

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh bezkartáčového stejnosměrného motoru

autor: Vojtěch Štván

2012

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá celkem novou technologií výroby a principu elektrických motorů.

V první části je práce zaměřena na funkci a princip těchto motorů. Ve druhé části se zabívám samotným návrhem bezkartáčového stejnosměrného motoru.

Klíčová slova

Abstract

This thesis deals with the total production of the new technology and the principle of electric motors.

The first part of the thesis focuses on the function and principle of these motors. In the second part of the two engage in the actual design brushless DC motor.

Key words

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V plzni dne . . .2012

jméno příjmení

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Vladimíru Kindlovi, za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

Úvod

Cílem této práce je popsat a vysvětlit princip (BLDC) stejnosměrných bezkartáčových motorů. Vyjmenovat a vysvětlit jejich výhody a nevýhody a porovnat s motory stejného principu, které se již sériově vyrábí a jejich použití. V druhé části práce jdu o praktickou část, kde se pokusím navrhnout BLDC motor ve výkonovém intervalu 300-400W. Návrh tohoto motoru by mohl sloužit pro pohon kola, tkz. motokola.

Seznam obrázků

Strana

Seznam tabulek

Strana

Seznam symbolů

1. BLDC motory

BLDC (Brushless DC) nebo taky EC (Electronically commutated) motory jsou bezkartáčové stejnosměrné motory s elektronickou komutací namísto mechanické pomoci kartáčů. Díky tomu mají oproti indukčním nebo kartáčovým stejnosměrným motorům mnoho výhod. Na druhou stranu patří mezi nejdrazší typy motorů. základní dělení přepětí

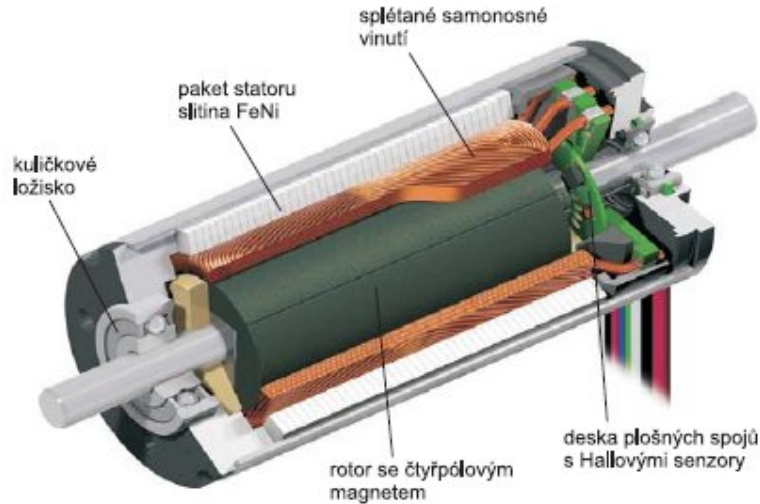
Některé z výhod BLDC motorů:

- lepší poměr rychlosti a kroutícího momentu
- vysoká dynamická odezva
- vysoká efektivita
- dlouhá životnost
- tichý chod
- vyšší rychlost otáčení
- menší spotřeba proudu
- menší velikost a tím i hmotnost

BLDC motory mají všestranné využití, používají se v elektrotechnice, lékařství, uvést CD či DVD přehrávače a rekordéry, ventilátory a podobně. Přepětí dle podmínek vzniku automobilovém průmyslu, letectví, spotřební elektronice a dalších. Jako příklad lze

1.1. Popis BLDC motoru

BLDC motor patří do skupiny synchronních motorů a strukturou je podobný střídavému třífázovému synchronnímu motoru. To znamená, že magnetické pole generované státorem a magnetické pole generované rotorem mají stejnou frekvenci.



Obr. 1. BLDC motor s Hallovými sondami [1.]

1.2. Stator

BLDC motory se vyrábí jednofázové, dvoufázové a třífázové. Podle daného typu má stator odpovídající počet budících vinutí. Nejpopulárnější jsou však motory třífázové. Stator je zde tvořen třemi budícími vinutími, která jsou zapojena do hvězdy. Každé vinutí navíc bývá tvořeno z několika propojených cívek. Každé vinutí je rozloženo po obvodu tak aby vznikl lichý počet pólů. Rotor je tvořen permanentními magnety a může být v provedení vnitřním, vnějším nebo paralelně se státorem.

1.3. Rotor

Rotor je tvořen permanentními magnety a mívá od dvou do osmi dvojic pólů, u kterých se střídá severní a jižní pól magnetu. Může být v provedení vnitřním, vnějším nebo paralelně se statorem.

