

# Indukční ohřev

D. Kramár, K. Jókai

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

[d.kramar01@email.cz](mailto:d.kramar01@email.cz), [karel.jokai@seznam.cz](mailto:karel.jokai@seznam.cz)

## Abstrakt

Přenos energie jakéhokoli druhu na dálku bylo pro lidi vždy velmi zajímavým problémem. I v současnosti se jedná o často diskutované téma a ukazuje se, že se v určitých případech mohou jisté způsoby projevit jako poměrně efektivní a široce využitelné. Indukční ohřev, jak jej zná mnoho lidí například v podobě kuchyňského spotřebiče, je široce zastoupen v průmyslu a dalších odvětvích lidské činnosti. Naším projektem byla snaha o sestrojení prototypu obvodu schopného indukčního ohřevu.

## 1 Historie

V minulosti se jako zdroj elektrické energie používaly výhradně galvanické články fungující na základě Zn-Cu reakce. Chemické zdroje byly dlouho jediným způsobem, jak generovat elektrické napětí. Tak to platilo až do roku 1831, kdy při jednom ze svých pokusů ve své laboratoři v Royal Institution v Londýně se anglický fyzik a chemik Michael Faraday snažil generovat magnetickým polem elektrický proud. Bylo již známo, že elektrický proud generuje ve svém okolí magnetické pole, ovšem nevědělo se, zdali je magnetické pole schopno generovat stejným způsobem proud. Při svém pokusu omotal prstencové jádro dvěma izolovanými cívkami. Jedna byla součástí obvodu bez zdroje ovšem s magnetkou. Druhá cívka byla součástí obvodu se zdrojem. Při zapojení a vypojení zdroje si Faraday povšiml krátkých pulzů na magnetce. Takovýto způsob získávání napětí se nyní nazývá indukce a jeho objev odstartoval novou éru elektřiny.

Po objevu bylo indukované napětí podrobeno výzkumu mnohými světoznámými vědci, mezi kterými byl i Jean Bernard Léon Foucault. Zabýval se konkrétně jevem nazývaným vířivé proudy, také známé jako Foucaultovy proudy, a jejich efektem na vodič, kterým indukované napětí protéká a na vodiče v blízkosti. Odhalil tak jev zvaný Jouleovo teplo a zásadně se tak zasloužil o rozvoj technologie indukčního ohřevu.

## 2 Princip a využití

Jak bylo nastíněno, s indukčním ohřevem se hlavně pojí pojmy indukované napětí, vířivé proudy a Jouleovo teplo. Podmínkou pro vznik vířivých proudů a potažmo Jouleova tepla je častá změna magnetického indukčního toku v okolí ovlivněného vodiče. Takováto změna nastává právě při průtoku indukovaného napětí vodičem. Tyto proudy obvykle bývají považovány za nežádoucí, protože snižují efektivitu přenosu energie. Avšak nikoli u

indukovaného ohřevu, kde naopak slouží jako činitel ohřevu. Důvod proč se vodič ve kterém vznikají vířivé proudy zahřívá je vysvětlován jako předávání kinetické energie elektricky nabitých částic protékající vodičem částicím elektricky neutrálním. Tím se zvyšuje lokální energetická hodnota, která se projevuje jako teplo.

Využití indukčního ohřevu nalezneme v mnohých odvětvích lidské činnosti. Ať už se jedná o zpracování kovů v průmyslu nebo o o přípravu jídla v kuchyních. Výhodou používání indukčního ohřevu, na rozdíl od jiných metod, je vysoká efektivita dosahující až 90% a snadná kontrola teploty ohřívaného předmětu.

## **3 Teorie**

Indukčním ohřevem rozumíme zvyšování teploty vodivého materiálu, především kovu, které je způsobeno vnitřním odporem a vlivem indukovaných vířivých proudů.

Je přitom využívána elektromagnetické indukce - jev, při kterém ve vodiči vzniká indukované elektromotorické napětí a indukovaný proud zapříčiněný časovou změnou magnetického indukčního toku umístěním vodiče v nestacionárním magnetickém poli. Nejčastěji v cívce.

Pracovní cívka je napájena střídavým proudem o vysoké frekvenci v řádu desítek až stovek kHz. Nižší frekvence se používají zpravidla pro ohřev jednodolých velkých předmětů.

### **3.1 Cívka**

Cívka je elektrotechnická součástka, která se využívá k vytvoření magnetického pole, prochází-li jí střídavý elektrický proud nebo k indukci elektrického proudu časově proměnným magnetickým polem. V takovém případě cívka slouží jako nositel indukčnosti.

