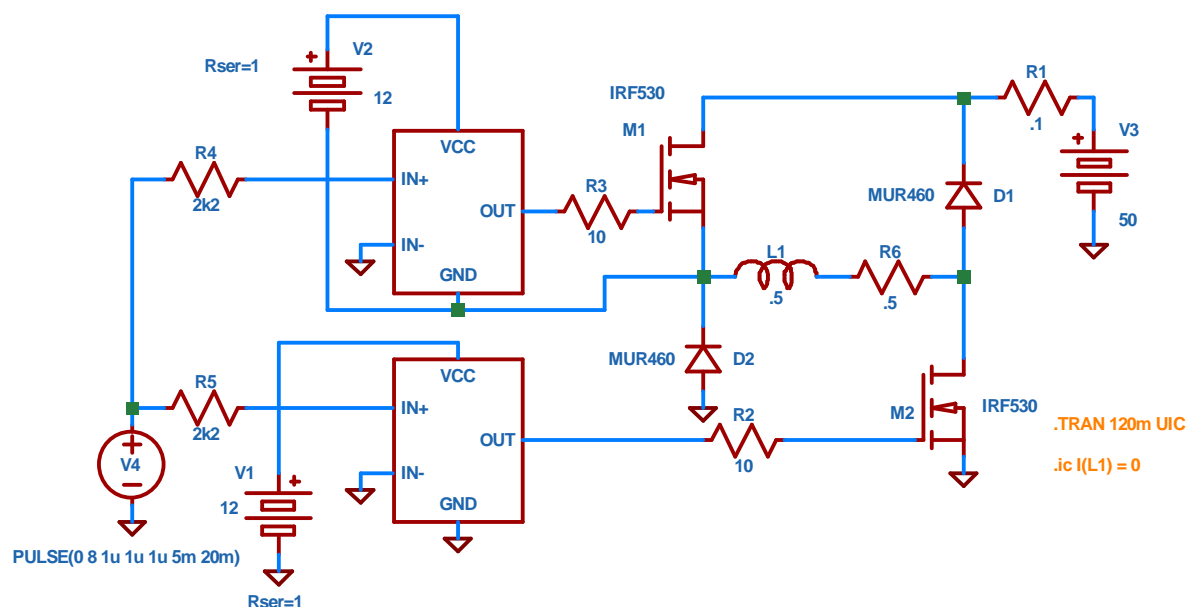


Řízení reluktančního motoru

(c) Ing. Ladislav Kopecký, 2007

V současné době dochází ve světě k širšímu uplatnění tzv. reluktančních motorů. (Bohužel České republice se tento trend zatím vyhýbá.) Svůj název dostali od „reluktance“, což je, cituji ze slovníku cizích slov, *magnetický odpor v uzavřeném magnetickém obvodu odpovídající ohmickému odporu elektrického obvodu*. Motor má ve statoru i v rotoru vyniklé póly. Ve statoru je na těchto pólech vinutí, kdežto v rotoru nikoli, což je výhodné, protože odpadá vyvažování rotoru a motor může dosahovat obrovských otáček. Také účinnost tohoto motoru je velmi vysoká, neboť se vlivem magnetického pole rotoru ve statorovém vinutí neindukuje žádné napětí, které by působilo proti napájecímu napětí. Ovšem za předpokladu, že byla podniknuta účinná opatření, zamezující vzniku vířivých proudů. Jak takový motor funguje? Pokud do statorového vinutí přivedeme proud, vznikne ve vyniklých pólech statoru magnetické pole, které působí na póly rotoru tak, aby se minimalizovala reluktance magnetického obvodu, odtud tedy jejich název. Je důležité, aby ve vhodném okamžiku byl do cívek proud přiveden a potom opět vypnut. Proto je třeba znát přesnou polohu pólů rotoru vůči statoru. Běžně se používají čidla polohy na bázi optických závor nebo Halových sond. K jejich výkonovému řízení se používá tzv. nesymetrický můstek, který můžete vidět na obr.1.



Obr. 1. Nesymetrický můstek pro řízení reluktančního motoru.

Funguje tak, že ve vhodný okamžik se sepnou oba tranzistory M1, M2. Když dojde k jejich vypnutí, otevřou se diody D1, D2, které energii cívky odvedou zpátky do zdroje. Odpor R6 představuje odpor vinutí a odpor R1 nám bude složit k demonstraci, že skutečně po odpojení zdroje V3 se proud vrací zpátky do tohoto zdroje.

Než si to předvedeme, řekneme si něco z teorie. Po sepnutí tranzistorů stoupá proud v cívce podle exponenciální funkce:

$$i = U/R(1 - e^{-R/L \cdot t})$$

Když tuto rovnici zderivujeme podle času,

$$di/dt = U/L \cdot e^{-R/L \cdot t}$$

dostaneme směrnicí $di(t)/dt$ tečny v čase t . V čase $t = 0$ bude platit

$$di(0)/dt = U/L$$

Pro $t \ll L/R$ přibližně platí

$$I/t = U/L$$

odkud

$$I = (U/L) \cdot t$$

nebo

$$t = L \cdot I/U$$

Předposlední vztah nám udává, jak velkého proudu bude dosaženo v čase t , jestliže napětí zdroje je U a indukčnost cívky L . Jak bylo výše řečeno, je to přibližný vztah, který platí s dostatečnou přesností pouze pro krátké časy.

