

Pokusy s indukčním vaříčem

Peter Žilavý

Univerzita Karlova v Praze, Matematicko – fyzikální fakulta

Abstrakt

Indukční vaříč je dnes snadno dostupným elektrickým spotřebičem. Jak pracuje? Proč na něm nelze použít hliníkové nádoby? A jaké pokusy s ním lze na různých úrovních předvést (nejen) v hodině fyziky? Praktické hledání odpovědí na tyto i další otázky je obsahem tohoto příspěvku.

Úvod

Před několika lety se v nabídce supermarketů i internetových obchodů (např. [1]) objevil nový pomocník do domácnosti – indukční vaříč. V komentáři prodejce na jeho internetových stránkách (stejně jako v návodu k použití přístroje [2]) se můžeme dočíst:

Základ indukčního vaříče, jak je již z názvu patrné, tvoří indukční cívka (elektromagnet) umístěná pod keramickou deskou. Spolu s kovovým dnem nádoby vytváří elektromagnetický obvod, díky němuž indukční vaříč vlastně ohřívá jen dno nádoby (98% elektrické energie je přeměněno na teplo). Při využití běžného elektrického ohřevu (plotýnkový vaříč, běžná sklokeramická varná deska) přechází vyrobené teplo kovovou či sklokeramickou deskou a až potom se odevzdá dnu hrnce, ve kterém vaříte. Každým předáváním tepla vznikají obrovské ztráty.

Indukční vaříč, na rozdíl od všech ostatních, nevydává teplo, a proto nepřipalí žádné potraviny! Vaření je o mnoho rychlejší a úspornější než všechny ostatní používané metody.

Indukční vaříč - nádoby

Při vaření na indukčním vaříči je třeba používat nádoby z vodivého zmagnetizovaného materiálu jako je litina, smalt a jiné speciální nádoby a zároveň musí mít nádoba rovné dno (velikost dna nádoby 12-30 cm). Vaření je zcela bezpečné, neboť povrch varné desky zůstává i při ohřevu chladný.

www.tvproducts.cz

Kromě pasáže o nepřipalování potravin zaujme každého alespoň trochu fyzikálně myslícího člověka část návodu věnovaná nutnosti použití speciálního zmagnetizova(tel)ného nádobí. Proč nelze použít např. hliníkové nádoby, když proměnné magnetické pole vytvoří v hliníku stejně dobře vířivé proudy jako např. v železe? Je důležitý požadavek feromagnetického materiálu hrnců? Lze indukční vaříč použít v hodině fyziky na předvádění demonstračních pokusů? Experimentálně zjištěnou odpověď na tyto otázky nabízí další odstavce.

Popis přístroje

Popisovaný indukční vaříč má sklokeramickou desku, pod kterou se skrývá vzduchová plochá cívka (hustě vinutá spirála) nalepená na plastovém podkladu. Cívka je napájena

impulsy o frekvenci přibližně 20 kHz (měřeno jednozávitovou smyčkou na sondě osciloskopu přiblíženou k cívce).



Základní obsluha vaříče je jednoduchá – poté, co na sklokeramickou desku vaříče postavíme (neprázdný) hrnec, stiskem tlačítka ON/OFF vaříč zapneme a po ukončení vaření také vypneme. Výkon vaříče lze upravit tlačítky s vyobrazením šipek. Nikdy neohříváme prázdný hrnec – velmi rychle dojde k jeho ohřátí na vysokou teplotu a k jeho možnému poškození.

Pokud zapneme vaříč bez hrnce, po malé chvilce se na displeji objeví chybové hlášení, zazní zvukový signál (pípání) a vaříč se vypne. Stejným způsobem se vaříč zachová, pokud se na něj postaví „nevhodné“ nádobí. Pokud se o to moc nesnažíme, vaříč se ochrání sám před špatnou manipulací.

Zkoumání indukčního vaříče

Na vaříč jsme postavili železný (plechový) smaltovaný hrnec s cca 0,05 l vody (na pokrytí dna) a zapnuli vaříč (stupeň „1200 W“). Voda se po krátké chvilce (10 - 15 sekund) dostala do varu. Tímto byla ukázána základní funkce vaříče.

Předchozí „pokus“ jsme po chvilce zopakovali s tím, že jsme hrnec postavili na vaříč přes dřevěnou mřížku vysokou asi 1 cm (jaká se pokládá na stůl, když se na něj chce dát něco horkého) resp. přes stejně silnou vrstvu pěnového polystyrénu. Voda se opět rychle dostala do varu. Bezprostředně po odebrání hrnce i mřížky (polystyrénu) je možno rukou zkusit teplotu sklokeramické desky vaříče – deska je studená. V případě indukčního vaříče nedochází k transportu tepla vedením či sáláním, vířivé proudy indukované v materiálu hrnce jej Jouleovým teplem ohřívají přímo.

