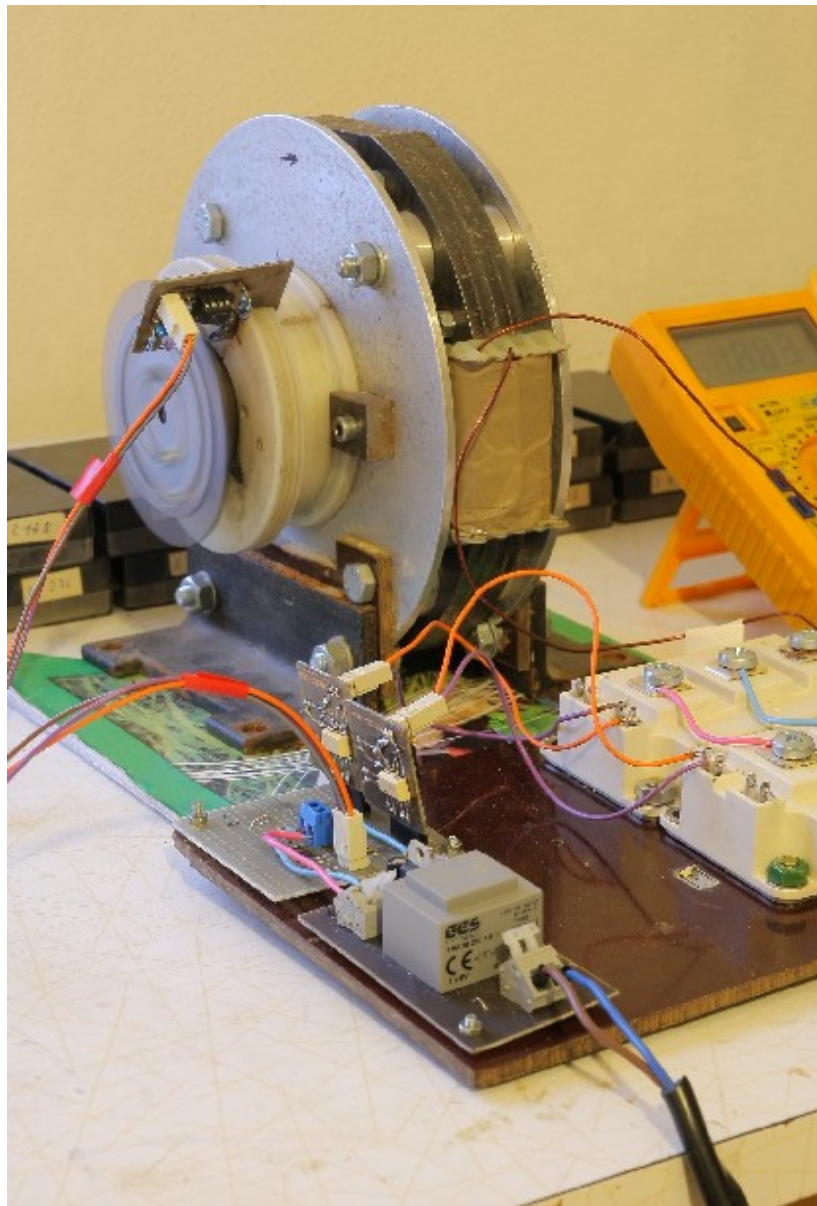


Reluktanční motor a ztráty vířivými proudy

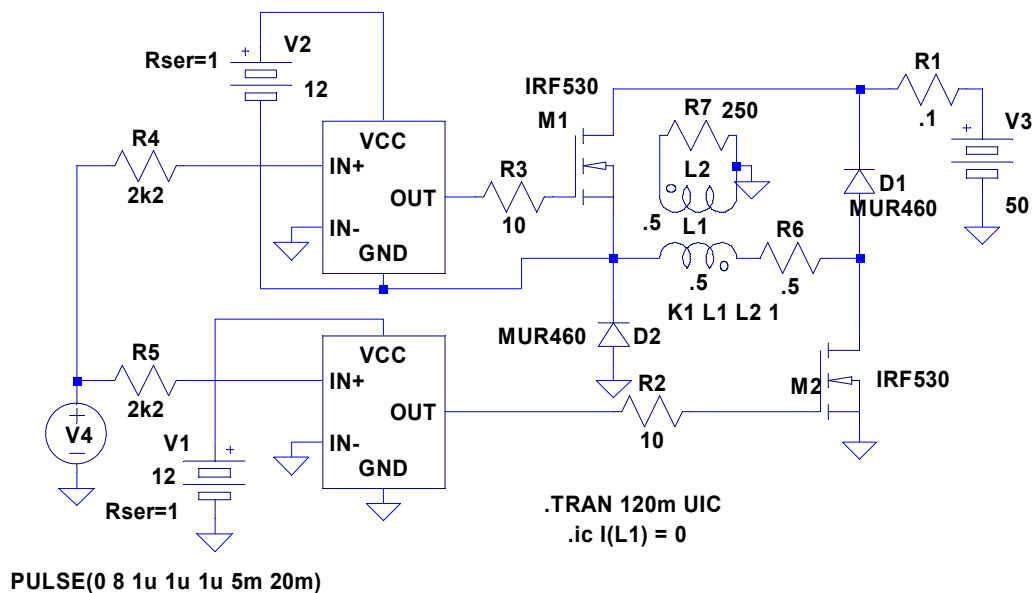
© Ing. Ladislav Kopecký, 7.11.2009

Postavil jsem jednofázový reluktanční motor s jednou cívkou a jedním magnetem ve statoru. Protože mi šlo především o ověření, že to skutečně funguje a abych ušetřil finance, nechal jsem magnetický obvod vyrobít z plného železa a ne z křemíkových vzájemně izolovaných plechů pro zamezení vzniku vířivých proudů, jak je obvyklé (viz obr. 1 