### **3.2 Kondenzátor**

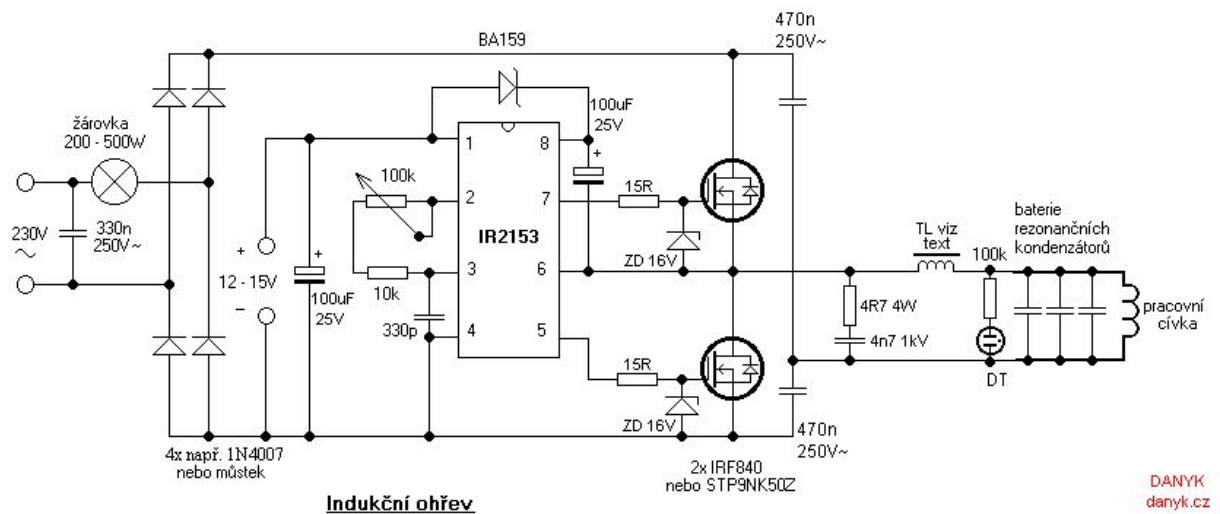
Kondenzátor je pasivní elektrotechnická součástka, jejíž charakteristickou vlastností je kapacita. Je využívána v elektrických obvodech k dočasnému uchování elektrického náboje, tedy k uchování potenciální elektrické energie.

## **4 Konstrukce**

Konstrukční schéma je na obrázku 1. Jako pracovní cívka byl využit měděný drát o průměru 4 mm s 15 závitů. Cívka byla paralelně zapojena s 8 kondenzátory z důvodu velkého proudu (řádově desítky ampér). Obvod je napájen přímo ze sítě bez vyhlazení v sérii se žárovkou (200W), která slouží jako proudový chránič při velkém nárůstu proudu.

K řízení obvodu je použitý integrovaný obvod IR2153 s oscilátorem v rozsahu 20 – 200kHz, který je napájen z externího zdroje stejnosměrným napětím o velikosti 12 V. K buzení obvodu na jeho rezonanční frekvenci jsou využity dva MOSFETy (napětově řízené tranzistory). Pracovní frekvence se ladí potenciometrem a je signalizována rozsvícením doutnavky.

Celý obvod byl rozdělen na dvě části-napájecí a samotný řídicí obvod, který byl společně s pracovní cívkou umístěn na plošném spoji z důvodu úspory místa. Obě části byly spojeny až ve finálním kroku konstrukce.



DANYK  
danyk.cz

Obr. 1: Schéma elektrického obvodu [4]

## Reference

- [1] Induction heater [https://en.wikipedia.org/wiki/Induction\\_heater](https://en.wikipedia.org/wiki/Induction_heater)
- [2] Inductor <https://en.wikipedia.org/wiki/Inductor>
- [3] Capacitor <https://en.wikipedia.org/wiki/Capacitor>
- [4] danyk.cz, <http://danyk.cz/induk.html>
- [5] Přehled středoškolské fyziky, E. Svoboda a spol.
- [6] Přehled života Michaela Faradaye, wikipedia commons, [https://cs.wikipedia.org/wiki/Michael\\_Faraday](https://cs.wikipedia.org/wiki/Michael_Faraday)
- [7] Přehled života Jean Foucaulta, wikipedia commons, [https://cs.wikipedia.org/wiki/L%C3%A9on\\_Foucault](https://cs.wikipedia.org/wiki/L%C3%A9on_Foucault)
- [8] Vířivé proudy, wikipedia commons, [https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADv%C5%99iv%C3%BD\\_proud](https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADv%C5%99iv%C3%BD_proud)
- [9] Indukční vařič, wikipedia commons, <https://cs.wikipedia.org/wiki/Induk%C4%8Dn%C3%ADD>
- [10] Elektromagnetická indukce, edu.techmania, <http://edu.techmania.cz>