

NUMERICAL MODELLING AND NMR VERIFICATION OF THE ORTHOGONAL CONFIGURATION SPECIMENS

Petr Bureš

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT
E-mail: xbures14@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Eva Kroutilová
E-mail: kroutila@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

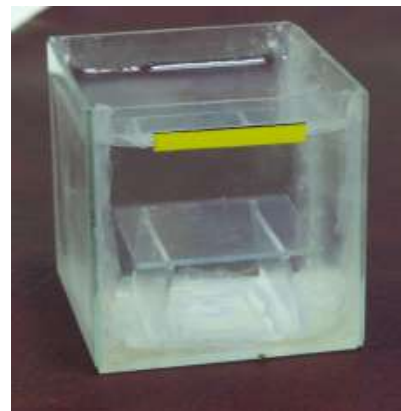
This article deals with results comparison from the numerical simulation of the MR signals of various techniques, which will be useable for the experimental results verification. There was solved the effect of changes magnetic fields in MR tomography. The testing specimens were specimens of the three materials: Sodium glass, Silica glass and Simax glass.

1. EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ

Experimentální měření proběhlo na MR tomografu (viz obr.1.) ÚPT AV ČR.K ověření výsledků bylo provedeno dvojí měření při základním magnetickém poli o indukci $B_0 = 4,7$ T. V prvním měření bez vzorku se stanoví rozložení základního pole a eliminují se vlivy nehomogeneity pole. Druhé měření je se vzorkem. Měřicí přípravek je na obr. 2. Výsledkem měření jsou dvě matice komplexních čísel, do kterých jsou data zapsána a v programu MATLAB upraveny na fázový obraz. Na nově získané matici je aplikována funkce MATLABu „unwrap“, která rozvine fázové skoky na rostoucí, resp. klesající posloupnost, a pak se obě matice odečtou a vzniká rozdílový fázový obraz. Získaný graf je dále použit pro porovnání hodnot měření s výsledky numerického modelování.



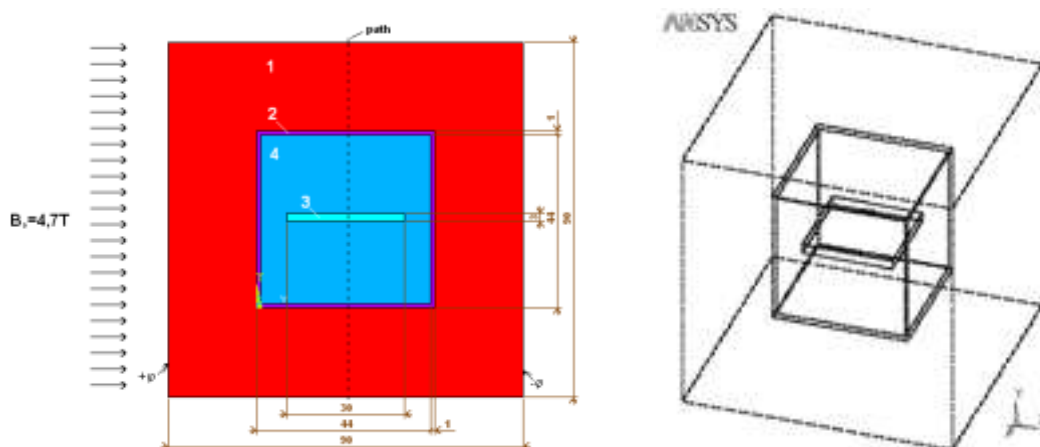
Obrázek 1: MR tomograf



Obrázek 2: Měřicí přípravek se vzorkem

2. NUMERICKÉ MODELOVÁNÍ

Pro numerické modelování bylo využito metody konečných prvků ve spojení se systémem Ansys. Vzorek je obklopen z obou stran referenčním prostředím. V reálném experimentu je touto referencí voda, která je ideální pro získání MR signálu. Jak ukazuje obr. 3, v modelu jsou definovány čtyři objemy s různou susceptibilitou. Materiály jsou definovány jejich permeabilitou : materiál č. 1 - prostředí vně krychle (vzduch $\chi=0$), materiál č. 2 - stěny krychle (sodíkové sklo $\chi=-11,67 \cdot 10^{-6}$), materiál č. 3 je materiál vzorku (sodíkové sklo $\chi=-11,67 \cdot 10^{-6}$, křemenné sklo $\chi=-8,79 \cdot 10^{-6}$, sklo Simax $\chi=-8,82 \cdot 10^{-6}$), materiál č. 4 je prostředí uvnitř krychle (voda s roztokem síranu nikelnatého NiSO_4 $\chi=-12,44 \cdot 10^{-6}$). Velikost permeability byla zadána pomocí vztahu $\mu=1+\chi$. Pro geometrii vzorku podle obr. 3 byl vytvořen v systému geometrický model. V modelu bylo použito diskretizační síť s 133584 uzly a 126450 prvky typu Solid96 (Ansys). Okrajové podmínky (2.2) byly voleny tak, aby hodnota indukce statického základního pole byla $B_0 = 4,7000 \text{ T}$ ve směru souřadnice z (osa krychle) – odpovídá reálnému experimentu na MR tomografu ÚPT AV ČR Brno.



