

# Rezonanční motor - zdroj energie budoucnosti reloaded

(c) Ing. Ladislav Kopecký, 2007

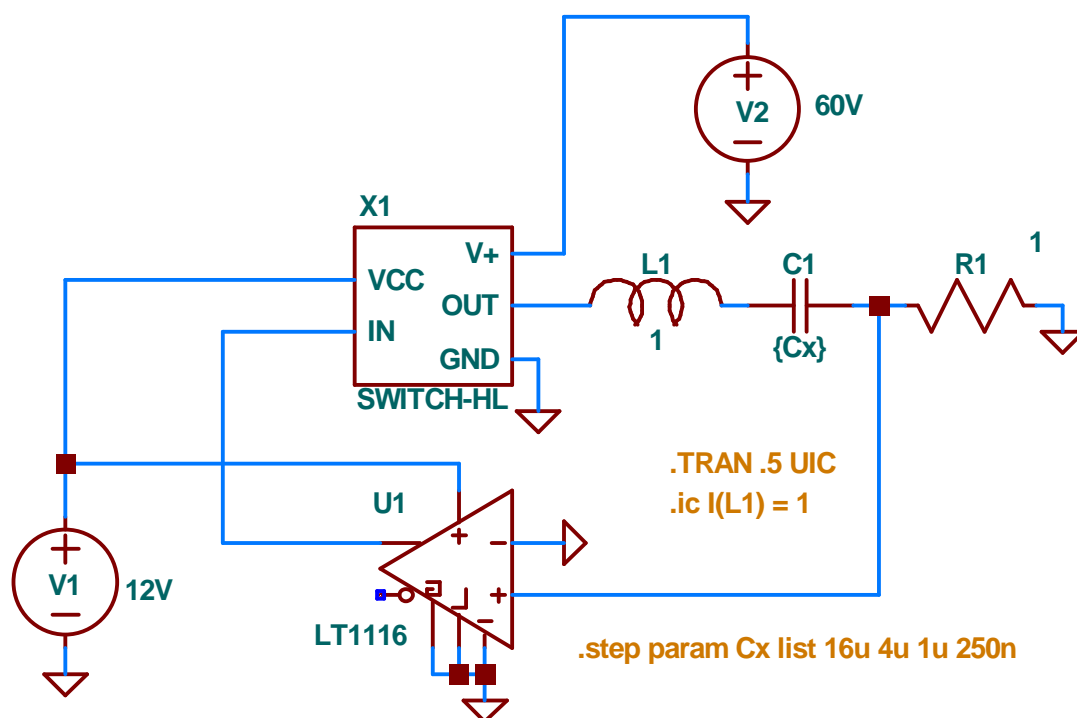
## Úvod

Zhruba před pěti lety, v roce 2002 jsem napsal článek, který jsem poskytl časopisu Elektro, aby jej otiskli. Tehdy jsem vůbec netušil, co všechno bude následovat. Redakční rada, složená převážně (nebo výhradně – přesně to nemám zjištěné) z pedagogů působících na ČVUT, článek rezolutně zamítla s odůvodněním, že kdyby to takto mohlo fungovat, jednalo by se o perpetuum mobile, což oficiální věda nepřipouští. Šéfredaktor tohoto časopisu se dokonce v jednom ze svých úvodníků nechal slyšet, že odborníci můj nápad na stránkách časopisu rozeberou a mé bludy vyvrátí. Velmi jsem se na to těšil, ale bohužel se tak nestalo. Ještě téhož roku na podzim jsem podal přihlášku vynálezu s názvem „Zapojení pro rezonanční řízení jednofázového motoru“. Loni na jaře jsem obdržel patent. Povzbuzen tímto úspěchem jsem opět oslovil zmíněného šéfredaktora, aby můj „případ“ znovu otevřel, abych dostal další možnost svůj článek obhajovat. Bylo mi slíbeno zprostředkování setkání se členy redakční rady, kde budu mít příležitost své myšlenky obhájit. Schůzka se uskutečnila v červnu 2006 (přesné datum si již nepamatuji) na akademické půdě ČVUT, konkrétně na katedře Pohonů a trakce. V místnosti velikosti školní třídy se sešlo, odhaduji, deset ctihodných pánů, jejichž věkový průměr byl zhruba 60 let. Bohužel se ukázalo, že nikdo z nich můj patentový spis nečetl, zato všichni měli jasno: je to nesmysl, protože to je perpetuum mobile, bez ohledu na skutečnost, že na to byl udělen patent. Nakonec se to zvrhlo ve frašku a nechyběly ani osobní útoky (naštěstí pouze slovní) na moji osobu. Chvilí mi trvalo, než jsem opět nabyl duševní rovnováhu, ale potom jsem se opět pustil do práce: výsledkem bylo elektronické zařízení pro rezonanční řízení dvoufázového krokového motoru. Je pochopitelné, že účinnost zařízení nebyla valná, protože použitý krokový motor měl mizerné parametry, nicméně se prokázalo, že princip je v praxi použitelný a aplikovatelný i na střídavé elektromotory větších výkonů, což však vyžaduje vývojové kapacity, které bohužel nemám. Naštěstí se mi naskytla další možnost, jak ve svých výzkumech pokračovat: na internetu jsem náhodou narazil na knížku A. Krejčířika „*Moderní spínané zdroje programem Micropower SwitcherCAD*“ (ISBN 80-86056-78-3). Sice se ukázalo, že publikace je zastaralá, ale program *SwitcherCAD*, již ve třetí verzi, bylo možno zdarma stáhnout ze stránek firmy Linear Technology. Po seznámení se s programem jsem ho začal využívat pro své účely, přestože jeho hlavní určení je podpora vývoje spínaných zdrojů s použitím součástek Linear Technology. Nakonec se mi podařilo nasimulovat rezonanční řízení různých druhů střídavých elektromotorů – od jednofázového, po trojfázový, zapojený do trojúhelníku (což je nejobtížnější případ). To by na úvod stačilo – nyní bude následovat shrnutí hlavních myšlenek zmíněného článku.