Na základě potřebné hustoty magnetického pole se volí materiál, z kterého jsou magnety vyrobeny. Většinou se používá feritových magnetů, ale poslední dobou jsou stále populárnější silné magnety z ušlechtilých slitin (např. Neodymium). Ty jsou sice drahé, ale při stejné velikosti motoru dosahují většího kroutícího momentu. To umožňuje další zmenšování rotoru respektive celého motoru při zachování stejného kroutícího momentu.

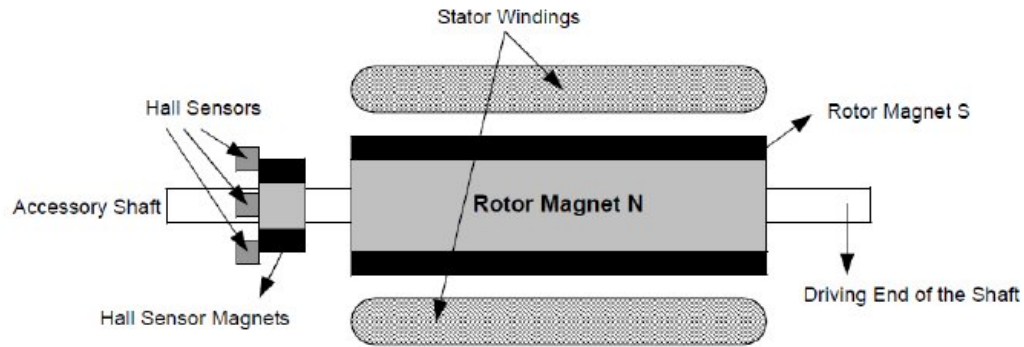
1.4. Elektronická komutace BLDC motoru

Elektronická komutace BLDC motoru spočívá v postupném spínání jednotlivých vinutí. Stejnosměrné napájecí napětí se střídavě připojuje ke dvěma ze tří vinutí, kde jedno je buzeno kladným napětím (proud vstupuje do vinutí) a druhé je buzeno záporným napětím (proud vystupuje z vinutí), třetí vinutí zůstává nevybuzeno (neprochází zde žádný proud).

Kroutící moment je pak vytvořen interakcí mezi magnetickým polem generovaným vinutími a magnetickým polem permanentních magnetů v rotoru. Největší kroutící moment vzniká ve chvíli kdy jsou tato pole vůči sobě pootočená o 90° . Pro správný běh motoru je nutné aby se magnetické pole generované vinutími posouvalo a stále dohánělo magnetické pole ze statoru. Toho lze docílit dvěma způsoby. Měřením naindukovaného napětí v neaktivním vinutí, nebo ze známé aktuální polohy rotoru. Tu lze snímat různými způsoby.

