

Rezonanční motor - zdroj energie budoucnosti ?

Ing. Ladislav Kopecký

Anotace

Princip elektrické rezonance je znám již více než sto let, avšak dosud se používal 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. Důvodem pro použití rezonance u spínaných zdrojů 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. Učinit tento krok však není tak snadné, jak by se mohlo na první pohled zdát. V tomto článku se dozvíte, proč.

Úvod

Zhruba před pěti lety, v roce 2002 jsem napsal článek s tímto názvem (ovšem bez otazníku), který jsem poskytl jednomu nejmenovanému odbornému časopisu, aby jej otiskl. Tehdy jsem vůbec netušil, co všechno bude následovat. Redakční rada, složená převážně (nebo výhradně – přesně to nemám zjištěné) z pedagogů působících na jedné technické univerzitě (kterou rovněž nebudu jmenovat), 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 oné vzdělávací instituce, 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.

Co je to rezonance?

Rezonance je fyzikální jev, který je univerzálním principem, jenž funguje v celé přírodě, dokonce i v duchovní oblasti. Snad každý školák zná fyzikální pokus se dvěma ladičkami: Máme dvě ladičky naladěné na stejnou frekvenci. Postavíme je vedle sebe a do jedné lehce udeříme. Potom první ladičku zastavíme a zjistíme, že se rozezněla druhá ladička. Na podobném principu pracuje rozhlasový přijímač a televize, jenomže přenosovým médiiem není vzduch, ale – jak se dnes domnívají vědci - elektromagnetické vlny. Dříve se médiu pro šíření rádiových vln říkalo éter a dodnes se tento termín v souvislosti s rozhlasovým vysíláním používá.

Existuje éter?

Na začátku 20. století byla teorie éteru zavržena díky výsledku známého Michelson-Morleyova experimentu, který měl dokázat existenci éteru, jakožto média, v němž se šíří světlo. V tomto článku bohužel nemáme prostor, abychom se tímto experimentem podrobně zabývali, proto budeme pouze konstatovat, že výsledek pokusu byl negativní, to znamená, že existence éteru nebyla prokázána. Tento experiment byl uskutečněn roku 1887. V dnešní době však vznikají pozměněné teorie éteru, které Michelson-Morleyovu experimentu vyhovují, a tvrdí, že tento experiment byl pouze chybně interpretován.

V roce 1905 Albert Einstein navrhl speciální teorii relativity v článku s názvem „O elektrodynamice pohybujících se těles“. Einstein teorii éteru jako takovou sice přímo nezavrhl, ale prohlásil, že pro jeho teorii je existence éteru nadbytečná. Tím byl osud teorie éteru zpečetěn. Co neudělal Einstein, dokončili jeho horliví stoupenci a následovníci. V poslední době se však díky internetu dozvídáme, že teorie relativity má vážné trhliny. Jejím přijetím totiž vznikají známé paradoxy, zpomalování času, porušování kauzality a fantazie o možnosti cestovat časem. Jinými slovy, Einstein si pomohl nefér prostředky a byl nucen do své teorie zahrnout takové neuvěřitelné nesmysly jako jsou manipulace s časem, zvyšování hmotnosti těles při rychlostech, blízkých se rychlosti světla, nebo zkracování délky těles.

Žádnou z těchto neuvěřitelných věcí nelze pochopitelně dokázat. Výsledky teorie relativity nemají příliš velký praktický význam. Například v kosmonautice se používá klasická Newtonovská mechanika, přestože dr. Grygar tvrdí něco jiného. Einsteinova teorie relativity má význam pouze při studiu elementárních částic v urychlovačích, kde se rychlost částic blíží rychlosti světla. Potom jsou jeho vzorce použitelné. To však jeho teorii v žádném případě nedokazuje. Různé jevy, k nimž dochází ve světě elementárních částic, lze poměrně jednoduše vysvětlit také pomocí teorie éteru, přitom není třeba provádět žádné manipulace s časem nebo hmotností částic.

Málo se ví, že zastáncem teorie éteru byl dnes téměř zapomenutý vynálezce a vědec Nikola Tesla, který dal světu střídavý proud a bez něhož bychom si těžko mohli představit dnešní průmysl, kde „krví“ je právě střídavý elektrický proud. Tesla byl velkým odpůrcem Einsteina, vypracoval dynamickou teorii gravitace a v jistých kruzích je považován za průkopníka tzv. volné energie. (Poznámka pod čarou: Jedná se nepřesný překlad anglického výrazu „free energy“, přesnější překlad by byl „energie zadarmo“, ale slovní spojení „volná energie“ se u

nás začíná používat, takže asi zdomácní a budeme jím označovat energii, která vzniká jaksi navíc, zdánlivě v rozporu s fyzikálními zákony.)

