední magnety mají opačnou polaritu sever-jih.

Nyní se vrátíme k simulaci:



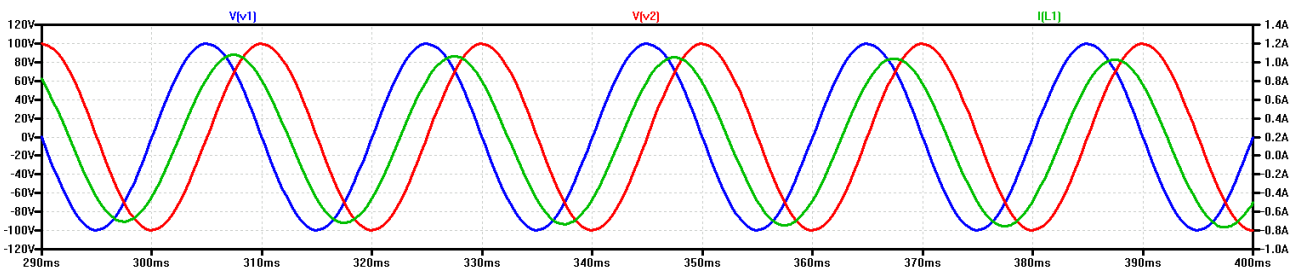
Obr. 1: Model dvou sousedních cívek s roztočeným rotorem



Obr. 2: Průběhy indukovaných napětí v cívkách a společného proudu

Na obrázku 1 máme model dvou cívek motorgenerátoru, které jsou elektricky propojeny. Model jedné cívky se skládá z indukčnosti a zdroje napětí sinusového průběhu. Na obr. 2 jsou zobrazeny průběhy napětí indukovaných v cívkách a průběh společného proudu. Fázový posun těchto napětí je 90° nebo 270°. Tento fázový posun je dán faktem, že v rotoru je 6 magnetů, zatímco ve statoru pouze 4 cívky. Kdyby magnetů byl stejný počet jako cívek, fázový posun by byl 180° a v případě

osmi magnetů v rotoru (a ve statoru 4 cívky), fázový posun by byl nula. Na obr. 3 máme průběh veličin z obr. 2 za předpokladu, že prohodíme vývody jedné z cívek. Pokud se na první pokus motor generátor po ručním roztočení neudrží v rotaci (bude elektricky brzděn), důvod může být ten, že jsme špatně zvolili polaritu cívek. V tom případě jednoduše prohodíme vývody jedné z cívek.



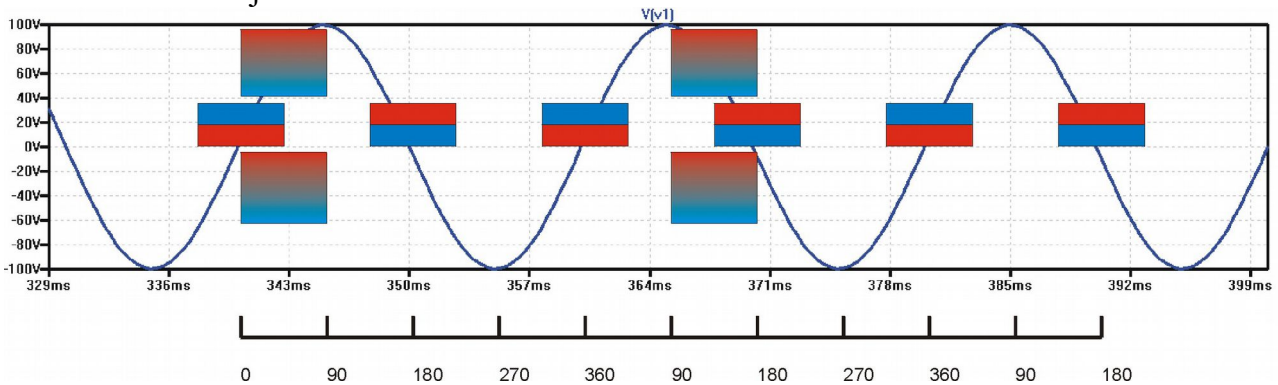
Obr. 3: Průběhy indukovaných napětí v cívkách a společného proudu – obrácená polarita