1.5. Snímání polohy – Hallové sondy

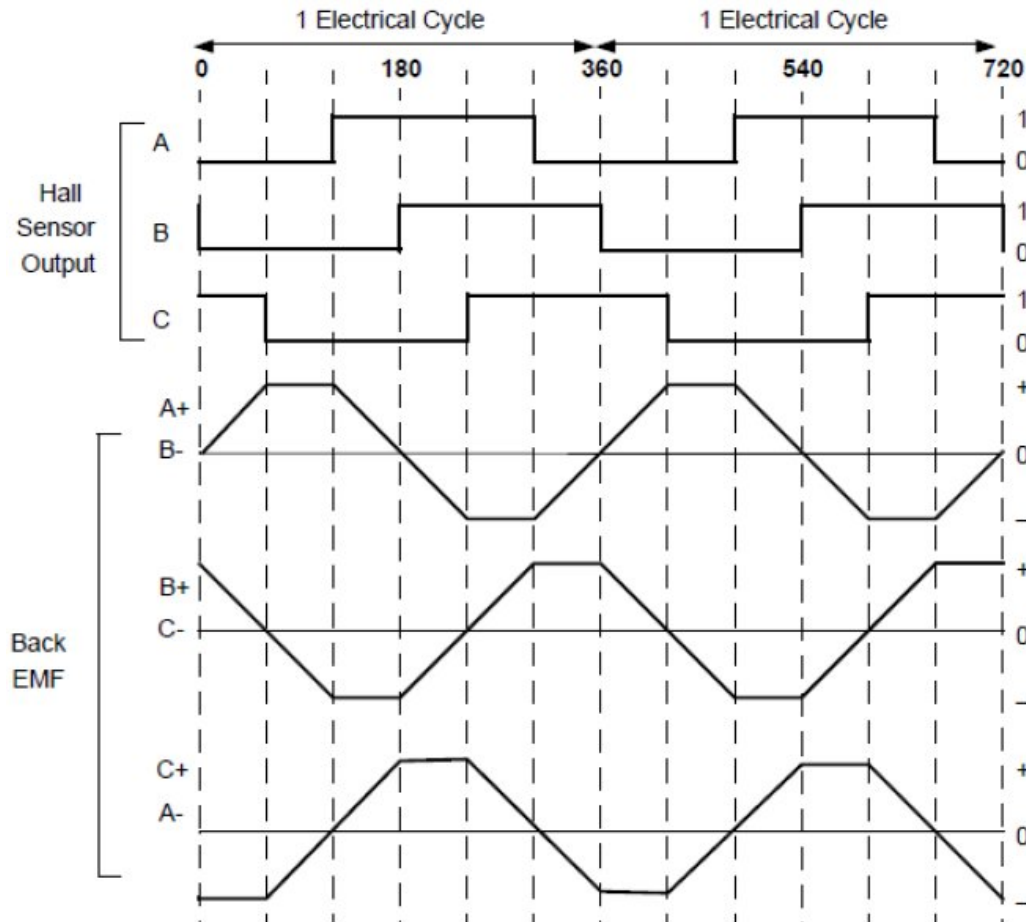
Snímání polohy je nejčastěji realizováno senzory na bázi Hallova efektu, které již z pravidla bývají v motoru zabudovány. Pokud se v blízkosti takového senzoru objeví magnetické pole, generuje tento kladné nebo záporné napětí v závislosti na pólu magnetu (sever nebo jih). Většina třífázových BLDC motorů má tři Hallové sondy umístěné na statoru a vzájemně posunuté o 60° nebo 120° . Umístění těchto senzorů musí být velmi přesné jinak by docházelo k chybnému vyhodnocení polohy a tím pádem ke špatné komutaci.



Obr. 2. BLDC motor s Hallovými sondami

1.6. Elektronická komutace bez použití senzorů

Každé vinutí generuje při otáčení motoru napětí, které se nazývá „zpětná elektromotorická síla“ neboli back EMF. Toto napětí má opačnou polaritu než napětí na cívku přiváděné a je úměrné rychlosti otáčení motoru. Jeho nevýhodou je, že motor musí běžet na nějakých minimálních otáčkách, aby bylo možné EMF vůbec měřit. Výhodou je pak jednodušší konstrukce, nižší cena a možnost použití v prostředích kde hrozí silné znečištění Hallových sond, které pak nejsou schopny reagovat na permanentní magnety v rotoru. Průběh EMF koresponduje s průběhem výstupu z Hallových sond, viz *Obr. 3*. Průběhy EMF v jednotlivých fázích. Komutace jednotlivých vinutí je prováděna při průchodu EMF signálu nulovým potenciálem.



Obr. 3. Průběhy EMF v jednotlivých fázích

1.7. Řízení otáček BLDC motoru

Řízení otáček BLDC motoru je realizováno regulací napájecího napětí. K tomu se využívá pulzně šířková modulace PWM, kde průměrná hodnota napájecího napětí je dána vzájemným poměrem četností stavů zapnuto a vypnuto (střídou signálu). Nepsaným pravidlem je, že frekvence PWM by měla být alespoň desetkrát vyšší než je frekvence otáčení motoru.

V závislosti na tom, zda se používá zpětná vazba či nikoli, lze řízení rozdělit na:

- Pulsní PWM algoritmus v otevřené smyčce – pouze vytváří potřebnou úroveň napětí, které je úměrné rychlosti otáčení a předpokládá, že se motor točí. Tento

způsob lze dobře použít při známé a konstantní mechanické zátěži. V opačném případě se riskuje zablokování motoru.

- Pulsní PWM algoritmus v uzavřené smyčce a jeho variace – buď jen jednoduchý PWM algoritmus, který pouze dle zpětné vazby řídí nebo nastavuje periodu, což je vhodné jen pro pomalu se měnící zatížení hřídele, nebo složitější, ale přesné řízení generování pulsů. Zde se pak řídí střída i frekvence podle požadavku na rychlost otáčení a výsledků zpětné vazby. V případě uzavřené smyčky lze tak vcelku přesně řídit rozběh i brždění stejnosměrného elektromotoru.

2. Návrh BLDC motoru

Závěr

Použitá literatura

[1.] Autor: Doc. Ing. Vladislav Singule, CSc.

[2.]Dr. Hanselman Duane, Brushless permanent magnet motor design (second edition)

Použité programy