Místo mřížky jsme pod hrnec dali silný hliníkový plech (hrnec jsme postavili do hliníkové pánve nebo hliníkového spodku od Remosky) a opět zopakovali předchozí - vaříč ohlásil chybu a začal pípat. Stejně se zachoval, když jsme dali do pánve pouze vodu a zapnuli vaříč (když jsem se pokusil použít standardním způsobem hliníkové nádobí). Pokus ukázal, že vaříči „vadí“ přítomnost dobře vodivého silného hliníku (hlásil chybu, i když v pánvi byl vložený železný hrnec).

Vrátili jsme se k železnému hrnci (už bez dřevěné mřížky), pod něj jsme dali na celou plochu alobal. Po zapnutí se spíše ohřívá alobal, než hrnec nad ním – voda se ohřívá znatelně pomaleji, po sundání hrnce i alobalu byla sklokeramická deska od něj hodně teplá. Zkusili jsme dále položit na vaříč pouze alobal - po zapnutí vaříče se vznesl. A nebylo to teplým vzduchem! (Vzpomeňte si například na školní pokus s hliníkovým prstencem na demonstraci Lenzova zákona...) Když jsme pak samotný alobal (bez chlazení hrncem) přidrželi na desce vaříče, rozžhavil se místy do bílého žáru, začal se tavit a jiskřit. Zdá se, že tenký alobal nezatížil vaříč natolik, aby jej vestavěná ochrana vypnula.

Dále jsme na vaříč postavili hrnec z neferomagnetické nerezové oceli (vyzkoušeno magnetem) bez sendvičového dna (obyčejný plech). Voda se opět bez problémů uvařila.

Pak jsme totéž zopakovali ještě s „luxusním“ nerezovým hrncem se sendvičovým dnem (které zřejmě obsahuje masivní hliník kvůli rozvádění tepla), vaříč ohlásil chybu a začal pípat.

Pokud se plechový nerezový nebo železný hrnec s trochou vody podrží „v prstech“ nad zapnutým vaříčem, je znatelně cítit jeho nadlehčování. Podobně jako to bylo v případě alobalu.

Z uvedených pokusů plyne, že hrnec ohřívají především v materiálu indukované vířivé proudy (spíše než hysterezní ztráty či jiné mechanismy - funguje to i na vodivé neferomagnetické materiály). Materiál hrnce ale nesmí být příliš vodivý – jinak je vaříč příliš zatížen a jeho ochrana jej vypíná. *Když přiblížíte hliníkovou pánev (hrnec) k cívce indukčního vaříče, je to, jako byste u transformátoru zkratovali sekundární vinutí. I primárním vinutím pak teče mnohem větší proud, který může transformátor zničit. Vaříč má pro tento případ vestavěnou ochranu, která to pozná, odpojí napájení cívky a vypíše chybové hlášení na displeji (stejně tak vypíše chybové hlášení, když na vaříči není hrnec - když na "sekundární" straně není odběr).*

Upozornění: použití více vrstev alobalu (vyzkoušeno s osmi) vedlo ke zničení tranzistoru spínajícího proud do cívky vaříče. Tato závada je opravitelná.

Pokusy s indukčním vaříčem v hodině fyziky

Předchozí pokusy s hrnci byly inspirací k několika dalším pokusům demonstrujícím některé základní jevy z oblasti elektromagnetismu:

Levitace měděného prstence

Měděný vodič o průřezu 1 mm^2 jsme stočili do tvaru kružnice o průměru asi 10 cm a uzavřeli pomocí šroubovací instalatérské svorky (vnitřku „čokolády“). Na vaříč jsme položili malý plechový hrnec s trochou vody (abychom jej nepřehřáli) a kolem něj vytvořený měděný prstenec. Po zapnutí vaříče se díky magnetickým silám působícím na prstenec s indukovaným proudem tento prstenec vznesl. Pokus neprovádíme dlouho, prstenec se silně zahřívá (pokud byl použit izolovaný vodič, dojde k roztečení izolace, ze stejného důvodu není vhodné uzavřít prstenec pájením). Hrnec v tomto případě slouží jako „spotřebič“ pro indukční vaříč, aby jej nevypínala ochrana.

Vaříč jako transformátor

Prstenec z předchozího pokusu rozpojíme (nebo vytvoříme nový) a do tohoto místa vřadíme objímku se žárovčkou 6 V (např. 0,1 A). Vznikne tak vlastně cívka tvořená jedním závitem, která napájí žárovčku. Poté, co jsme takto upravený závit položili na desku vaříče a nad něj (opět kvůli „obelstění“ ochrany vaříče) přiblížili plechový hrnec s trochou vody, se žárovčka rozsvítila. Vytvořili jsme vlastně transformátor. Primární vinutí tvoří plochá cívka indukčního vaříče, sekundární cívkou je závit z měděného drátu se žárovkou. Díky velké frekvenci změn magnetického pole nepotřebujeme ani magnetický obvod, který magnetické pole „dopraví“ k sekundární cívce.



