

# Konstrukce radiofrekvenční cívky pro zobrazování magnetickou rezonancí



Martin Vít  
Pavel Márton  
Fakulta mechatroniky, MTI



## Abstract

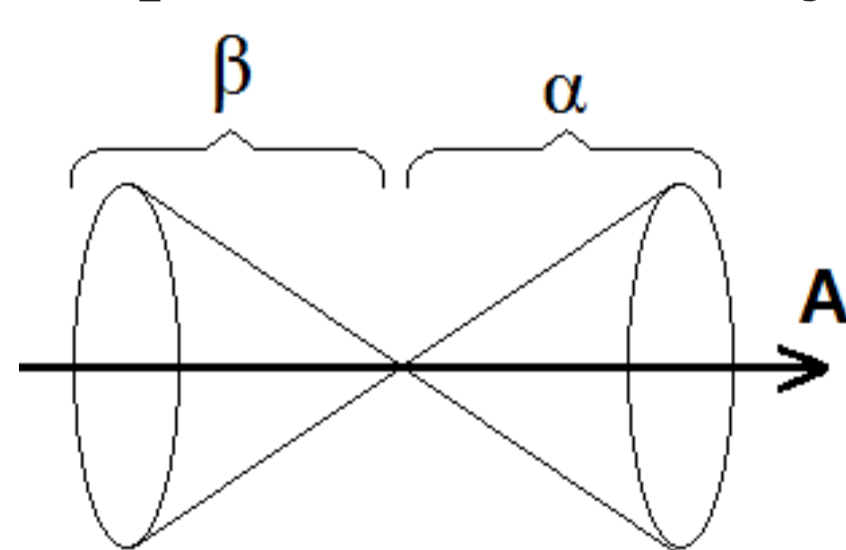
This work introduces principle of operation of a sensing-coil, which is used in magnetic resonance imaging (MRI) in medicine. The aim is to design a functional coil and a holder, to which the coil is mounted, according to specific requirements of the user - Institute for Clinical and Experimental Medicine (IKEM). We discuss details of the construction of both components. The final device was tested and its functionality verified in IKEM on imaging-phantom samples in a complete experimental setup used for real measurements. Outcomes of simulations of electromagnetic fields, which were conducted as a support for development of the coil and holder, are shown as well. Alternative approaches to construction of coils and methods for their evaluations are presented.

## Cíle práce

1. Návrh a konstrukce spolehlivě fungujícího držáku pro myš, které bude prováděno vyšetření pomocí skeneru magnetické rezonance. Držák musí být odolný proti poškození při práci v laboratoři, musí být kompatibilní s ostatními částmi MRI a musí zajistit stabilizaci teploty zvířete při vyšetření
2. Návrh a konstrukce radiofrekvenční cívky určené k buzení a měření odezvy magnetických momentů protonů jader atomů. Cívka musí být schopna pracovat na rozdílných frekvencích 200 MHz a 188,6 MHz pro možnosti použití různé kontrastní látky.

## Vstup do problematiky

Zobrazování pomocí magnetické rezonance (MRI) je moderní zobrazovací metoda, využívající fyzikálního jevu zvaného magnetická rezonance. Nejstarším předchůdcem MRI je skiografie (klasický rentgen), novějším vylepšením je rentgenové CT. Oba tyto přístroje však fungují na stejném fyzikálním základě, kterým je zkoumání tkáně pomocí rentgenových paprsků. MRI má fyzikální princip zcela odlišný. Každé těleso se skládá z jednotlivých atomů. Každý atom obsahuje své jádro. Toto jádro se skládá z protonů a neutronů, které velkou rychlostí rotují kolem své osy. Protony se navenek jeví jako kladně nabitá částice. Pohybem nabitých částic vznikne magnetické pole a magnetický dipólový moment. Dipólový magnetický moment je vektorová veličina, která je kolmá na osu rotace částice. Pokud se v magnetickém poli pohybuje nabitá částice, tak je ve vodiči v blízkosti tohoto pohybu indukováno elektrické napětí. Tento vodič je právě cívka, jejímž návrhem se práce zabývá.



Obr. 1: Rozložení orientací magnetických spinů jader atomů v magnetickém prostředí