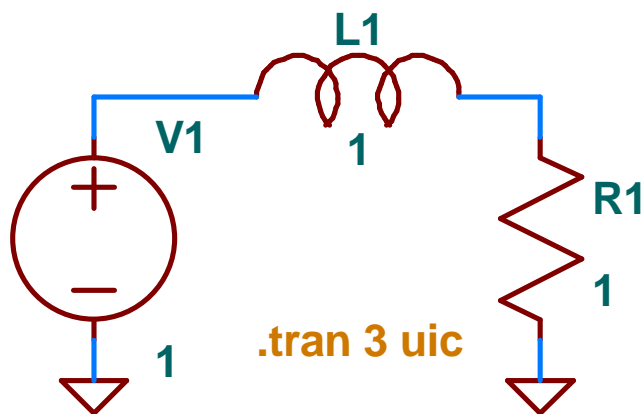
Mechanická rezonance

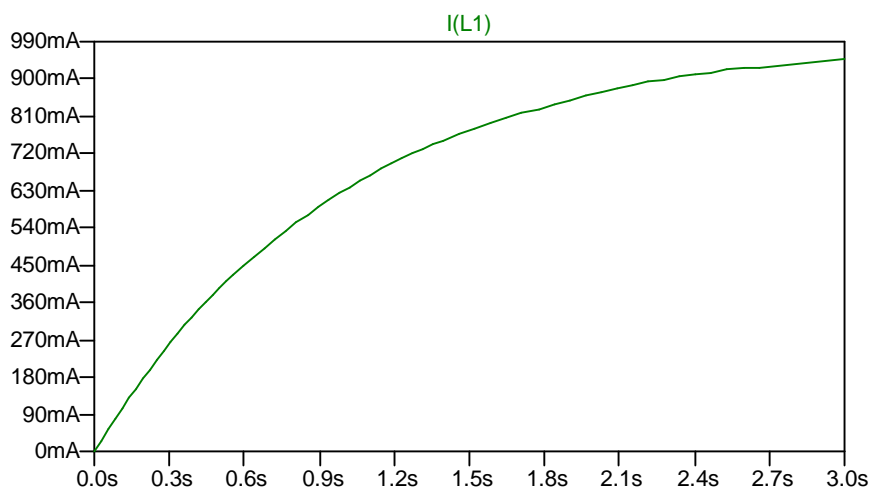
To jsme však trochu odbočili od našeho tématu. Tato odbočka však byla nutná, neboť pojem *éter* je pro náš další výklad důležitý. Ve vynálezu, o němž bude řeč, hraje hlavní úlohu elektrická sériová rezonance, kde dochází k výměně energie mezi indukční cívkou a kondenzátorem. Nejdříve si však musíme říci, co to je indukční cívka, kondenzátor a co se tou sériovou elektrickou rezonancí vlastně myslí.

Na začátku jsme nakousli mechanickou rezonanci a popsali jednoduchý pokus se dvěma ladičkami. Na ten nyní navážeme. Mějme pružinu, na jejímž dolním konci je zavěšena kulička. Horní konec pružiny je pevně zavěšen. Když za kuličku, zavěšenou na pružině, mírně zatáhneme směrem dolů a pustíme, kulička začne kmitat nahoru a dolů a po nějaké době se zastaví. Rychlost, neboli kmitočet, těchto kmitů závisí na tuhosti pružiny a váze, neboli hmotnosti, kuličky. Říkáme tomu rezonanční kmitočet. Když pružinu s kuličkou vezmeme do ruky a budeme s ní pohybovat nahoru a dolů se stejným kmitočtem, jakým samovolně kmitala, dokážeme kmity udržovat tak dlouho, dokud nás nezačne bolet ruka. Takových jednoduchých příkladů mechanické rezonance dokážeme vymyslet mnoho. Za všechny ještě uveďme houpačku, na které jsme se jako děti houkali, když v blízkém městečka byla pouť. Důležité je zapamatovat si, že když budeme svojí silou na houpačku působit ve vhodném rytmu, dokážeme ovládat velkou energii s poměrně malým úsilím.

