

# Návrh a počítačové modelování pulzně buzených defektoskopických sond na bázi vířivých proudů

Karel Slobodník  
Katedra teoretické elektrotechniky  
Fakulta elektrotechnická  
Západočeská univerzita v Plzni  
karels1@kte.zcu.cz

## Design and Finite Element Modeling of a Pulsed Eddy Current Defectoscopy Probes

**Abstract** – In this paper, design and finite element modeling of different types a pulsed eddy current defectoscopy probes is presented. Influence of dimensions of artificial crack in examined body consisted of silver solder on output signal is investigated. Numerical solution was carried in COMSOL Multiphysics software with utilisation of electromagnetic field module and electric circuit module.

*Keywords* – Eddy currents; Non-destructive defectoscopy; Pulsed signal

### I. ÚVOD

Vzhledem k ceně nových, stále sofistikovanějších technologií a možným následkům jejich selhání je stálá kontrola integrity a funkčnosti stále důležitější. Kontrola má mnoho aspektů, proto bylo vyvinuto mnoho různých přístupů. Tzv. nedestruktivní defektoskopie (NDD) hraje mezi nimi velice důležitou roli, protože nedochází k poškození testovaného vzorku a ve většině případů není nutné ani jeho rozložení na díly. Díky tomu se NDD používá pro průběžné kontroly zařízení, stejně tak, jako pro hodnocení výrobních procesů. Předložená testovací zařízení využívají jevu vířivých proudů.

Návrhované měřicí zařízení je určeno pro kontrolu svaru klece asynchronního motoru. Proto má zkoumané těleso shodné elektrické vlastnosti jako průmyslově využívaný spojovací materiál. [1]-[3].

### II. SPOJITÝ MATEMATICKÝ MODEL

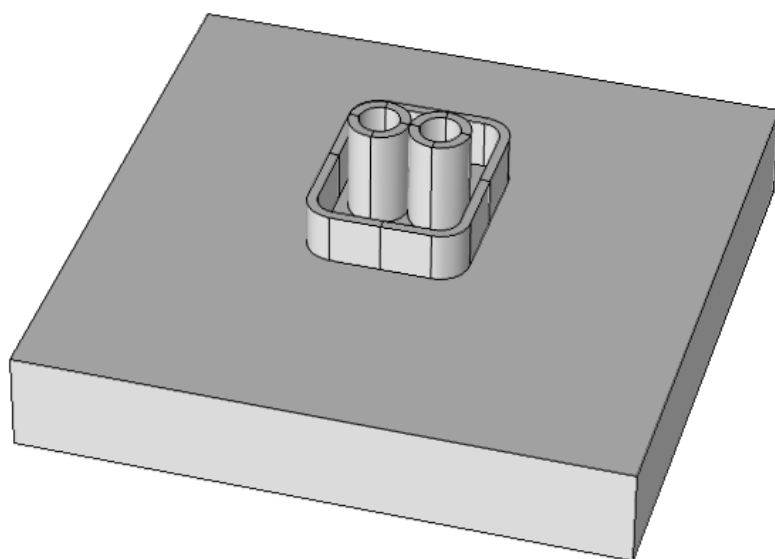
Magnetické pole ve zkoumané oblasti je popsáno parciální diferenciální rovnicí

$$\operatorname{curl} \frac{1}{\mu} \operatorname{curl} \mathbf{A} + \gamma \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} = \mathbf{J} \quad (1)$$

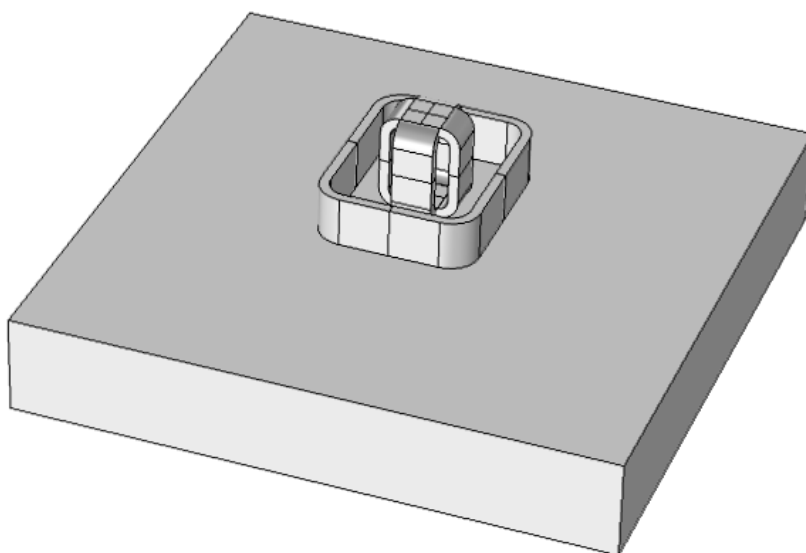
kde  $\mathbf{A}$  označuje magnetický potenciál a  $\mathbf{J}$  je proudová hustota.