Předpokládejme, že v čase t dosáhne proud hodnoty I . Cívka získala energii

$$W = 1/2 \cdot L \cdot I^2$$

Nyní určíme dobu t , za kterou proud, po odpojení cívky od zdroje, poklesne zase k nule. Za předpokladu, že veškerá energie obsažená v cívce se vrátí zpět do zdroje, platí

$$E = 1/2 \cdot U \cdot I \cdot t$$

V tom případě platí

$$W = E = 1/2 \cdot L \cdot I^2 = 1/2 \cdot U \cdot I \cdot t$$

odkud

$$t = L \cdot I/U$$

což je vztah, který platí i pro dobu t , za kterou vzroste proud na hodnotu I . Můžeme tedy říci, že za výše uvedeného předpokladu a při zanedbání ztrát platí, že čas potřebný k vzrůstu proudu na hodnotu I se rovná době, která je potřeba, aby tento proud poklesl opět k nule. Přitom předpokládáme, že energie potřebná k vybuzení cívky se vrátí všechna zpátky do zdroje.

Označme t_u (u jako up) jako čas potřebný ke vzrůstu proudu na hodnotu I a t_d (d jako down) jako čas potřebný, aby proud klesl k nule. Poměr

$$t_d/t_u$$

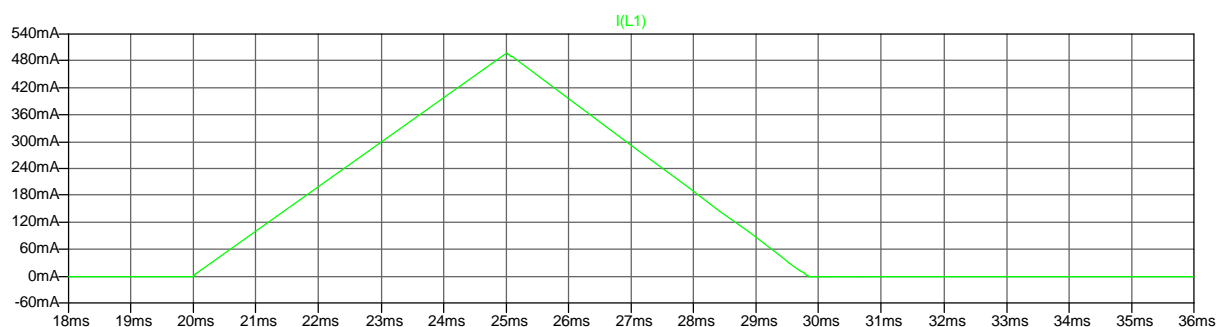
udává míru ztrát, o něž se do zdroje vrátí méně energie než se ze zdroje odebere.

Pro ilustraci si spočítejme příklad. Máme zdroj o napětí $U = 50V$, Indukčnost cívky je $0,5H$, celkový činný odpor obvodu (tj. vinutí, vnitřní odpor zdroje, odpor přívodních vodičů a odpor spínačů v sepnutém stavu) je $R = 0,75 \Omega$. (Takových parametrů obvodu lze v praxi obtížně dosáhnout, ale zvolil jsem je proto, abych ilustroval výše uvedenou teorii.) Délka pulzu je 5 milisekund. Máme určit velikost proudu, které je za tuto dobu dosaženo.

Časová konstanta $\tau = L/R = 0,5/0,75 = 0,666 \text{ s}$.

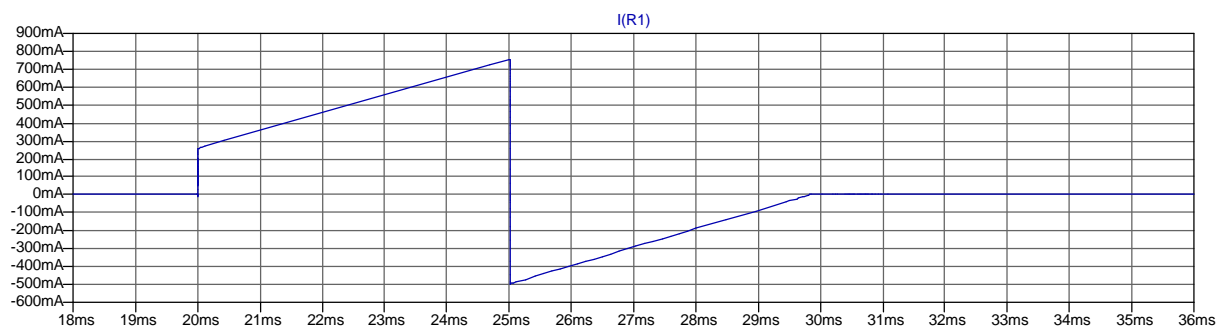
Maximální proud $I = (U/L).t = (50/0,5).0,005 = 0,5A$

Nyní se podívejme na výsledek simulace:



Obr. 2a. Výsledek simulace.

Na obr. 2a vidíme, že se skutečně blížíme k hodnotě $500mA$ a že doba t_d je jen o málo kratší než $t_u = 5ms$. Na dalším obrázku vidíme průběh proudu odporem $R1$. Všimněte si, že tento proud je střídavý, tj. část energie se vrací zpátky do zdroje.



Obr. 2b. Výsledek simulace –pokračování.

Závěr:

Z výše uvedeného plyne, že zde máme dalšího kandidáta na tzv. „overunity“ zařízení, tj. stroj s účinností vyšší než 100%. Podobně jako v případě rezonančního motoru zde musí být použit speciální materiál pro magnetický obvod. Kromě toho musí být splněna podmínka, že časová konstanta cívky je mnohem větší než délka pulzu, který tuto cívku budí. Je zřejmé, že tohoto požadavku nejsnáze dosáhneme za provozu ve vysokých otáčkách.