Indukční cívka

Již víme, co je to mechanická rezonance a nyní si řekneme něco o indukční cívkě a kondenzátoru, hlavních prvcích elektrické rezonance. Indukční cívka je vlastně cívka, vyrobená z izolovaného měděného drátu, navinutá na nějakém jádře. Často tímto jádrem bývá železo. Pokud uvnitř cívky není jádro žádné, nebo je vyrobeno z nějakého magneticky neutrálního materiálu, takové cívkě říkáme vzduchová cívka. Železo se jako jádro cívky používá pro zlepšení jejích parametrů, často je to za cenu ztrát, kterým říkáme ztráty v železe. U elektromotorů, o nichž bude dále řeč, se vzduchové cívkové zpravidla nepoužívají, nebo se používají jen ve speciálních případech, kdy potřebujeme dosáhnout vysokých otáček. Když indukční cívku připojíme ke zdroji elektrického napětí, začne jí protékat elektrický proud. Nikoli však skokem, ale pozvolna, po křivce, již říkáme exponenciála.





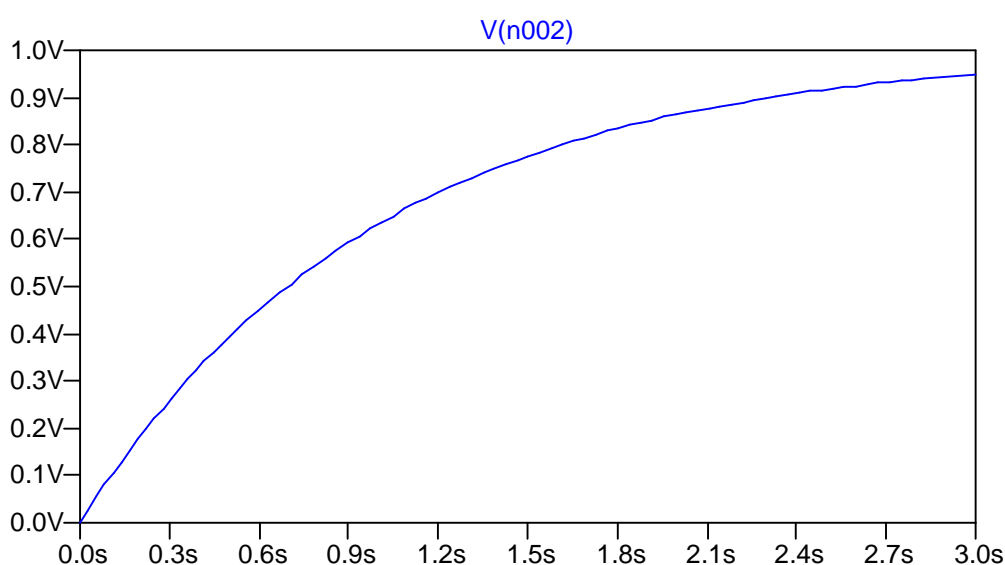
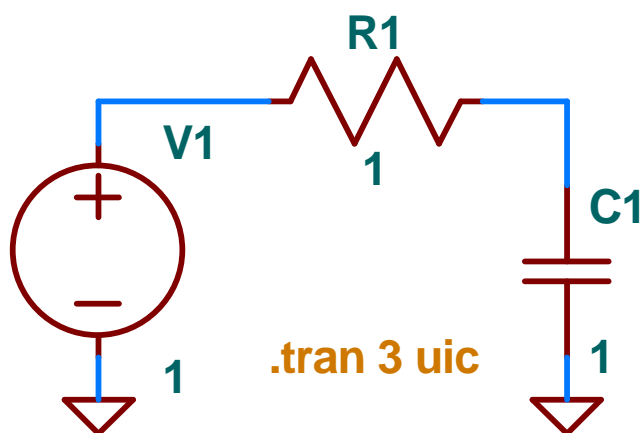
Obr. 1. Průběh proudu v cívce připojené na napětí

Na obr. 1 je nahoře nakresleno jednoduché schéma, znázorňující cívku, kterou jsme připojili ke zdroji napětí. Prvek s označením R1 představuje elektrický odpor vinutí cívky. Dole je zobrazen průběh proudu v cívce v závislosti na čase.

Zvídavý čtenář se může zeptat, proč proud v cívce nevzroste skokem? Na tuto otázku vám přesně a vyčerpávajícím způsobem neodpoví nikdo. Jisté je pouze to, že k tomu, aby cívkou začal protékat elektrický proud, je třeba energie. Takže můžeme říci, že cívka, kterou prochází proud, obsahuje energii. Tato energie se navenek projevuje tak, že cívka přitahuje železné předměty. Čím má cívka víc závitů, tím má větší indukčnost a čím větší má indukčnost a čím větší proud jí protéká, tím má větší energii. Silových účinků cívky se využívá například u elektrických stykačů nebo elektromotorů.