## Hlavní motivace pro rezonanční řízení elektrických motorů

Princip elektrické rezonance je znám již více než sto let, avšak dosud se používá téměř výhradně ve sdělovací technice, i když v poslední době začíná pronikat do výkonové elektroniky, konkrétně do spínaných napájecích zdrojů. Světlou výjimkou byl Nikola Tesla, který sériovou rezonanci již v roce 1890 používal pro bezdrátový přenos elektrické energie. Vraťme se však ke spínaným zdrojům. Důvodem pro použití rezonance je omezení spínacích ztrát a rušení, zvýšení spínacích kmitočtů (menší rozměry) a účinnosti spínaných zdrojů. Nyní by měl logicky následovat další krok ve využití rezonance: rezonanční řízení elektromotorů.

Na obr. 1 je nakresleno zapojení, které je jednou z možných realizací vynálezu, o němž byla řeč výše. (Mimochodem, schéma bylo nakresleno programem SwitcherCAD.)



Obr. 1. Realizace vynálezu.

Toto zapojení je podrobně popsáno v patentovém spise číslo 296 623 a zde se jím nebudeme podrobně zabývat. Nás zajímá pouze sériový rezonanční obvod, tvořený cívkou L1 a kondenzátorem C1. Pro rezonanční kmitočet sériového spojení cívky a kondenzátoru platí vztah

$$\omega^2 = 1/LC$$

kde  $\omega = 2\pi f$  je úhlová frekvence,  $f$  je frekvence,  $L$  je indukčnost cívky a  $C$  je kapacita kondenzátoru.

Z učebnic základů elektrotechniky víme, že při sériové rezonanci je impedance rovna činnému odporu  $R$  obvodu  $LC$ , včetně vnitřního odporu zdroje. Jestliže tedy motor provozujeme v rezonančním režimu, jeho příkon  $P_p$  je pouze činný a platí

$$P_p = R.I^2$$

kde  $I$  je efektivní hodnota proudu.

Co z toho plyne? Vyplývá z toho velmi důležitý fakt, že když budeme zmenšovat kapacitu kondenzátoru - nejlépe tak, že budeme mít baterii kondenzátorů, spojených paralelně a spínači je budeme postupně vyřazovat – poroste jednak rezonanční kmitočet a napětí na cívce a kondenzátoru, ale amplituda proudu se teoreticky měnit nebude.

Co to znamená? Jestliže amplituda proudu, procházejícího vinutím motoru, má stále stejnou amplitudu, je rozumné předpokládat, že motor bude mít krouticí moment  $M$  také stále stejný. Jelikož se změnou kapacity otáčky motoru rostou, roste také výkon motoru:

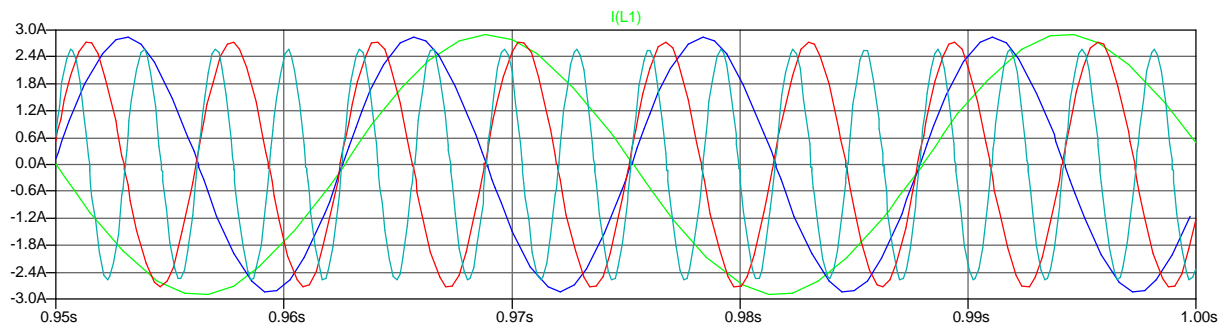
$$P = M \cdot \omega$$

kde  $\omega = 2\pi \cdot n/60$ ,  $n$  jsou otáčky za minutu. Víme, že příkon zůstává teoreticky stejný, což znamená, že musí růst účinnost:

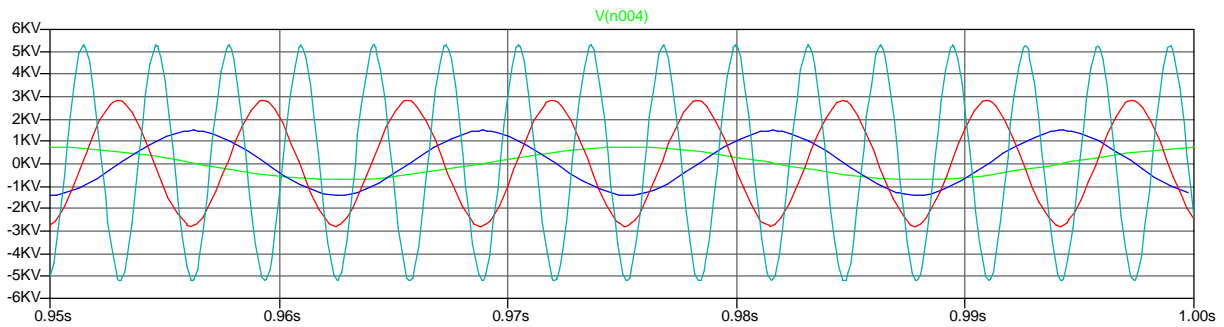
$$\eta = P / P_p$$

Zde se však dostáváme na tenký led a do sporu s oficiální vědou. Otázka zní: Je možné, aby účinnost přesáhla jedničku? Budeme-li uvažovat čistě teoreticky, žádné omezení neexistuje. Někdo může namítnout, proč tedy stroje s účinností přesahující 100% neexistují. Ale existují! Pouze nejsou běžně dostupné a většinová společnost jejich existenci nepřipouští, protože to odporuje jejich zkušenosti. Zvyk má zkrátka železnou košili. Díky internetu se dozvídáme o různých strojích s „COP > 1“ (Coefficient of Performance), ale různé zájmy dosud brání jejich masovému rozšíření. O tom, jak většinová společnost (dav) reaguje na něco, co se vymyká normálu, podrážděně a nepřátelsky, jsem se přesvědčil na vlastní kůži a vím, že prorazit s něčím novým, zvláště v dnešní době, kdy vládne byznys a tvrdý kapitalismus, je nesmírně těžké.

Běžné elektrické točivé stroje však k ideálu, o němž jsem psal výše, mají hodně daleko. Všechny tyto nedostatky jsou však technickými prostředky řešitelné, například volbou vhodných materiálů pro omezení vlivu vířivých proudů, chce to jen vědět, jakým směrem se máme ubírat a tímto směrem vykročit, tj. správně investovat a necpat peníze do různých nesmyslných megalomanských projektů, jako je například tokamak pro horkou fúzi. Nakonec ještě provedeme simulaci pro různé kapacity kondenzátoru C1. Kapacita se snižuje vždy na čtvrtinu předchozí hodnoty, takže se frekvence vždy zvýší na dvojnásobek. Původně jsem měl v úmyslu zpracovat přehlednou tabulku s výpočty a porovnat ji s výstupy simulace. Tento článek je však pojat poněkud lehčeji, proto jsem od toho nakonec upustil a pouze se přesvědčíme o tom, že s frekvencí napětí na kondenzátoru roste, kdežto proud obvodem se příliš nemění.



Obr. 2. Závislost proudu na kmitočtu v rezonanci.



Obr. 3. Závislost napětí na kondenzátoru na kmitočtu v rezonanci.

### Závěr

Na obr. 2 vidíme, že amplituda proudu se s frekvencí mění velmi málo. Tyto nepatrné změny jsou pravděpodobně způsobeny spínacími tranzistory, jejichž ztráty jsou frekvenčně závislé. Napětí na C1, zobrazené na obr. 3, by mělo růst přímo úměrně rezonanční frekvenci: jestliže se zdvojnásobí frekvence, napětí by se mělo také zdvojnásobit. Přírůstky napětí jsou o něco nižší proto, že proud  $I_m$  nezůstává konstantní, ale – jak bylo řečeno – mírně klesá. Pro úplnost dodejme, že amplitudu napětí  $U_m$  vypočítáme podle vzorce

$$U_m = \omega \cdot L \cdot I_m$$

Na úplný závěr bych chtěl říci, že ani po pěti letech, které uplynuly od napsání článku, jenž byl tomuto předlohou, jsem nic na svých představách nezměnil, ale naopak - díky získaným zkušenostem a moderní technice, která mi umožnila v mých výzkumech pokročit dále – se moje přesvědčení jen upevnilo a žádní „taky odborníci“ mě už nerozhodí.