Nyní se ještě podíváme, jestli je šance, že motorgenerátor bude samovolně rotovat (nebo se o to alespoň snažit) bez přívodu vnější energie. Nejdříve určíme, ve které poloze magnetu vůči pólům statoru bude nejvyšší napětí. Protože indukované napětí u_i závisí na rychlosti změny magnetického toku Φ s časem t

$$u_i = N \cdot d\Phi/dt$$

kde N je počet závitů,

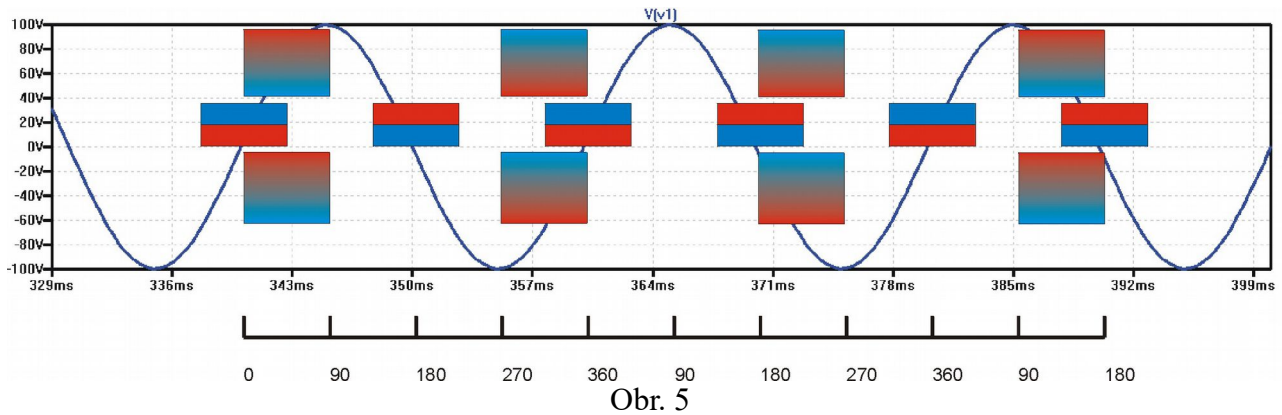
nejvyšší indukované napětí bude v okamžiku, kdy póly statoru jsou přesně mezi dvěma magnety rotoru. Nulové indukované napětí bude v okamžiku, kdy magnet je přesně mezi póly statoru. Názorně to můžete vidět na obr. 4, kde máme zobrazeno 6 magnetů se střídavou polaritou sever-jih a do toho je zakreslena sinusovka indukovaného napětí jedné z cívek. Nyní můžeme určit polohu rotoru v okamžiku, kdy cívkami teče maximální proud (amplituda proudu). Z obr. 2 nebo 3 je zřejmé, že je to přesně uprostřed mezi dvěma vrcholy (amplitudami) sinusovek indukovaného napětí. Víme, že jejich vzdálenost je 90° , takže k amplitudě proudu dochází přesně v okamžiku, kdy magnet rotoru je 45° od polohy, kdy se nachází přesně mezi dvěma páry pólů. V okamžiku amplitudy proudu jsou tedy oba magnety v poloze, kdy dochází k maximálnímu tahu. Nyní jde o to, aby oba magnety působily stejným směrem. To znamená, že jeden magnet musí dvojici pólů být přitahován, druhý odpuzován. Pokud budou oba magnety póly přitahovat, výsledný efekt bude nulový, protože tyto síly se budou vzájemně rušit. Aby se motorgenerátor samovolně točil, musí být splněny dvě podmínky. Zaprvé, musí být mezi indukovaným napětím dvou elektricky spojených cívek fázový posun 90° , zadruhé, musí jedna pólová dvojice statoru nejbližší magnet v rotoru odpuzovat a druhá dvojice pólů přitahovat. Názorně to vidíme na obr. 4, kde nad a pod magnety rotoru máme zobrazeny dvě dvojice pólů statoru. Dvojice pólů vlevo má souhlasnou polaritu jako nejbližší magnet v rotoru, takže ho odpuzuje, zatímco pólová dvojice vpravo nejbližší rotorový magnet přitahuje, protože má vůči magnetu polaritu opačnou. To znamená, že oba magnety budou rotor tlačít/táhnout jedním směrem.