Kondenzátor

Dozvěděli jsme se, co je to indukční cívka, takže si něco můžeme říci o kondenzátoru. Nejdříve však bychom měli vědět, co je to elektrický proud. Představa vědců je taková, že uvnitř kovů jsou volné elektrony. Čím více volných elektronů vodič obsahuje, tím lepším je vodičem. Nejlepšími vodiči jsou stříbro a měď. Stříbro je drahé, proto se pro dráty, jimž říkáme vodiče, nejvíce používá měď. Když nějaký elektrický obvod, jako je na obr. 1, připojíme ke zdroji napětí, tak se v něm začnou pohybovat volné elektrony. Kondenzátor si tedy můžeme představit jako nějakou nádrž, v níž se elektrony skladují. Čím je hladina v této imaginární nádrži výše, tím je kondenzátor nabit na vyšší napětí, čím větší je objem nádrže, tím má kondenzátor větší kapacitu. Čím má kondenzátor větší kapacitu a čím vyšší je na jeho vývodech napětí, tím má kondenzátor větší energii. Ještě jsme si neřekli, jak kondenzátor vypadá. Nejčastěji jsou to dvě hliníkové fólie, vodivě spojené s vývody kondenzátoru, mezi nimiž je nějaký elektricky nevodivý materiál, jako je papír nebo plastová fólie. Kondenzátory mívají tvar válce nebo hranolu. Na obr. 2. je nakreslen průběh napětí na kondenzátoru, který jsme připojili ke zdroji napětí.

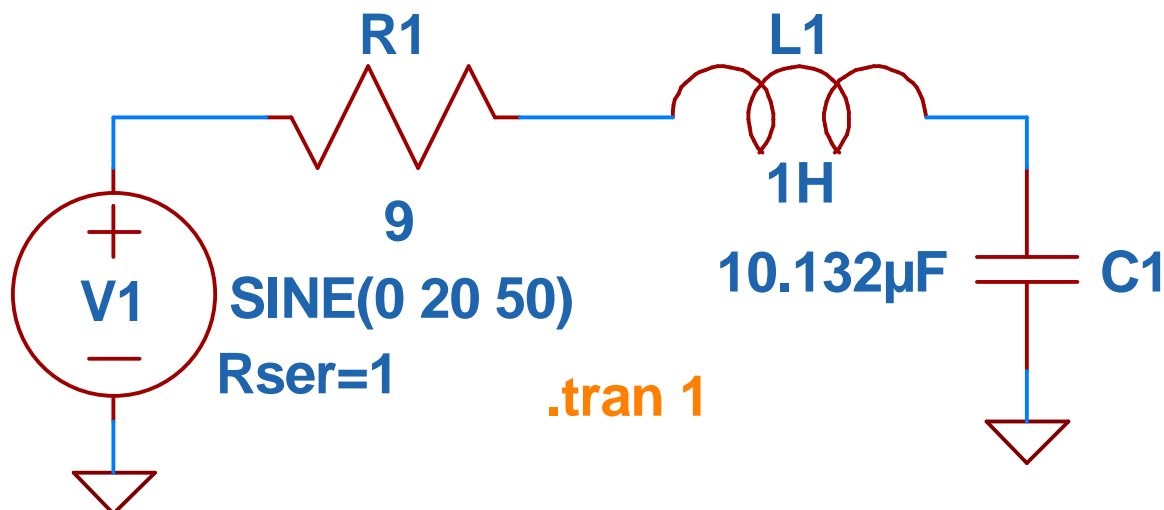


Obr. 2. Průběh napětí na kondenzátoru.