### III. NUMERICKÉ ŘEŠENÍ

Matematický model je řešen numericky v programu COMSOL Multiphysics. Rozložení numerického řešení je zobrazeno na obr. I a obr. II



**Obrázek I.** Model válcových diferenčních cívek

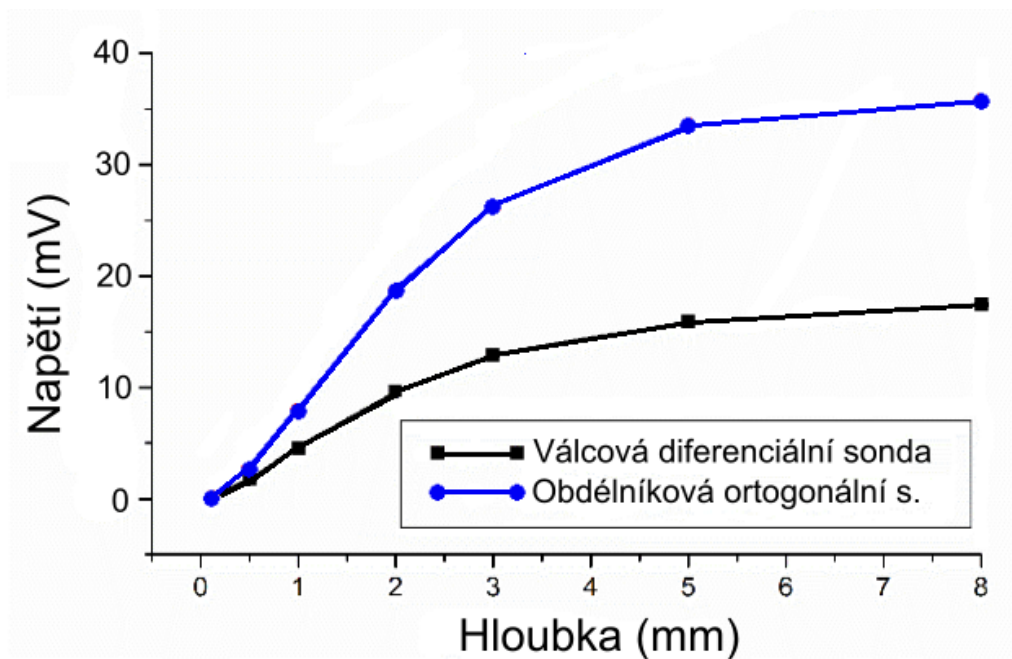


**Obrázek II.** Model ortogonálních obdélníkových cívek

Materiál zkoumaného vzorku byla tvrdá stříbrná pájka využívaná jako spojovací materiál klece asynchronního motoru. Testovaný vzorek měl rozměry  $60 \times 60 \times 10$  mm. Tabulková elektrická vodivost materiálu byla  $5,6 \cdot 10^6$  S/m. Celkový rozměr výpočetní oblasti byl  $80 \times 80 \times 50$  mm. Okrajová podmínka byla určena tečnou složkou magnetického vektorového potenciálu rovnou nule. Šířka budícího impulzu byla 5 ms.