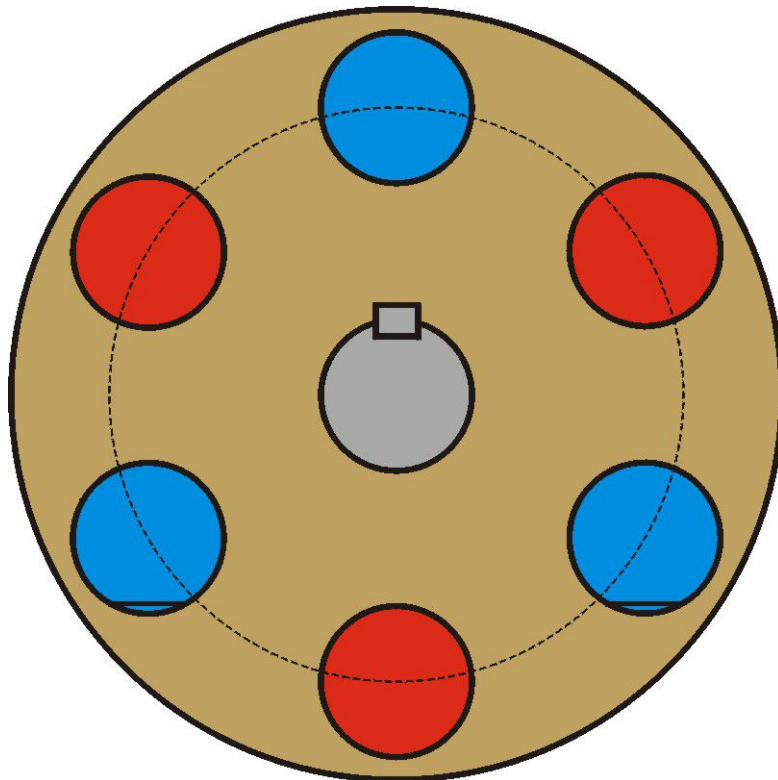
Obr. 4

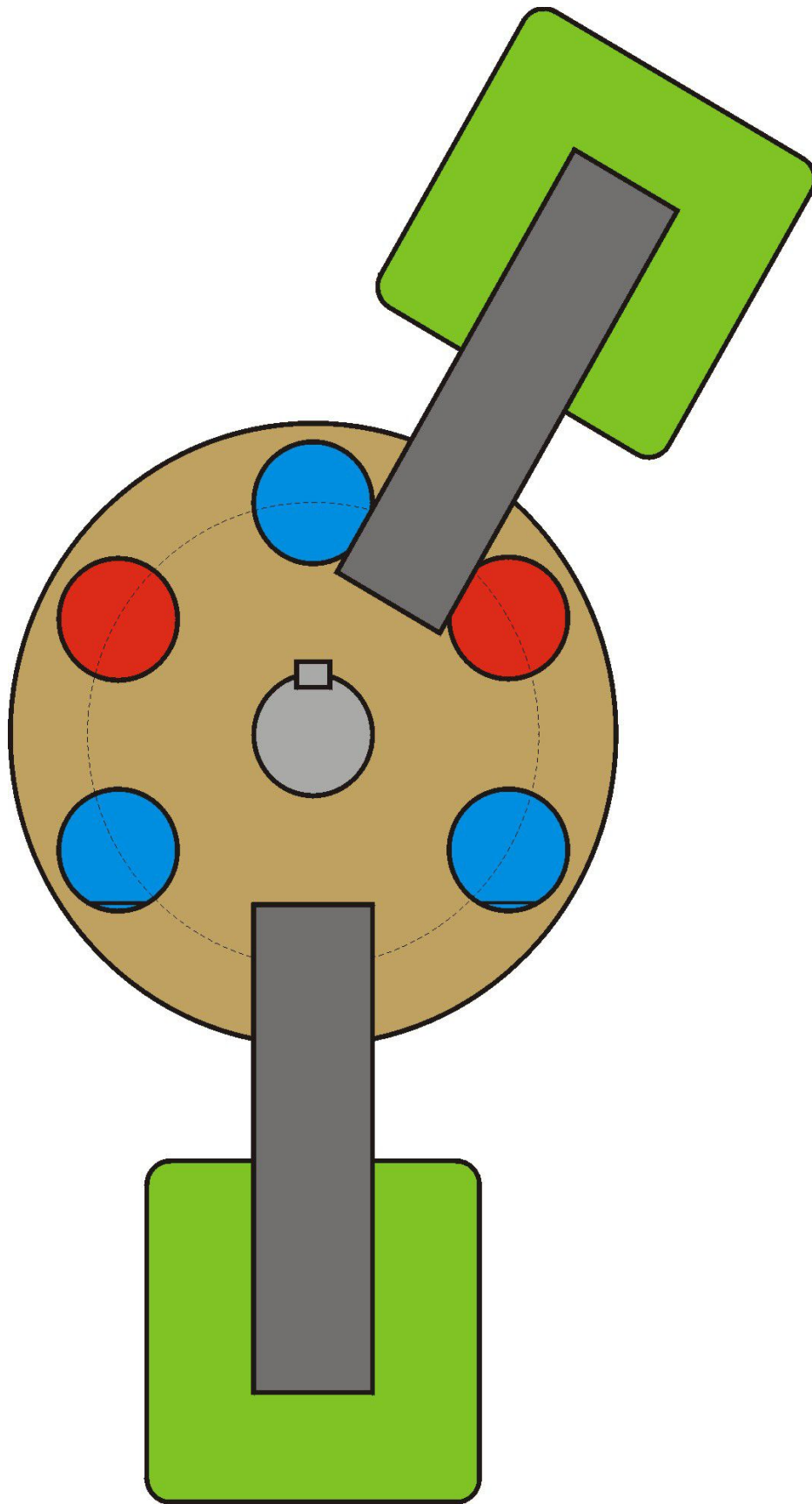
Nakonec ještě musíme určit vzájemnou vzdálenost dvojic statorových pólů. Pokud mají obě cívky s

C-jádry mít stejnou polaritu (jsou propojeny začátky a konce cívek), musí být poloha pólových dvojic vůči magnetům v rotoru taková, jak je nakreslena na obr. 4 a fázový posun musí být 90° . Jelikož to fyzicky není možné zajistit, musíme k této hodnotě přičíst 360° . Během jedné otáčky rotoru dojde v jedné satorové cívce k vygenerování tří period sinusového napětí. Jestliže dvě dvojice pólů jsou od sebe elektricky vzdáleny $360 + 90 = 450^\circ$, mechanická vzdálenost bude třetinová, tj. $450/3 = 150^\circ$. V tomto případě můžeme mít pouze dvě satorové cívky. Nyní vyšetřeme případ, kdy sousední cívky mají opačnou polaritu. Aby se rotor točil, musí být poloha magnetů v rotoru a pólových dvojic satoru taková, jak ukazuje obr. 5.