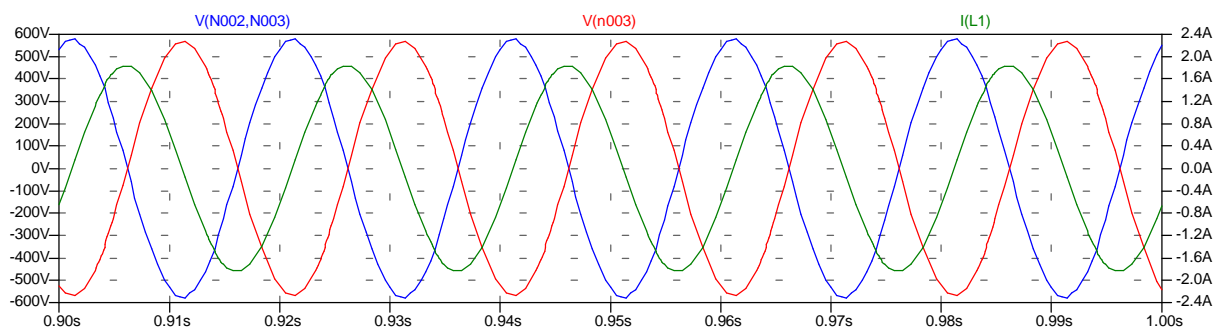
Elektrická rezonance

Nyní již víme vše, abychom si mohli říci, co je to elektrická rezonance. Je to v podstatě jev, při němž dochází k výměně energie mezi kondenzátorem a cívkou. Ukážeme si to názorně na příkladu. Na obr. 3 je nakresleno schéma sériového rezonančního obvodu, který je připojen ke zdroji napětí harmonického průběhu. Abychom si udělali představu, co je míněno harmonickým průběhem, podívejme se na obr. 5, kde napětí na zdroji je zobrazeno modrou barvou. Ale vraťme se k obr. 3. Zdroj má kmitočet 50 Hz (tj. cyklů za vteřinu) a amplitudu (tj. maximální hodnotu střídavého napětí) 20 Voltů. Hodnoty součástek byly spočítány tak, aby při 50 Hz došlo k rezonanci. Jestli došlo k rezonanci, poznáme podle toho, že napětí zdroje a proud v obvodu jsou ve fázi. Podíváme-li se opět na obr. 5, vidíme, že zde máme průběh napětí zdroje (modrá) a proudu v obvodu (zelená). Všimněte si, že obě křivky se úplně nekryjí, tj. nejsou ve fázi, takže rezonance dosaženo nebylo. Tato odchylka od rezonance je však tak malá, že ji můžeme zanedbat. Na obr. 4 jsou nakresleny průběhy napětí na cívce (modrá), napětí na kondenzátoru (červená) a proudu (zelená), který cívkou a kondenzátorem protéká. Všimněte si, že křivky napětí na cívce a kondenzátoru jsou jakoby zrcadlově převráceny, říkáme, že napětí na cívce a kondenzátoru jsou v protifázi, posunuty o 180

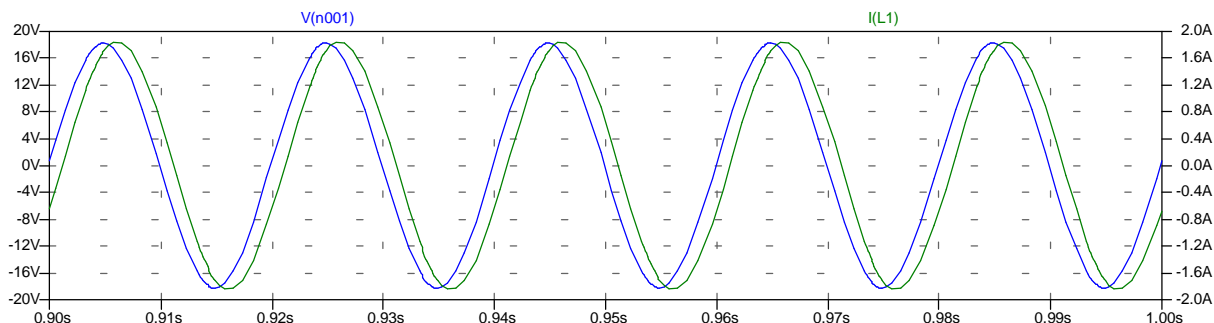
stupňů. Co to znamená? Znamená to, že vzhledem ke zdroji se účinky obou napětí vzájemně ruší a velikost proudu závisí jenom na velikosti napětí zdroje a odporu R1. Proud je vzhledem o oběma napětím posunut o $\pm 90^\circ$.



Obr. 3. Sériový rezonanční obvod.



Obr. 4. Průběhy veličin rezonančního obvodu.



