

Indukční ohřevy v praxi

Oldřich Kroupa

Katedra elektroenergetiky a ekologie, Západočeská univerzita v Plzni

Induction heatings in practice

Abstract

In this paper I focus on the methods of identification of the cylinder electromagnetic field over induction equipment according to its configuration – inductor, charge and shielding of the electromagnetic field. The results obtained by measuring of the model were verified by computer simulation in RillFEM accomplished on the basis of entered values corresponding with the physical model, and by analytical calculation. Analytical calculation, computer simulation and measuring concern the inductor from the laboratory of the electro-thermal technology. Following the article from the last year I deal with alternative configuration of the coil with the aim to identify the electromagnetic field. Next part is focused on supplementary construction elements of the real induction crucible furnace to optimize the heating of the inserted workpiece and it is also focused on thermal dilatation of the shrink-ring using induction heating.

Keywords

Induction heating, electromagnetic field, cylinder inductor, induction equipment, computer simulation, RillFEM.

Úvod

Má práce navazuje na diplomovou práci, ve které bylo mým úkolem zjišťování parametrů elektromagnetického pole a ověření měření numerickým a analytickým výpočtem. Jednalo se o válcové elektromagnetické pole kolem indukčního zařízení v závislosti na jeho uspořádání – induktor, vsázka, stínění elektromagnetického pole. Výsledky vyplývající z měření na fyzikálním modelu jsem ověřil počítačovou simulací a dvěma způsoby analytického výpočtu. Simulaci jsem provedl programem RillFEM. Výpočet, simulace a měření se týká induktoru, který se nachází v laboratořích elektrotepelné techniky.

Z výsledků jednotlivých metod je v příslušných kapitolách vidět rozložení elektromagnetického pole kolem zařízení. Především je patrný rozdíl při srovnání případu se stíněním a bez stínění svazky transformátorových plechů, případu se vsázkou a bez vsázky a konečně při srovnání vsázky hliníkové a vsázky ocelové. V práci přehledně zobrazuji výstupy ve formě různých grafů a obrázků a zaměřuji se na celkové zhodnocení výsledků a výhod a nevýhod všech použitých metod. Výsledky získané různými metodami se liší pouze nepatrně, uvědomíme-li si všechny zjednodušující předpoklady a rovněž chyby měření a použitých metod. Celá práce je komplexně koncipována jako návrh úlohy pro laboratorní měření. Daná problematika je dokumentována výkresovou dokumentací, fotografickými a obrazovými materiály.

Analytický výpočet se běžně používá v praxi pro kontrolu a zhrubé výpočty. Můžeme konstatovat, že je nejrozšířenější inženýrskou metodou výpočtu. V mé práci se analytický výpočet nejvíce odlišuje od ostatních tří metod výpočtu (jejichž výsledky se navzájem téměř rovnají), a to např. o +25% od měření indukční sondou (horní hranice ostatních výsledků měření) v případě bez stínění a bez vsázky (dále bezSTbezVS). Velkou výhodou analytického výpočtu je jeho rychlost, přístupnost a není zde třeba užití výpočetní techniky. Numerický výpočet v porovnání s měřenými hodnotami pro případ bezSTbezVS se liší maximálně o 1% (např. o 2,5% pro případ seSTseVS), což mohu označit za shodu. Nevýhodou tohoto řešení jsou některé speciální předpoklady dané tvůrci programu, které do výpočtu mohou vnášet numerické chyby. Projevuje se to například při tvorbě 2D grafů u intenzity magnetického pole H , která je počítána z magnetické indukce B . Zřetelnou výhodou je rychlé zobrazení výstupů a názornost, možnost zkoumat objekty složitějších tvarů, aniž bychom museli zavádět některé zjednodušující předpoklady. Díky poslední vlastnosti tedy můžeme získat informace o hodnotách a rozložení žádaných veličin v celé zkoumané oblasti. Změnu konfigurace a parametrů můžeme provádět velmi rychle a s minimálními finančními náklady, což je především při navrhování nových zařízení nespornou výhodou. Výsledky měření měřicí cívečkou odpovídají měření indukční sondou a rovněž metodě numerického výpočtu. Získání i zpracování výsledků je však značně časově náročné a volil bych ho až jako poslední možnost. Naproti tomu nejpřesněji odpovídá realitě.

