



Středoškolská technika 2015

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

NETYPICKÉ VYUŽITÍ INDUKČNÍHO VAŘIČE

Marek Mrva, Lukáš Hrubý, Nikola Krupková, Adam Bubeník

Gymnázium Jevíčko
A. K. Vitáka 452, Jevíčko

Obsah	
Úvod	2
Teorie experimentů	2
Experimenty	3
Shrnutí výsledků	4
Závěr	5

Úvod

V prosinci minulého roku jsme se přihlásili do fyzikální soutěže Pohár vědy: Neuron 2015. Byly nám zadány čtyři úkoly, vždy jeden úkol na jeden měsíc. Náplní dubnového posledního kola byl návrh experimentu, který bychom předvedli, pokud se dostaneme do mezinárodního finále. Shodou okolností jsem tehdy narazil na nepoužívaný indukční vaříč.

Navrhli jsme sérii experimentů, které využívají tento poměrně snadno dostupný zdroj silného magnetického pole k demonstraci fyzikálních zákonů elektromagnetické indukce.

To, co se zprvu zdálo jako snadný cíl, se ukázalo být noční můrou, strávili jsme dva týdny hledáním správné cívky. Později jsme využili zdrojů internetu a velikost a tvar cívky odvodili podle podobných experimentů.

Teorie experimentů

Principiálně stojí za našimi pokusy Faradayův zákon elektromag. indukce. Nyní je nutné vysvětlit princip indukčního ohřevu.

Zjednodušeně řečeno, střídavý proud prochází cívkou pod varnou plochou. To vyvolává v okolí varné desky nestacionární magnetické pole. Vložíme-li vodivý předmět do tohoto pole, začne procházet indukovaný proud. Při troše fyzikální představivosti uvidíme místo vaříče a hrnce transformátor se vzduchovým jádrem a specifickým závitem místo hrnce. V hrnci se ale neindukuje elektrický proud, to by bylo nebezpečné. Vznikají vířivé proudy, které proud omezí na minimum a zároveň produkují teplo, což je u vaříče velice žádoucí. Aby tak z každého transformátoru nebyl vaříč, používají se vrstvené izolované plechy na jádra a více závitů na každé straně.

Známe-li funkci vaříče, můžeme přikročit k návrhu experimentů.

1. rozsvícení žárovky v obvodu s cívkou bez zdroje proudu jen pomocí indukce
2. rozžhavení a přepálení drátu polem
3. měření času potřebného pro změnu teploty vody z 0°C na 100°C
4. porovnání různých cívek ve vztahu k indukovanému napětí
5. zkoumání vaříče magnetickou sondou

Mohli bychom vypadat jako skupinka, která si jen hraje. My se ale v první řadě zabýváme fyzikou. Téma elektřiny a magnetismu právě probíráme v hodinách a tak si po vyučování zákony prohlížíme v praxi. Elektromagnetická indukce je fenomén zajímavý především šíří svých praktických použití. Při navržených experimentech jsme měřili mj. magnetický indukční tok vaříče a také indukčnost cívky.

Magnetický indukční tok je veličina, kterou lze využít k porovnávání intenzity nestacionárních magnetických polí. De facto tak můžeme porovnávat, jak „silný“ vaříč máme a jestli se můžeme poměřovat s profesionálními vědeckými zdroji magnetického pole.

Indukčnost popisuje vlastnosti cívky a její chování v elektromagnetickém poli. Je to konstanta pro danou cívku. My jsme hledali vztah mezi vlastnostmi cívky a napětím, které se v ní indukuje.

Ad 1. Klasické využití indukce v cívce. Hlavní vztah, který nás zajímá, zní, vyjádřen matematicky:

$$\Delta\Phi = U_i \cdot \Delta t \quad (1)$$

Napětí i čas můžeme velmi snadno prakticky měřit.

Mimo to jsme ještě dopočítali energetické ztráty při přeměnách energie. Energii nelze ani vyrobit, ani zničit. Z praktického života ale známe, že část energie se, hlavně při přeměnách (elektřina > motor > pohyb) ale i při vedení nebo skladování např. v bateriích, ztrácí. Ve většině případů se přemění na odpadní teplo. Porovnejme proto, jaké množství energie se ztratí při přeměně elektřiny na magnetické pole a zpět na elektřinu indukci. Počítáme s vzorci:

$$E_{el.} = U.I.t \quad (2)$$

Pro jednotkové množství elektrické energie.

$$E_m = \frac{1}{2}.L.I^2 \quad (3)$$

$$\text{Přičemž indukčnost cívky zjistíme ze vztahu } L = \Delta\Phi/\Delta I \quad (4)$$

Pro jednotkové množství magnetické energie.