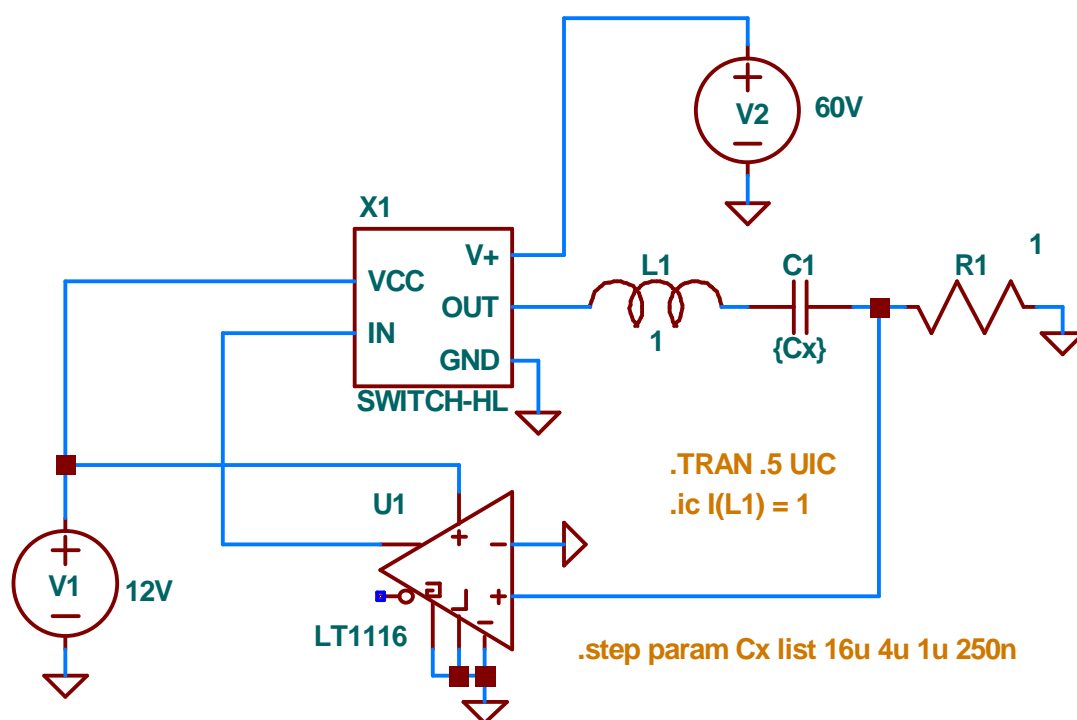
Obr. 5. Průběh napětí na zdroji a proudu v obvodu.

Výše bylo řečeno, že při elektrické rezonanci dochází k výměně energie mezi cívkou a kondenzátorem. Nyní si to upřesníme. Napětí na kondenzátoru i cívce je proti proudu

posunuto o 90° . To znamená, že když se proud cívkou se rovná nule, je na kondenzátoru maximální napětí, kondenzátor má největší energii, kdežto cívka má energii rovnu nule. Po uplynutí čtvrtiny periody je tomu přesně naopak: cívkou teče maximální proud, tj. cívka má maximální energii, zatímco napětí na kondenzátoru je nulové a jeho energie je také rovna nule. Již víme, co je to sériová rezonance a můžeme se pustit do popisu vynálezu.

Popis vynálezu

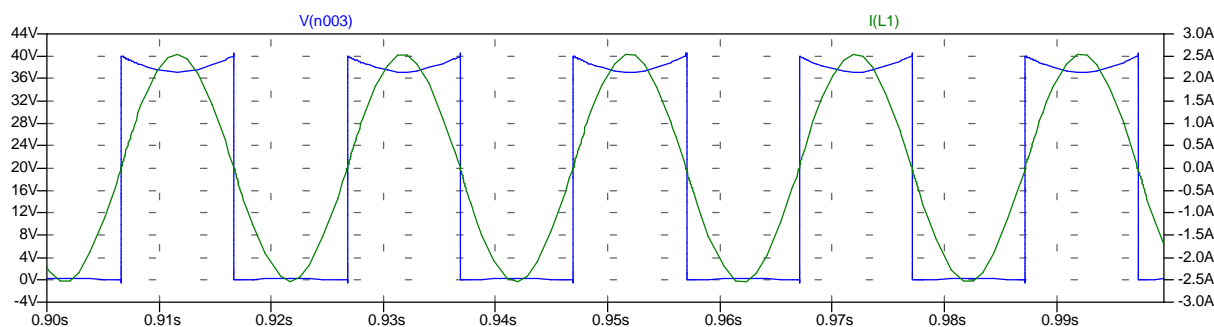
Na obr. 6 je nakresleno zapojení, které je jednou z možných realizací vynálezu, o němž byla řeč výše. (Mimochodem, schéma bylo nakresleno programem SwitcherCAD.)



Obr. 6. Realizace vynálezu.

Toto zapojení je podrobně popsáno v patentovém spise číslo 296 623, který je uložen v Úřadu pro průmyslové vlastnictví v Praze. Zde se pokusíme toto zapojení vysvětlit tak, aby to bylo pochopitelné i pro laika. Zapojení na obr. 6 se skládá z elektronického přepínače X1 sériového rezonančního obvodu L1, C1, rezistoru R1, komparátoru U1 a dvou stejnosměrných napájecích zdrojů V1 a V2. Zdroj V1 je použit pro napájení elektroniky, zdroj V2 slouží k napájení silové části. Cívku L1 tvoří vinutí jednofázového střídavého motoru, jehož funkci popisovat nebudeme, ale budeme věřit tomu, že když jím protéká střídavý proud tak se točí a jeho otáčky závisí na kmitočtu střídavého proudu, jenž jím protéká. Úloha rezistoru R1 je taková, že na něm je úbytek napětí vlivem průchodu proudu. Když je proud kladný je na něm napětí kladné, když je proud záporný, napětí na odporu je záporné. K vyhodnocení polarity napětí na rezistoru R1 slouží komparátor U1. Když je na vstupu + komparátoru napětí větší než nula, je na jeho výstupu kladné napětí, které je téměř rovné napětí zdroje V1. Když je na vstupu + napětí záporné, je na výstupu komparátoru napětí nulové. Výstup komparátoru je připojen na vstup elektronického přepínače X1. Když je na jeho vstupu (IN) kladné napětí, na výstupu (OUT) je prakticky napětí zdroje V2. Když je na jeho vstupu (IN) nulové napětí, je na výstupu X1 také nula. Vzpomenete-li si na výklad o mechanické rezonanci a na příklad s