## Metodika

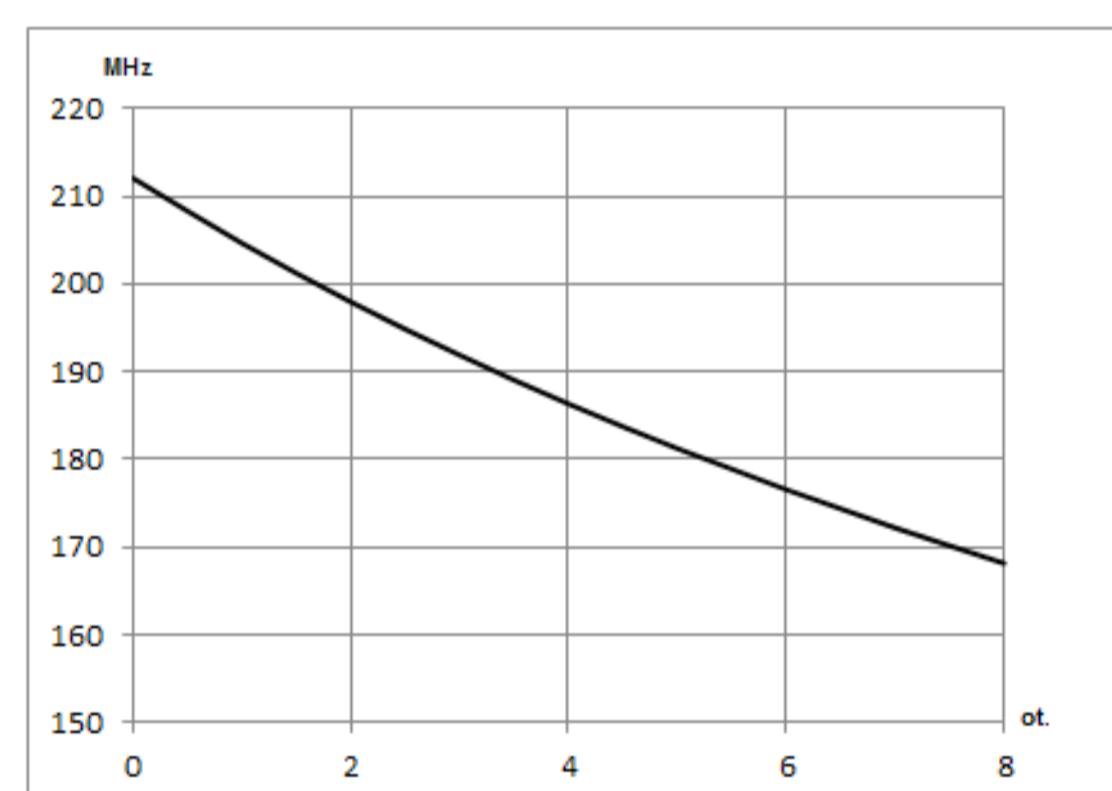
Nejprve proběhl teoretický návrh cívek podle empirických vzorců, které byly konfrontovány s potřebnými teoriemi a následně proběhlo ověření měření. K experimentálnímu ověřování výpočtů bylo použito elektronické měřicí vybavení kterým disponují laboratoře TUL. Ověření proběhlo na experimentálním spektrometru MRI Bruker 4,7 T na pracovišti IKEM

## Výsledky



Obr. 2: Stojan vytištěný 3D tiskem

Na obr. 3 je zobrazena hotová radiofrekvenční cívka s patrnými ladicími prvky ve spodní části.

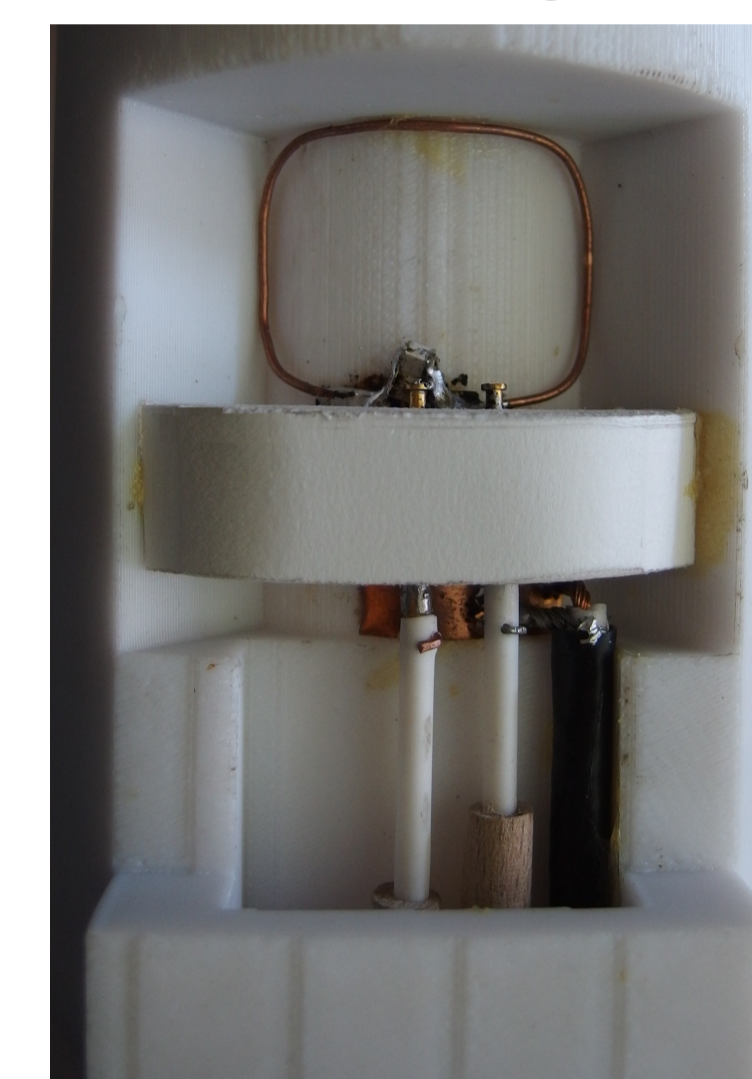


Obr. 4: Závislost rezonanční frekvence na nastavení ladicího kondenzátoru

Obr. 5 je výsledný obraz naměřený spektrometrem MRI. Objektem měření byla tubička s vodou (fantom). Při výzkumném měření zde může být vidět například řez myším tělem.