Ad 3. Množství energie, které musí vařič předat nádobě a jejímu objemu je konstantní, ať už je zdroj tepla jakýkoli. Vařič musí předat nejméně přibližně 41.85 kJ. Výhodou indukčního vařiče je, že nemusí ohřívat ještě vzduch v okolí zdroje. Ohřívá se přímo nádoba a tudíž i její obsah. Výsledek tohoto experimentu lze využít k vytvoření žebříčku nejrychlejších vařičů.

Ad 4. Jak souvisí tvar a velikost cívky (i závitů) s její indukčností? Pokusíme se vytvořit obecná pravidla pro výrobu cívek. Pro zjednodušení uvažujeme jen cívku rovnoběžnou s varnou plochou, tedy rovnoběžnou s magnetickými indukčními čarami.

Ad 5. Magnetické pole vařiče velmi rychle kmitá. Výsledkem bude graf závislosti intenzity magnetického pole na čase.

Experimenty

Zcela jasně si uvědomujeme rizika a nebezpečí spojená s vysokým napětím, které se ve vodičích indukuje. Navíc v podstatě vytvoříme v obvodu zkrat, a tudíž protékající proud bude také velký. Vířivé proudy ve vodičích v magnetickém poli jsou příčinou vysoké teploty vodičů. Pro bezpečí nás – experimentátorů budeme pracovat v normovaných elektrikařských rukavicích s izolací do 1000 V, v botách s gumovou podrážkou a samozřejmě s galvanickým oddělením od elektrické sítě (pomocí tzv. můstku). Oddělovací transformátor je již součástí vařiče.

Ad 1. Pro tento experiment použijeme cívku o 40 závitů s průměrem 11 cm z tenkého měděného drátu (u nás z datového kabelu). Kabel musí být izolovaný! Aby byl pokus řádně viditelný, použijeme žárovku 230 V/40 W. Vlastnosti cívky jsme odvodili podle pokusů a hlavně nám pomohl starší student se zálibou v elektrikářství. S trochou fantazie si můžeme situaci představit jako transformátor s různým počtem závitů na vzduchovém jádře. Závity cívky nesmí být výše než 1 cm nad varnou plochou.

Ad 2. Tenký smaltovaný drát (cca 0,1 mm $\varnothing$) stočíme do závitu o průměru asi 10 cm a spojíme šroubovací spojkou. Pájení nelze použít, protože slitina pájka by se vlivem tepla, které indukovaný proud vydává, roztavila. Z důvodu rizika přetížení vařiče a jeho zničení musí být na vařiči jako zátěž plechový hrnek s vodou. Na drátu se bude indukovat napětí a proud. Vedlejším produktem je množství tepla, takže se drát rozžhaví.

Ad 3. 1l vody o teplotě 0°C nalijeme do plechového hrnce. Aby nedošlo k ovlivnění výsledku, ochladíme předtím hrnec ledem na teplotu blízkou nule. Poté nastavíme vařič a současně se stopkami zapneme. Ve chvíli, kdy se voda vaří, stopky zastavíme.

Získanou hodnotu můžeme porovnat s měřeními na jiných vařících a stanovit žebříček rychlosti vařičů.

Ad 4. Vyrobili jsme tři cívky, každou ve třech velikostech. Všechny jsme připojili na voltmetr, vložili do pole vařiče a zaznamenali hodnotu na přístroji. Kvůli ochraně je ve vařiči program, který brání spuštění pole bez zatížení. Při měření musel být na plotně vařiče plechový hrnek s vodou.

Ad 5. Využili jsme školní sadu pro elektronické měření fyzikálních veličin. Výsledkem je graf závislosti intenzity magnetického pole v čase.