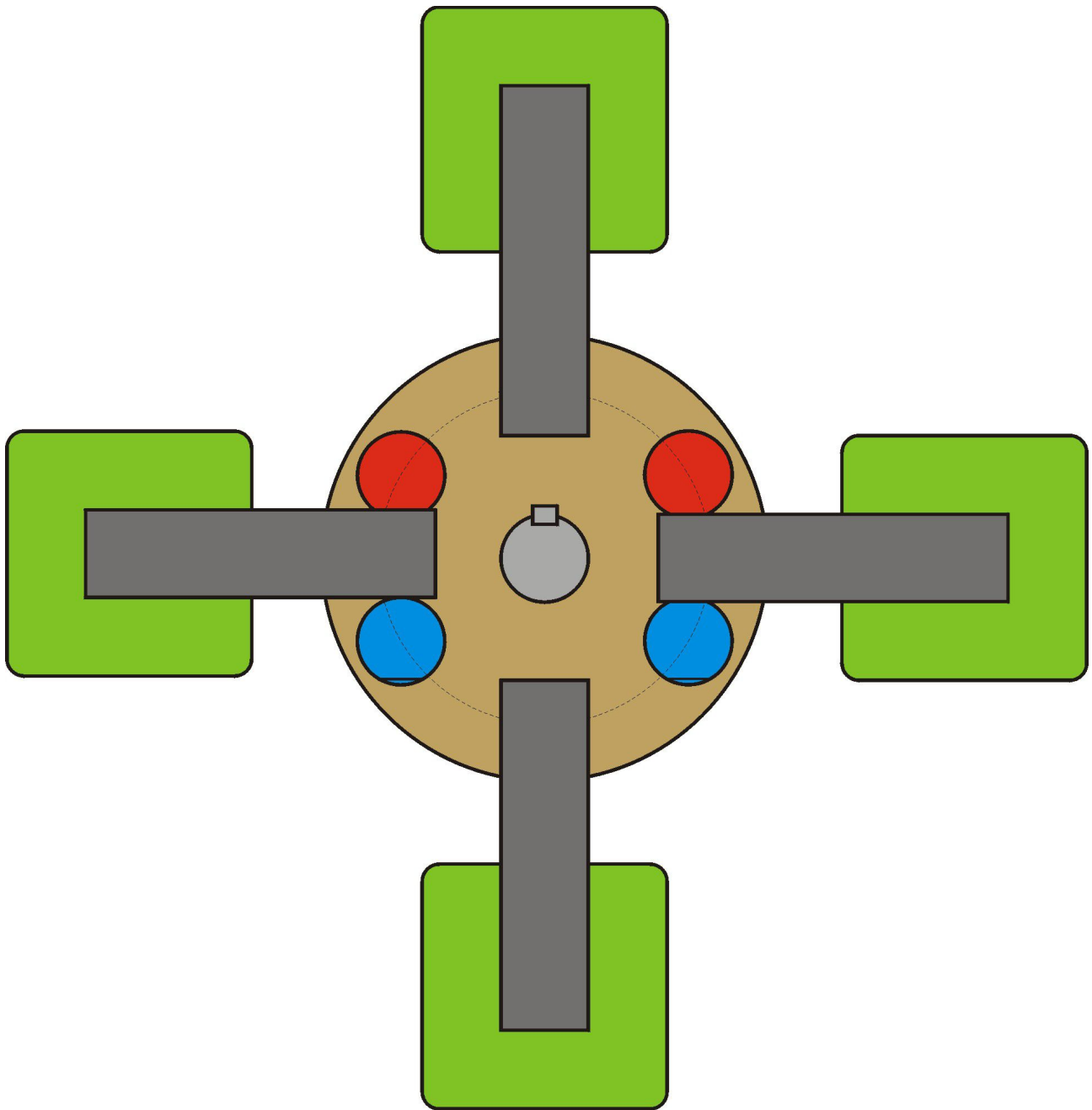


V tomto případě je elektrická vzdálenost mezi sousedními cívkami 270° a mechanická vzdálenost je $270/3 = 90^\circ$, takže můžeme osadit 4 satorové cívky. Na dalších obrázcích máme nákresy, které mohou sloužit jako podklady pro konstrukci motorgenerátoru. Bylo by vhodné, aby konstrukce umožňovala použít obě varianty, tj. se dvěma a se čtyřmi satorovými cívkami.





Obr. 7: Motorgenerátor se dvěma cívkami



Obr. 8: Motorgenerátor se čtyřmi cívkami