Nové projekty a inovace

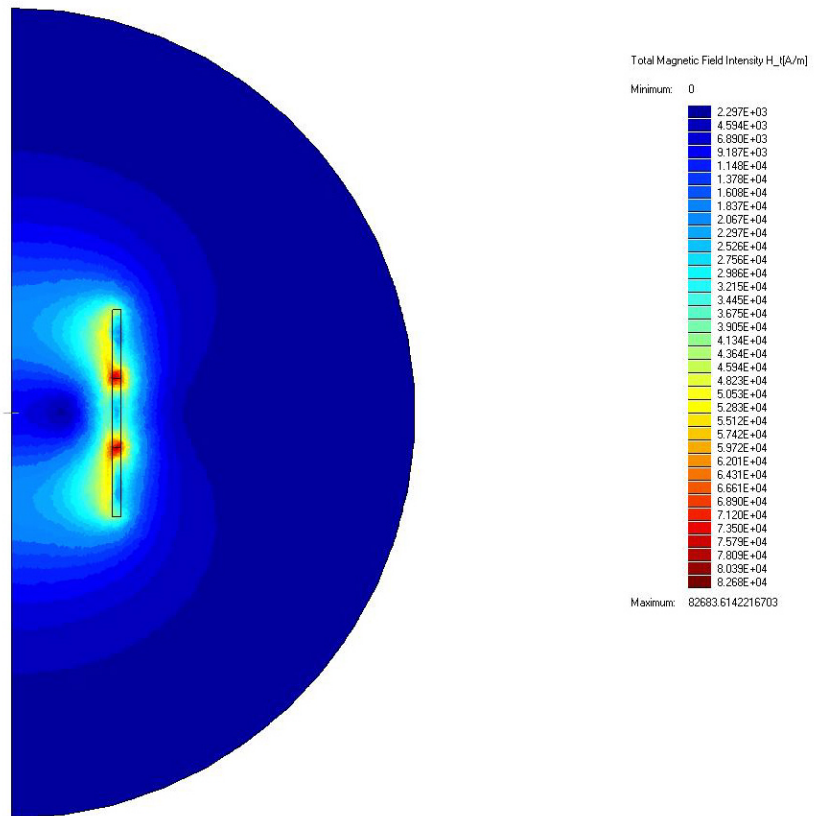
Prvním úkolem, kterým jsem se zabýval, bylo doplnění fyzikálního modelu z mé diplomové práce o nové konstrukční prvky a ověření teoretických předpokladů simulací v odpovídajícím softwaru RillFEM.

Dále následoval případ induktoru děleného na 3 části, které jsou vinuty protisměrně. Cílem bylo zjistit rozložení elektromagnetického pole v okolí induktoru a najít fyzikální zdůvodnění (Obr. 1).

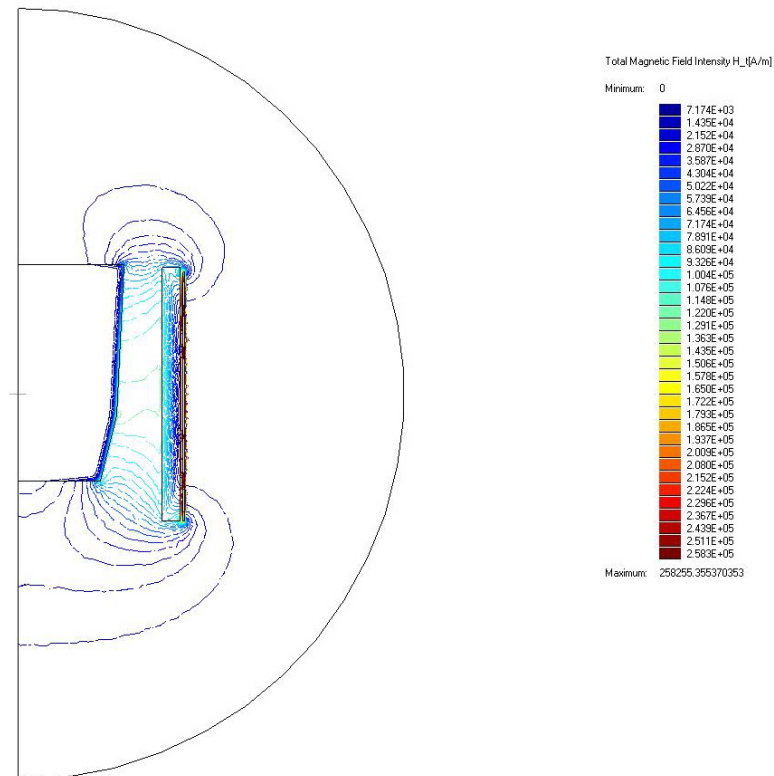
Poté jsem se zabýval optimalizací ohřevu válcové vsázky v indukční kelímkové peci. Práci jsem započal zakreslením požadované konfigurace reálného zařízení do PC dle zadaného výkresu, dále simulací pece samotné a zakončil návrhem a simulací nových konstrukčních prvků s cílem minimalizace ztrát v původních doplňkových konstrukčních prvcích zadané pece (Obr. 2). Výsledky se poté setkaly s pozitivním ohlasem.