níže). Bohužel se ukázalo, že vířivé proudy mají zřejmě na účinnost motoru zhoubnější vliv než jsem předpokládal. Co teď s tím?



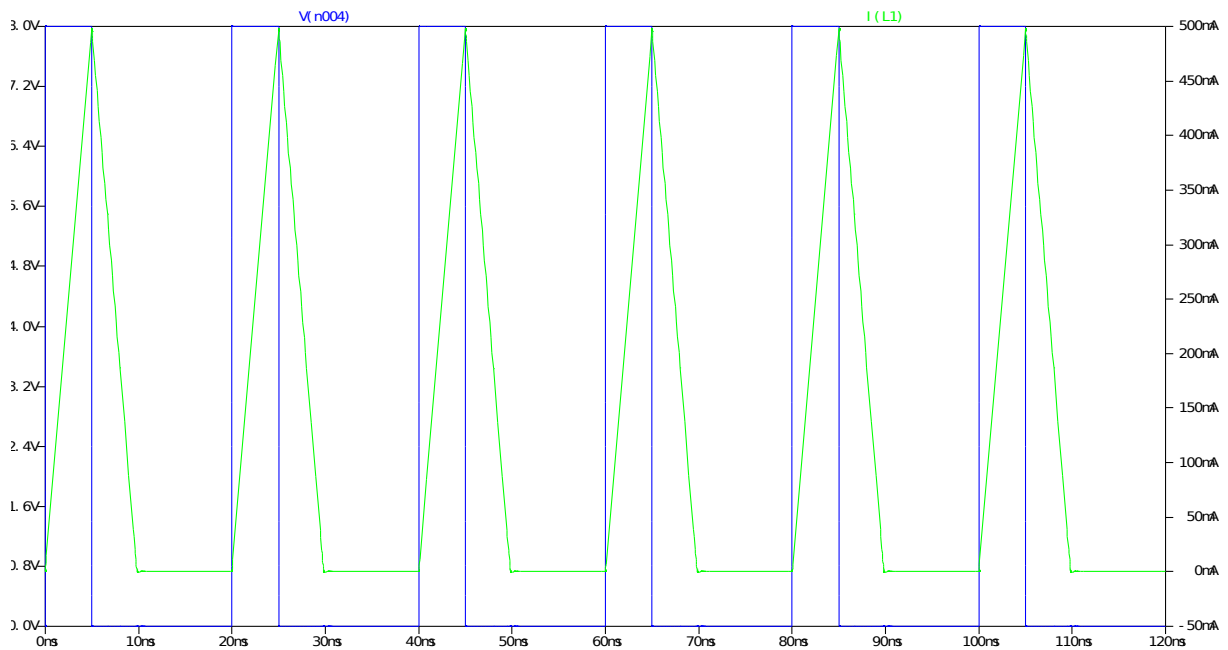
Obr. 1. Prototyp reluktančního motoru.

Rozhodl jsem se vliv vířivých proudů nasimulovat pomocí programu SwitcherCAD, který se používá pro vývoj spínaných zdrojů a firma Linear Technology jej zdarma nabízí ke stažení. Na obr. 2 můžete vidět simulační schéma zapojení elektroniky.



Obr. 2. Simulační schéma zapojení elektroniky.