Pokus s malou žárovčkou jsme úspěšně zopakovali i se žárovkou 24 V / 100 W (aby byl pořádně vidět na celou třídu). Žárovku 24 V / 100 W lze koupit v každém velkoskladu elektro. K tomu byla navinuta na průměr 11 cm (lze použít např. odpadovou instalatérskou trubku) z izolovaného vodiče o průřezu 1 mm² cívka o čtyřech závitěch, která je přímo připojena k velké objímce se žárovkou.

Lze použít i žárovku 230 V / 100 W, cívka ovšem musí mít 40 závitů (všimněte si, že to odpovídá indukovanému napětí přibližně 6 V na závit). Cívka musí být vinuta z tenčího vodiče (vyhoví například vodiče z rozpleteného kabelu datových sítí nebo tenčí zvonkový drát), aby její závity byly po položení na desku vaříče nejvýše 1 cm nad jejím povrchem. Pokud však použijeme příliš tenký (smaltovaný) drát, může dojít k jeho přepálení indukovaným proudem.

Při předvádění pokusu dbáme zvýšené opatrnosti, nyní (i když má cívka „pouze“ 40 závitů) už pracujeme s nebezpečným indukovaným napětím! Dotýkáme se pouze objímky, nikoli vodičů, které nemají dostatečnou izolaci.



Poslední experiment jsme také vyzkoušeli s největší snadno dostupnou žárovkou 230 V / 0,5 kW. Použili jsme stejnou cívku, jako v předchozím případě (40 závitů), k žárovce však potřebujeme větší objímku (závit E40). Pro rozsvícení žárovky jsme opět přiblížili k desce vaříče plechový hrnec s vodou, po jeho oddálení však již žárovka zůstala svítit – příkon žárovky je již dostatečný k tomu, aby cívku se žárovkou vaříč „vyhodnotil“ jako řádný hrnec ležící na jeho povrchu.



Pozorování tlumených elektrických kmitů

K desce indukčního vaříče jsme přiblížili jednoduchý závit připojený pomocí osciloskopické sondy k digitálnímu osciloskopu (stačí připojit vodič sondy na propojení

„zemí“ s hrotem sondy). Osciloskop jsme nastavili na záznam (zobrazení) jednorázových dějů, případně do režimu Normal (opakované spouštění zobrazení průběhu napětí, avšak pouze po dosažení předem nastavené úrovně). Desku vařiče jsme ponechali bez hrnce a zapnuli vařič. Na obrazovce osciloskopu se zobrazil průběh tlumených harmonických kmitů. Míru tlumení lze ovlivňovat postupným přibližováním a vzdalováním malého plechového hrníčku zdáli k desce vařiče.



Vysvětlení: Uvnitř vařiče je k ploché indukční cívice připojen paralelně kondenzátor, který s ní tvoří rezonanční obvod. Po zapnutí vařiče připojí elektronika vařiče pomocí spínacího tranzistoru indukční cívku na krátkou dobu ke zdroji napětí (dvojnásobně usměrněné málo vyfiltrované napětí elektrické sítě). Během této doby z proudu cívkou vyhodnocuje, zda je na desce vařiče vhodný hrnec. Pokud ano, spínací proces se opakuje dále s frekvencí přibližně 20 kHz, pokud ne (nebo pokud hrnec po chvíli ohřívání odebereme) elektronika vařiče učiní další pokus o připojení cívky až za několik sekund. A to je režim, ve kterém pozorujeme tlumené harmonické kmity v rezonančním obvodu nastartované krátkým napěťovým impulsem. Pokud přiblížíme kovový předmět (plecháček) k indukční cívice vařiče, je díky elektromagnetické indukci do něj odváděna energie, která byla rezonančnímu obvodu „přidělena“ během napěťového impulsu. Kmity rychleji zanikají, obvod je více tlumen.

Závěr

Pro vaření na indukčním vařiči lze použít nerezové nebo železné (smaltované) nádobí neobsahující dobře (elektricky i tepelně) vodivou hliníkovou vrstvu. Ohřev je způsoben vířivými proudy indukovanými přímo v materiálu hrnce, nádobí rozhodně nemusí být „zmagnetované“ (jak píše návod k použití) a nemusí být ani z feromagnetického materiálu.

Uvedené pokusy jsou jen inspirací k celé řadě dalších experimentů, které lze s indukčním vařičem provést. Dostupný výkon vařiče umožňuje provádět efektní pokusy, při řadě z nich je však nutné dbát zvýšené opatrnosti. Zvláštní upozornění: Pozor na vodivé prstýnky na ruce, pokud s nimi manipulujete v bezprostřední blízkosti (jednotky centimetrů) desky zapnutého vařiče. Krátkodobé působení magnetického pole vařiče na ruce není

nebezpečné, vhodně natočený dobře vodivý prstýnek však vařič umí zahřát na vysokou teplotu během několika sekund.

Literatura

[1] <http://www.tvproducts.cz>

[2] Indukční vařič – návod k použití (dodáváno s přístrojem)