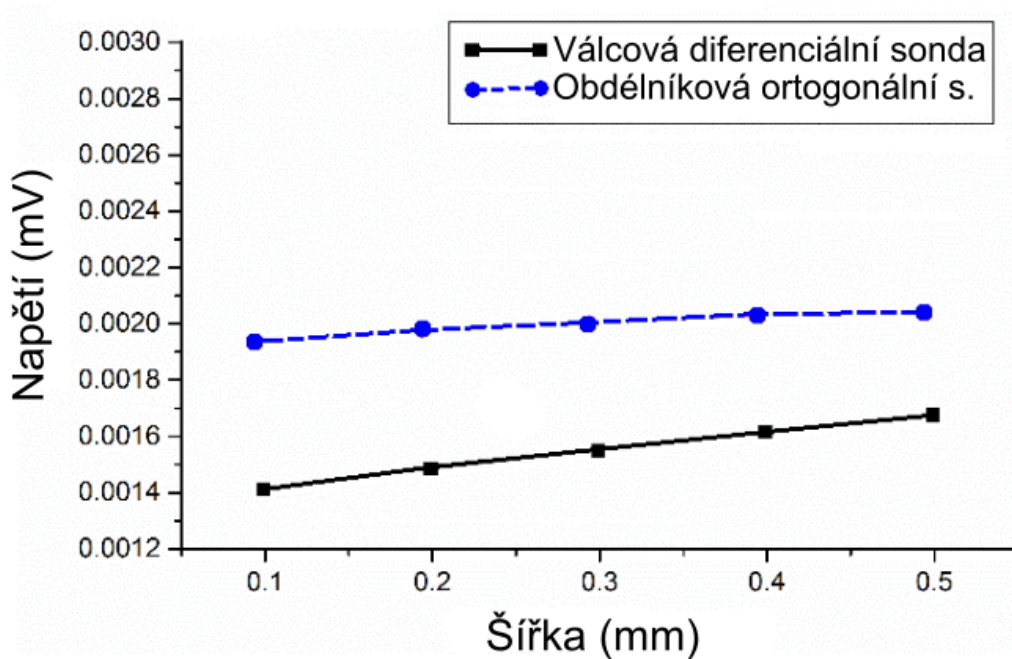
#### IV. VLIV HLOUBKY TRHLINY

Simulace byla provedena pro sadu uměle vytvořených vad s předem danými rozměry. Společným rozměrem byla šířka vady 0,2 mm. Hloubky vad byly uvažovány v hodnotách 0, 1 mm, 0,5 mm, 1 mm, 2 mm, 3 mm, 5 mm a 8 mm.



**Obrázek III.** Špičkové hodnoty výstupního napětí v závislosti na hloubce vady

Obr. III vykresluje špičkové hodnoty výstupního napětí při vzrůstající hloubce uměle vytvořené vady. V porovnání s obdélníkovou sondou má válcová diferenciální sonda nižší citlivost na změnu hloubky.



**Obrázek IV.** Špičkové hodnoty výstupního napětí v závislosti na šířce vady

## V. VLIV ŠÍŘKY TRHLINY

Tato sada výpočtů probíhala obdobným způsobem, jako pro změnu hloubky. V tomto případě je společným rozměrem hloubka vad 3 mm. Šířky těchto vad byly potom uvažovány v hodnotách 0, 1 mm, 0, 2 mm, 0, 3 mm, 0, 4 mm, 0, 5 mm. Vliv tvaru sondy na citlivost měření šířky vady je potom zobrazena na obr. IV.

Obr. IV ukazuje přibližně lineární nárůst výstupního napětí s rostoucí šířkou vytvořené vady. Válcová diferenciální sonda vykazuje ve srovnání s obdélníkovou ortogonální sondou vyšší gradient nárustu napětí.

## VI. ZÁVĚR

Bylo provedeno numerické řešení různých uspořádání pulzních defektoskopických sond využívajících vířivé proudy. Výstupní napětí byla porovnána.

Citlivost obou typů sond se liší v závoslosti na směru. Jsou citlivější na změnu hloubky než na změnu šířky vady.

Tvar cívek má přímý vliv na citlivost sondy. Kolmé zapojení obdélníkových cívek vykazuje vyšší citlivost než válcové cívky

## PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2016-006 a projektu SGS-2015-035.

## LITERATURA

- [1] Theodoulidis, T., Wang, H., Tian, G. Y.: "Extension of a model for eddy current inspection of cracks to pulsed excitations", NDT&E International, 2012, pp 144-149.
- [2] García-Martin, J., Gomez-Gil, J.: "Non-Destructive Techniques Based on Eddy Current Testing", Sensors, 2011, pp. 2525-2565.
- [3] Park, D. G., Angani, C. S.: "Detection of the Subsurface Cracks in a Stainless Steel Plate Using Pulsed Eddy Current", Journal of Nondestructive Evaluation, 2013, pp. 350-353.