Závěrem jsem simuloval teplotní dilataci obruče turbogenerátoru 200 MW za účelem její demontáže při použití indukčního ohřevu (Obr. 3). Optimalizace ohřevu dané obruče byla provedena výběrem z četných PC simulací daného problému s různými parametry. Rozhodujícími faktory byly míra dilatace, maximální dovolené oteplení daného prvku a čas ohřevu.

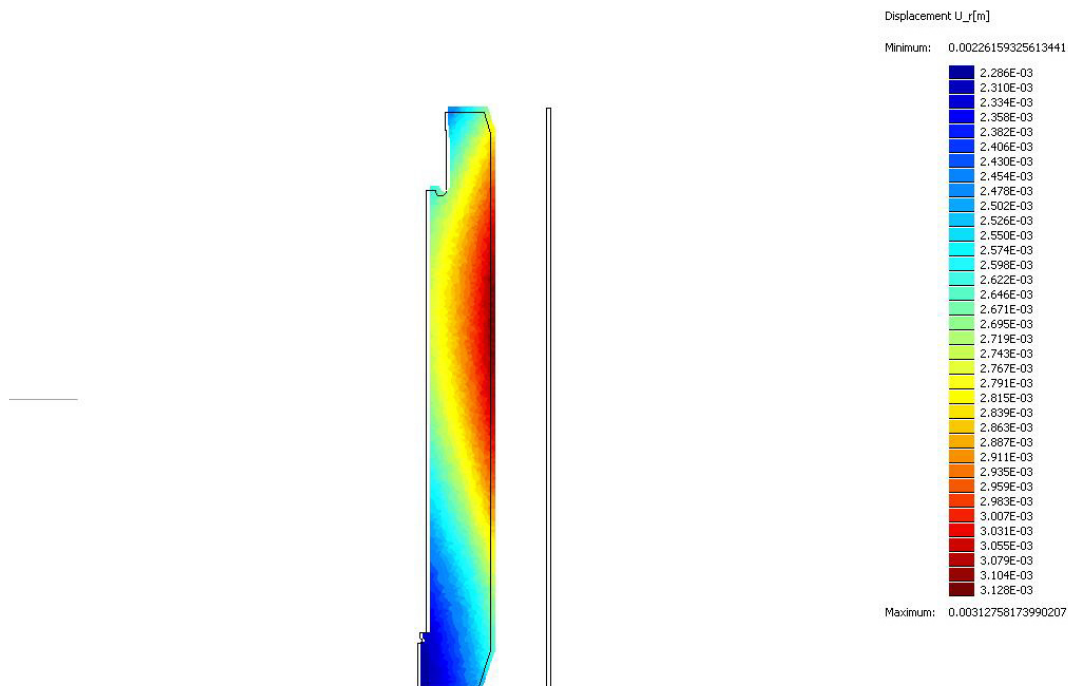
Obrázková dokumentace



Obr. 1: Induktor dělený na 3 části



Obr. 2: Indukční kelímková pec



Obr. 3: Teplotní dilatace obruče turbogenerátoru 200MW

Závěr

Množství projektů, na kterých pracuji, je pro mne zřetelným přínosem a inspirací pro moji disertační práci týkající se hledání možností jak snížit energetickou náročnost indukčních zařízení novými konstrukčními prvky.

Literatura

- [1] LANGER E., KOŽENÝ J.: Elektrotepelná zařízení indukční. Plzeň, VŠSE 1982
- [2] LANGER E.: Teorie indukčního a dielektrického tepla. Praha, ČSAV 1979
- [3] RADA J., a kolektiv: Elektrotepelná technika. Praha, SNTL, ALFA 1985
- [4] ROT D.: Teorie magnetického vektorového potenciálu (písemná část k SDZ). Plzeň, ZČU 2006