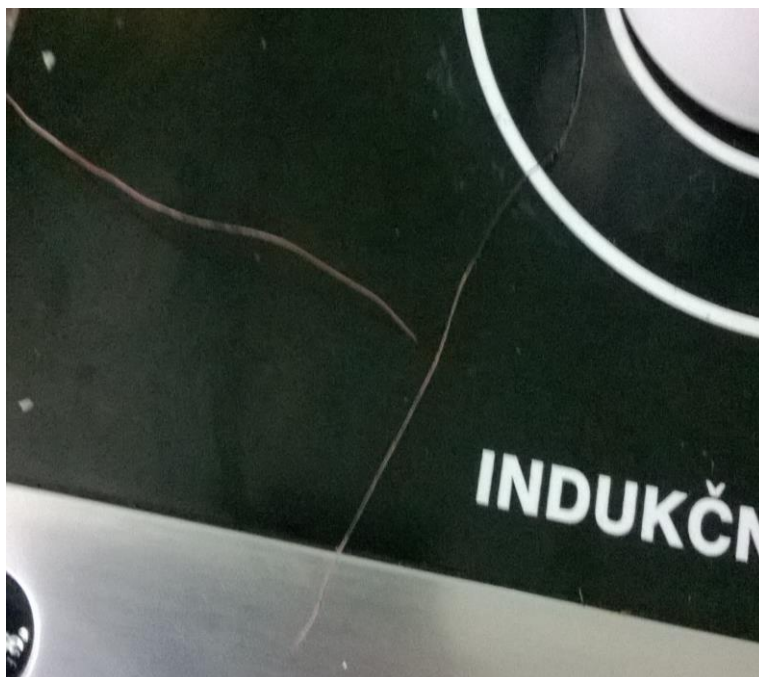
Shrnutí výsledků

Ad 1. Obr. 1 Rozsvícení žárovky indukovaným proudem. Cívka z tenčího drátu má dva závity o průměru asi 10cm.



Ad 2. Obr. 2 Rozžhavený drát na plotně. Všimněte si, že drát je žhavý jen tam, kde zasahuje do indukčního pole.

Obr. 3 Detail přepáleného drátku.



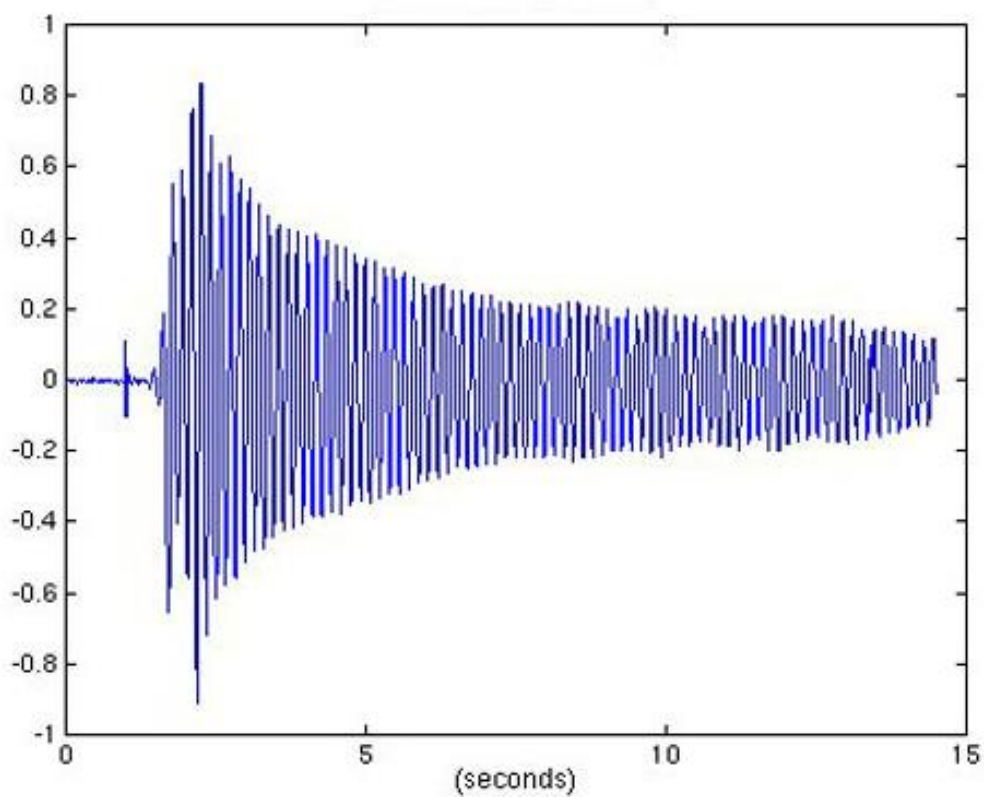
Ad 3.

vařič	čas	odhad vydané energie
indukční	11 min 35 s	49 kJ
plynový	15 min 40 s	56 kJ
elektrický	14 min 15 s	54 kJ