houpačkou, můžeme říci, že rezistor R1, spolu s komparátorem U1, přepínači X1 vlastně říká, kdy má „tlačit“ a kdy „povolit“. Na obr. 7 můžete vidět, že elektronický přepínač skutečně pracuje tak, jak má: spíná a vypíná, když proud silovým obvodem je nulový. To je výhodné z hlediska ztrát na elektrickém přepínači, protože jsou eliminovány spínací ztráty a nedochází k rušení, což je velkým problémem například spínaných zdrojů a frekvenčních měničů.



Obr. 7. Proud vinutím motoru a napětí na výstupu přepínače.

To je k popisu vynálezu vše. Dodejme pouze ještě to, že - podobně jako u mechanické rezonance - můžeme pomocí malé energie ovládat energii mnohonásobně větší, pokud bude odpor rezonančního obvodu dostatečně malý (odpor R1 na obr. 3). To však je u běžně vyráběných elektromotorů problém, neboť jejich magnetický obvod bývá vyroben z ocelových plechů, takže rezonanci znehodnocují ztráty v železe.

Z výše uvedeného výkladu víme, že při sériové rezonanci je impedance rovna činnému odporu obvodu LC, včetně vnitřního odporu zdroje. Jestliže tedy motor provozujeme v rezonančním režimu, jeho příkon je pouze činný a rovná se součinu činného odporu a druhé mocniny proudu, který cívkou a kondenzátorem protéká.

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 hodnotu, je rozumné předpokládat, že motor bude mít kroučící moment také stále stejný.

Jelikož se změnou kapacity otáčky motoru rostou, roste také výkon motoru, protože mechanický výkon motoru je dán součinem kroučícího momentu a úhlové rychlosti.

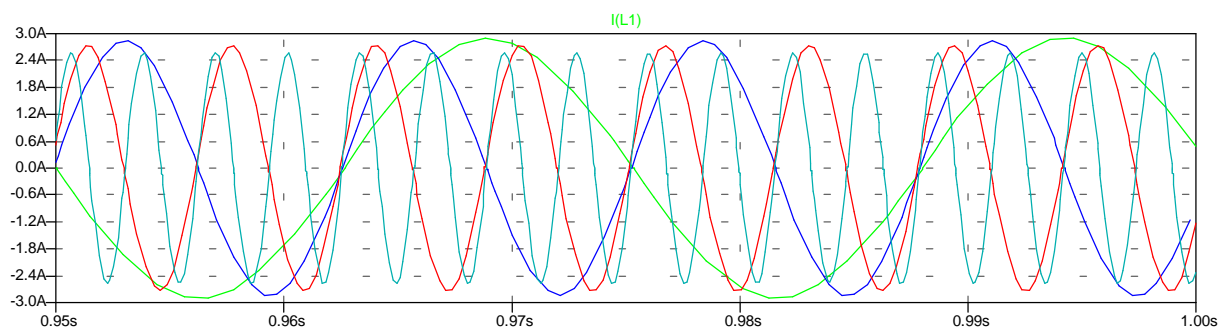
Víme, že příkon zůstává teoreticky stejný, což znamená, že musí růst účinnost, která je dána podílem výkonu ku příkonu.

Zde se však dostáváme na tenký led a do sporu s oficiální vědou. Otázka zní: Je možné, aby účinnost přesáhla sto procent? Budeme-li uvažovat čistě teoreticky, žádné omezení neexistuje. Někdo může namítnout, proč tedy stroje s účinností přesahující 100% neexistují, když je to tak jednoduché? 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 podrážděně a nepřátelsky většinová společnost reaguje na něco, co se vymyká normálu, 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.