Obrázek 3: Geometrický model úlohy v systému ANSYS

2.1. ODVOZENÍ VZTAHU PRO POTENCIÁL HOMOGENNÍHO MAGNETICKÉHO POLE

Uvažujeme, že v celé oblasti neexistují budící proudy, platí tedy $\text{rot } \mathbf{H} = 0$ a pole je nevírové. Proto můžeme použít skalární magnetický potenciál φ_m , pro který platí

$$\mathbf{H} = - \text{grad} \varphi \quad (1)$$

Potenciál budícího statického pole s intenzitou H_0 je použitím (1)

$$\varphi = \int \vec{H}_0 \cdot \vec{u}_z dz = H_0 \cdot z \quad (2)$$

kde

$$H_0 = \frac{B}{\mu_0 \cdot \mu} \quad (3)$$

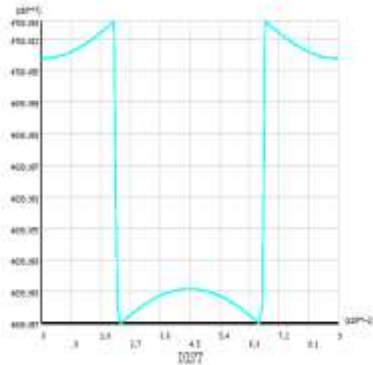
Potom

$$\pm \frac{\varphi}{2} = \frac{B \cdot z}{2\mu} = \frac{4,7T \cdot 90mm}{2\mu} \quad (4)$$

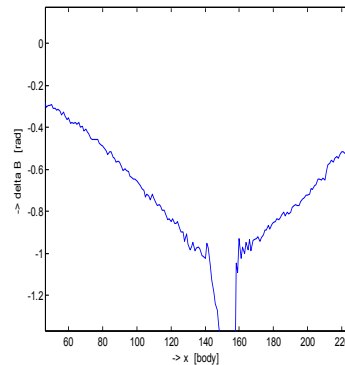
kde z je celková délka hrany modelu. V obr.3. je vyznačena cesta „path“ příčného řezu pro zobrazení modulu magnetické indukce B .

3. POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ NUMERICKÉHO MODELOVÁNÍ A MĚŘENÍ

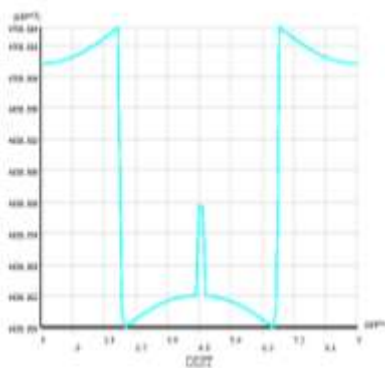
Hodnoty Numerického modelování a měření jsou uvedeny na obr. 4-7. Numerické modelování a analýza úlohy potvrdily experimentální výsledky a díky modifikovatelnosti numerického modelu se podařilo v experimentech na pracovišti AV ČR postoupit v kvalitativním zpracování obrazu NMR.



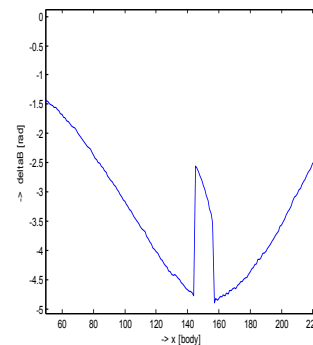
Obrázek 4: Průběh magnetické indukce B, numerický model, bez vzorku



Obrázek 5: Změřený průběh magnetické indukce B prostředím, bez vzorku



Obrázek 6: Průběh magnetické indukce B, numerický model, křemenné sklo, $\Delta B=17 \mu\text{T}$



Obrázek 7: Změřený průběh magnetické indukce B prostředím, křemenné sklo, $\Delta B=3,19 \mu\text{T}$

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl za podpory grantů MSM0021630516, KJB208130603 a GA102/07/0389.

LITERATURA

- [1] Fiala, P., Kroutilová, E., Bachorec, T. Modelování elektromagnetických polí, počítačová cvičení. vyd. Brno: VUT v Brně, FEKT, Údolní 53, 602 00, Brno, 2005.
- [2] Steinbauer, M. Měření magnetické susceptibility technikami tomografie magnetické rezonance. vyd. Brno: VUT v Brně, FEKT, Údolní 53, 602 00, Brno, 2006.
- [3] Dědek, L., Dědková, J: Elektromagnetismus, VUTIUM, skripta VUT, Brno, 2000