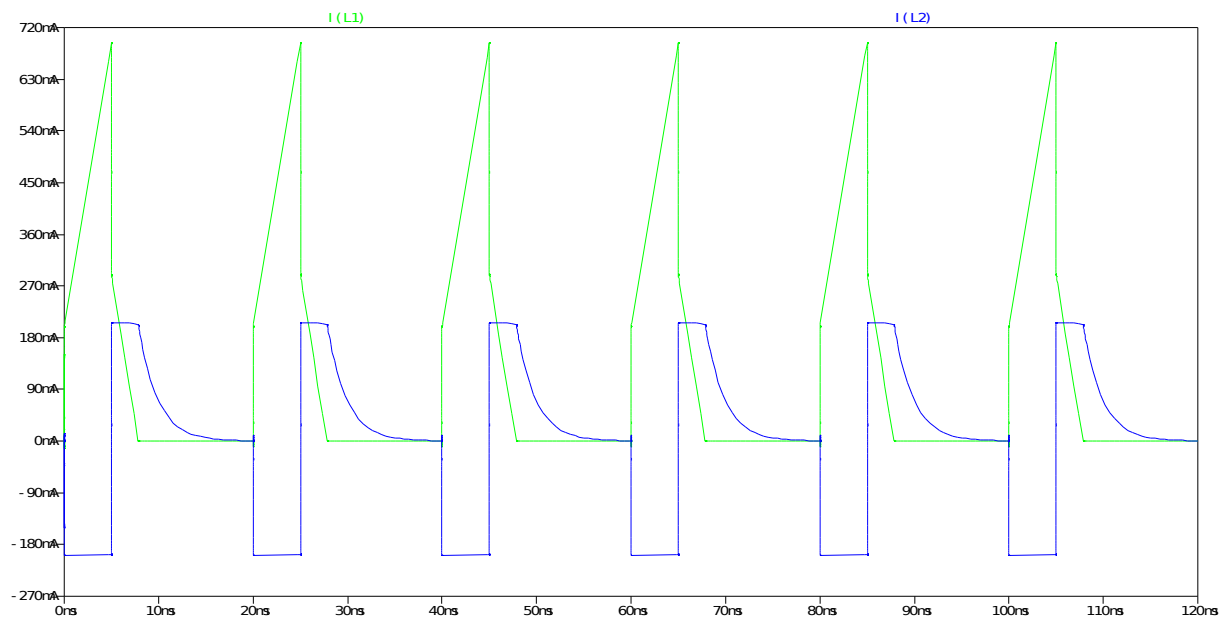
Hodnoty součástek ani indukčnost a činný odpor vinutí motoru neodpovídají realitě, šlo mi především o demonstraci vlivu vířivých proudů principiálně. Vinutí představuje cívka L1 a její činný odpor zastupuje rezistor R6. K této cívce je indukčně navázána cívka L2, ke které je paralelně připojen odpor R7. L2 a R7 představují ztráty vířivými proudy – čím bude hodnota odporu R7 menší, tím bude vliv vířivých proudů větší. Pro začátek zvolme hodnotu $R7 = 100\text{k}\Omega$, čímž bude vliv vířivých proudů prakticky nulový. Průběh proudu vinutím vidíte na obr. 3 dole.



Obr. 3. Průběh proudu vinutím bez vlivu vířivých proudů.

Světle zelená čára představuje proud tekoucí cívkou, modrou barvou je zobrazen průběh řídicích impulsů pro výkonové spínací tranzistory M1, M2 typu MOSFET. Vidíte, že tyto impulsy jsou velmi krátké v poměru k jejich periodě a že průběh proudu tvoří téměř rovnostranné trojúhelníky. Je to proto, se jedná o téměř dokonalou cívku s malými činnými ztrátami a bez ztrát vířivými proudy.

Nyní odpor R7 zmenšíme na hodnotu, která je uvedena na obr. 2. Podívejme se, co se stane:



Obr. 4. Průběh proudu vinutím a vířivých proudů.

Na obr. 4 vidíme opět světle zelenou barvou označený průběh proudu vinutím, ale modrá barva tentokrát značí průběh proudu cívkou L2, která spolu s R7 představuje vliv vířivých

proudů. Když porovnáme obr. 3 a 4, vidíme, že amplituda proudu vzrostla z 500mA na 700mA a že rozdíl 200mA představuje amplituda vířivých proudů. Z obr. 4 je také zřejmé, že vlivem vířivých proudů se sice zvětší amplituda proudu ve vinutí, ale vířivé proudy způsobí, že magnetické účinky cívky jsou stejně jako v případě, že vířivé proudy neúčinkují (obr. 3), protože oba proudy v této fázi působí proti sobě. To ale ještě není všechno. Všimněte si, že jakmile spínací tranzistory rozepnou, obrátí se polarita vířivých proudů a začnou působit ve shodě s proudem vinutí motoru. Je zajímavé, že proud cívkou L2 (modrý průběh) je po dobu, dokud proud cívkou L1 neklesne na nulu, téměř konstantní. Po zániku proudu v L1 (zelený průběh) začne proud v L2 klesat podle exponenciální křivky.

Závěr

Z výše uvedeného je zřejmé, že vířivé proudy mohou mít na činnost reluktančního motoru velmi negativní vliv v tom případě, že budící pulzy do vinutí motoru jsou široké (blíží se střídě 1:1), protože vířivé proudy doznívají velmi pomalu a zasahují do oblasti za neutrální polohou rotoru, kdy dochází k brždění rotoru. Jestliže jsme si tohoto faktu vědomi, můžeme se negativním účinkům vířivých proudů úplně (nebo téměř úplně) vyhnout tím, že proudové impulsy přiměřeně zkrátíme a zároveň zvýšíme napájecí napětí, abychom dosáhli optimálního budícího proudu za kratší dobu. Někdo může namítnout, že v tomto případě je motor méně využit než při střídě blízké se hodnotě 1:1. S tím musím souhlasit, ale i na to existuje řešení, ale o tom si povíme až někdy příště.