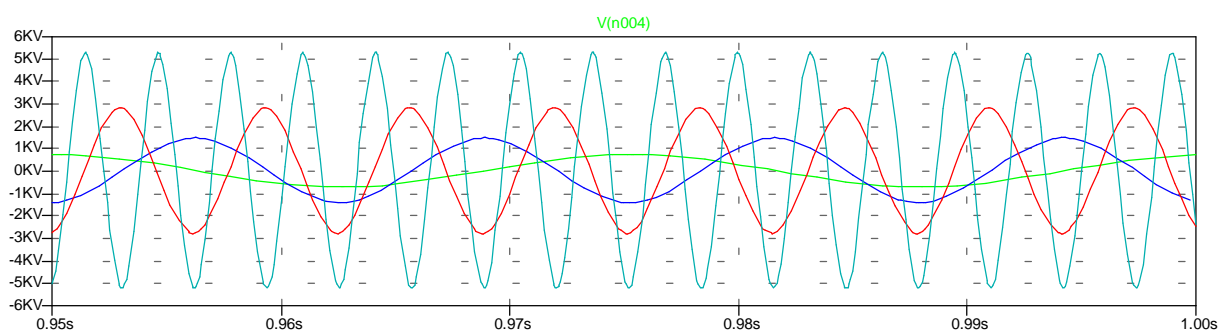
Běžné elektrické točivé stroje však k ideálu, o němž jsem psal výše, mají hodně daleko.

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 „populárně“, proto jsem od toho nakonec upustil a pouze se přesvědčíme o tom, že s frekvencí napětí na kondenzátoru roste, kdežto proud obvodem se téměř nemění.



Obr. 8. Závislost proudu na kmitočtu v rezonanci.



Obr. 9. Závislost napětí na kondenzátoru na kmitočtu v rezonanci.

Závěr

Na obr. 8 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. 9, 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 amplituda proudu nezůstává konstantní, ale – jak bylo řečeno – mírně klesá. Pro úplnost dodejme, že amplitudu napětí na kondenzátoru vypočítáme, když vynásobíme úhlovou rychlost indukčnosti cívky proudem, který cívkou a kondenzátorem v rezonanci protéká.

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. Pro technicky zdatnější čtenáře uvádím adresu svých internetových stránek: <http://free-energy.webpark.cz>, kde najdou více informací.

Slovníček pojmů:

Sériová rezonance – Stav elektrického obvodu, který se skládá ze sériového spojení cívky, kondenzátoru a střídavého zdroje napětí, jehož kmitočet je rezonanční. V rezonanci dochází k výměně energie mezi cívkou a kondenzátorem, přičemž se sobě rovnají amplitudy napětí na kondenzátoru a cívce, ale mají opačnou fázi. Proud, protékající obvodem je závislý pouze na stejnosměrném odporu obvodu.

Indukčnost cívky – Vlastnost cívky, která určuje její chování při průchodu elektrického proudu. Jestliže cívkou protéká elektrický proud, obsahuje energii, která závisí na součinu indukčnosti a druhé mocniny protékajícího proudu.

Kapacita kondenzátoru – Vlastnost kondenzátoru, jež určuje jeho chování v elektrickém obvodu. Jestliže je kondenzátor nabit na určité napětí, obsahuje energii, která závisí na součinu kapacity a druhé mocniny napětí, na něž je nabit.

Amplituda – Největší výchylka nějaké střídavé veličiny, např. elektrického napětí.

Impedance – Odpor, který klade cívka nebo kondenzátor střídavému proudu. Tento odpor je závislý na součinu parametru (indukčnosti nebo kapacity) dané součástky a frekvence střídavého proudu.

Činný odpor – Odpor, který klade součástka (např. cívka) průchodu stejnosměrného proudu.

Elektrický proud – Je analogií průtoku kapaliny potrubím.

Elektrické napětí – Je analogií k výšce hladiny v nádrži.

Elektrický odpor – Je analogií k převrácené hodnotě velikosti ventilu u dna nádoby, z níž tímto ventilem vytéká kapalina. Rychlost s jakou kapalina vytéká z nádrže je přímo úměrná výšce hladiny v nádrži a nepřímo úměrná odporu, který ventil klade průtoku kapaliny. To je hydraulická analogie Ohmova zákona.

Kroutící moment – Součin síly a poloměru, na němž síla působí při rotačním pohybu.

Úhlová frekvence – Součin dvojnásobku Ludolfova čísla (3,14159...) a kmitočtu.

Tokamak – Urychlovač částic, který se používá pro tzv. horkou fúzi, tj. slučování jader vodíku na hélium. Vědci tvrdí, že za padesát let bude tento zdroj krýt veškeré energetické potřeby lidstva. Problém je v tom, že to říkají už nejméně 50 let a stále říkají, že za 50 let...