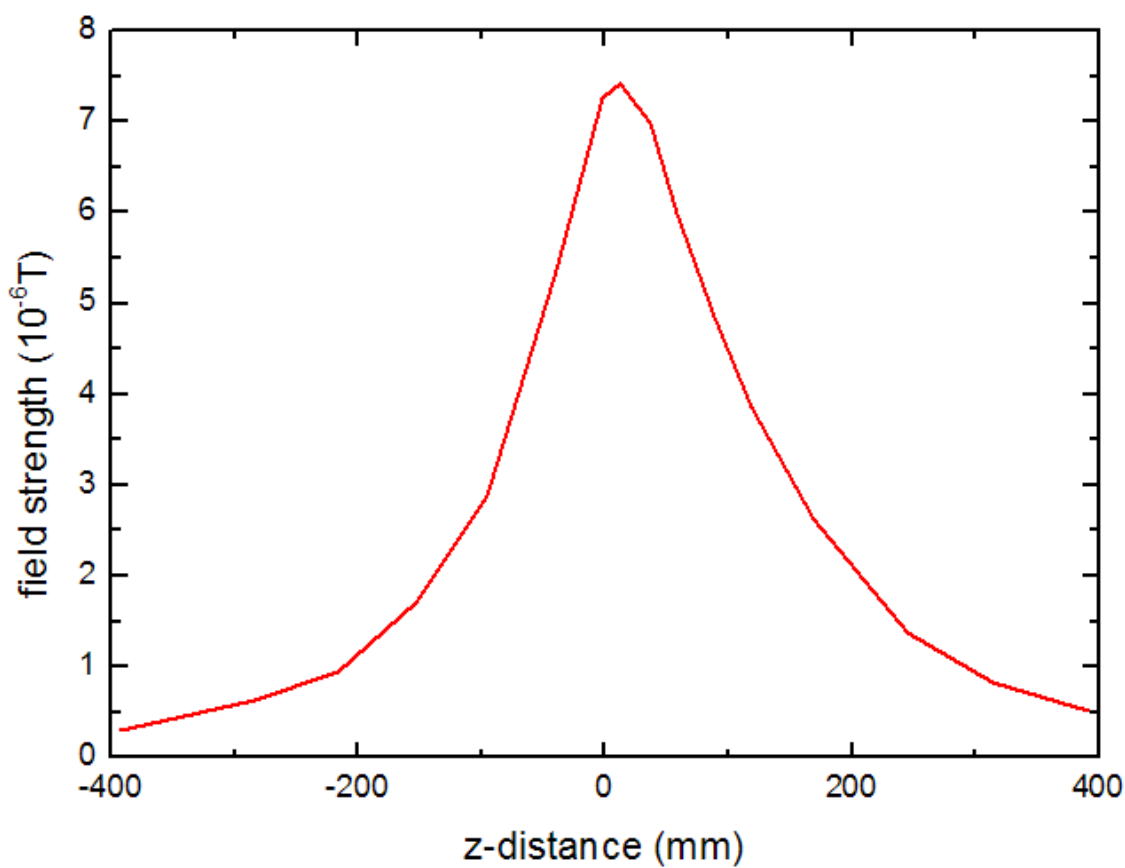
Ad 4.

průměr	1 závit, $\varnothing$ 0,7 mm	průměr	5 závitů, $\varnothing$ 0,5 mm
5 cm	3,8 V	5 cm	14,8 V
10 cm	6,2 V	10 cm	31,9 V
15 cm	13,5 V	15 cm	61,0 V
průměr	10 závitů, $\varnothing$ 0,2 mm		
5 cm	35,6 V		
10 cm	64,3 V		
15 cm	přepálil se		

Ad 5. Obr. 3 Tlumené kmitání magnetického pole. První malý kmit je kontrola před spuštěním vařiče, jestli je na plotně „něco“.



Obr. 4 Magnetická indukce v závislosti na vzdálenosti od plotny.



Závěry

Indukční vaříč je fascinující součást zařízení domácnosti. Mnoho lidí si ani zdaleka neuvědomuje, jak složitý přístroj to je, ale zároveň na jak jednoduchých základech stojí. Námi provedené experimenty snad potvrzují, že aplikovaná fyzika přináší lidstvu víc než celý zábavní průmysl. Řeči ve stylu „Všechno důležité a potřebné již bylo vynalezeno.“ jsou jen dokladem nevzdělanosti mluvčího, neboť, kdo se mohl roku 1819 domnívat, že Ørstedův experiment bude mít jednou takto praktické důsledky.

Práce s vaříčem nás moc bavila. Možná že jsme opravdu trochu blázniví experimentátoři, ale musím za všechny říct, že aspoň mně tato nálepka vůbec nevadí. Je snad divné, že někoho baví fyzika?