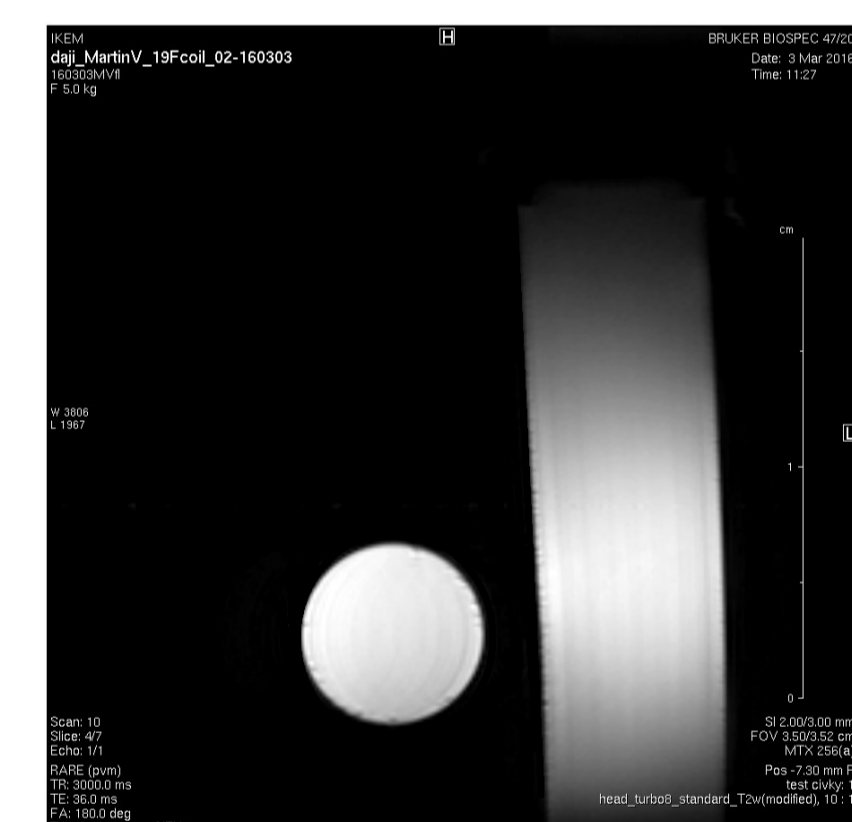
Obr. 5: Naměřený scan fantomu

Na obr. 2 je zobrazen hotový držák pro vyšetření myši magnetickou rezonancí. Držák musí být proveden z materiálů bez feromagnetických vlastností, proto je 3D tisk vhodná technologie



Obr. 3: Pohled na hotovou rf cívku

Obr. 4 představuje průběh rezonanční frekvence antény v závislosti na natočení ladicího kondenzátoru. Průběh není lineární, neboť je k ladicímu prvku paralelně připojen kondenzátor s pevnou hodnotou.



## Závěr

Podařilo se navrhnout cívku s přesně nastavitelnou rezonanční frekvencí v požadovaném rozsahu. Navržené cívky spolu se stojany byly testovány v experimentální laboratoři, která je vybavena MR tomografem Bruker Biospec 4.7 T pro výzkum na malých zvířatech na pracovišti v IKEM.

Dále se po konzultacích se zástupci IKEM podařilo navrhnout vhodný držák, který byl vytištěn na 3D tiskárně na TUL. Držák slouží k fixaci měřeného zvířete v magnetu tomografu.

## Další pokračování práce

Tato práce by mohla například pokračovat zdokonalením radiofrekvenční cívek o prvky symetrizace přenášeného signálu, nebo lepším přizpůsobením. Dalším směrem vývoje může být také tvarování magnetického pole pomocí cívek jiných tvarů, nebo konstrukcí jako je například Helmholtzova cívka, nebo objemová cívka.

## Reference

- [1] J. P. HORNAK. *The Basic of MRI (2014)* [online]. [cit. 2.3.2016]. Dostupný na WWW: [www.cis.rit.edu/htbooks/mri/](http://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/)
- [2] A. Haase et al., *Concepts in Magnetic resonance* 12, 361 (2000).
- [3] F. D. Doty, *NMR Biomed.* 20, 304 (2007).
- [4] E. M. Haacke et al., *Magnetic Resonance Imaging. Physical Principles and Sequence Design.* John Wiley and Sons, 1999.

## Kontakt

[martin.vit@tul.cz](mailto:martin.vit@tul.cz)