

Návrh cívek pro magnetickou rezonanci



Martin Vít
Pavel Márton
Fakulta mechatroniky, MTI



Abstract

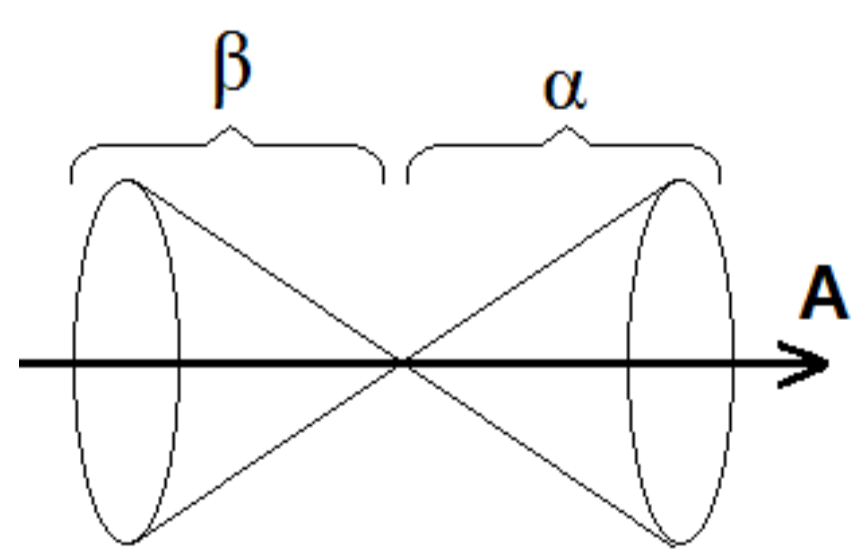
The objective of this work is to introduce the reader to the functionality of coils for magnetic resonance imaging; to propose suitable components for the constructions of coils and thereby ensuring all their necessary parameters. Furthermore, to identify possibilities of tuning in order to achieve both required resonance frequency and best impedance matching of the coil with the measuring setup. The result of this work is a design and realization of a coil working frequencies of 187 and 200 MHz. The performance of the coil was verified and it was found that the designed coil complies with the requirements.

Cíle práce

1. Zjištění funkce povrchových a rezonátorových cívek používaných při zobrazování magnetickou rezonancí (MR).
2. Seznámení s komponentami potřebnými pro konstrukci MR cívek, a zejména s požadavky na materiály, ze kterých jsou cívky vyrobeny.
3. Seznámení s metodami charakterizace kvality sondy, možnosti ladění frekvence a impedančního přizpůsobení.
4. Navržení a sestavení radiofrekvenční cívky, která umožní ladění v oblasti Larmorovy frekvence vodíku (200 MHz) a fluoru (187 MHz) na 4.7 T experimentálním spektrometru, včetně možnosti přeladění v průběhu experimentu.
5. Provedení základního měření faktoru kvality navržené cívky.
6. Testování sondy přímo měřením obrazu NMR na pracovišti IKEM (homogenita cívky, citlivost cívky)

Vstup do problematiky

V poslední době dochází k prudkému nárůstu využití zobrazování pomocí magnetické rezonance ve většině oborů. Je to způsobeno příznivými vlastnostmi MR, která oproti klasické CT neprodukuje škodlivé Röntgenovo záření. K rozvoji dochází také vývojem výpočetní techniky a softwaru, který je schopen zpracovat velké množství informací. Za práci na 3D zobrazovacím softwaru byla v roce 2003 udělena Nobelova cena (C. Lauterbur, P. Mansfield), z čehož je patrné, že je metoda poměrně nová. RF cívka je považována za kriticky důležitou součástku pro získání maximálního výstupního signálu v MRI. Touto problematikou se proto zabývá velké množství prací. Většina těchto prací je však zaměřena na velké cívky (desítky cm) pro použití v medicíně. U těchto velkých cívek výrazně převažují ztráty ve vzorku a konstrukce cívky není tak náročná. Opakem těchto velkých cívek jsou mikrocívky (mm), kde převažují ztráty v obvodu cívky a ztráty ve vzorku lze zanedbat.



Obr. 1: Rozložení orientací jader atomů vody v magnetickém prostředí

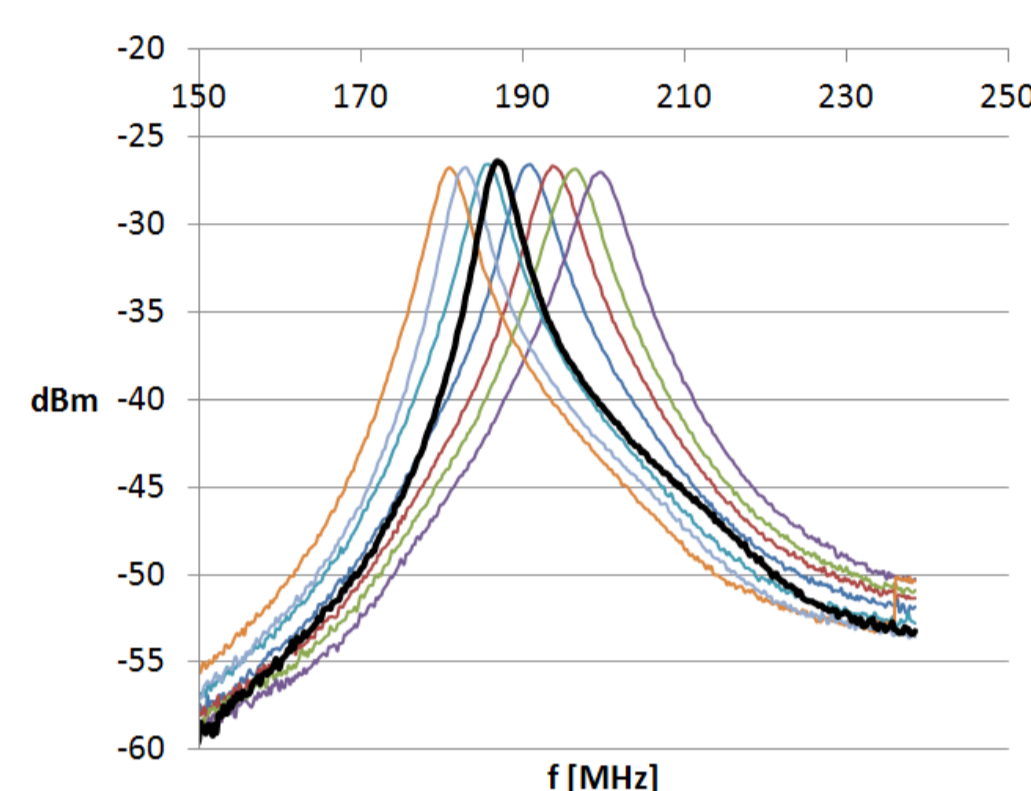
Metodika

Nejprve proběhl teoretický návrh cívek podle empirických vzorců, které byly konfrontovány s potřebnými teoriemi a následně proběhlo ověření měřením.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

K experimentálnímu ověření výpočtů bylo použito elektronické měřicí vybavení kterým disponují laboratoře TUL.

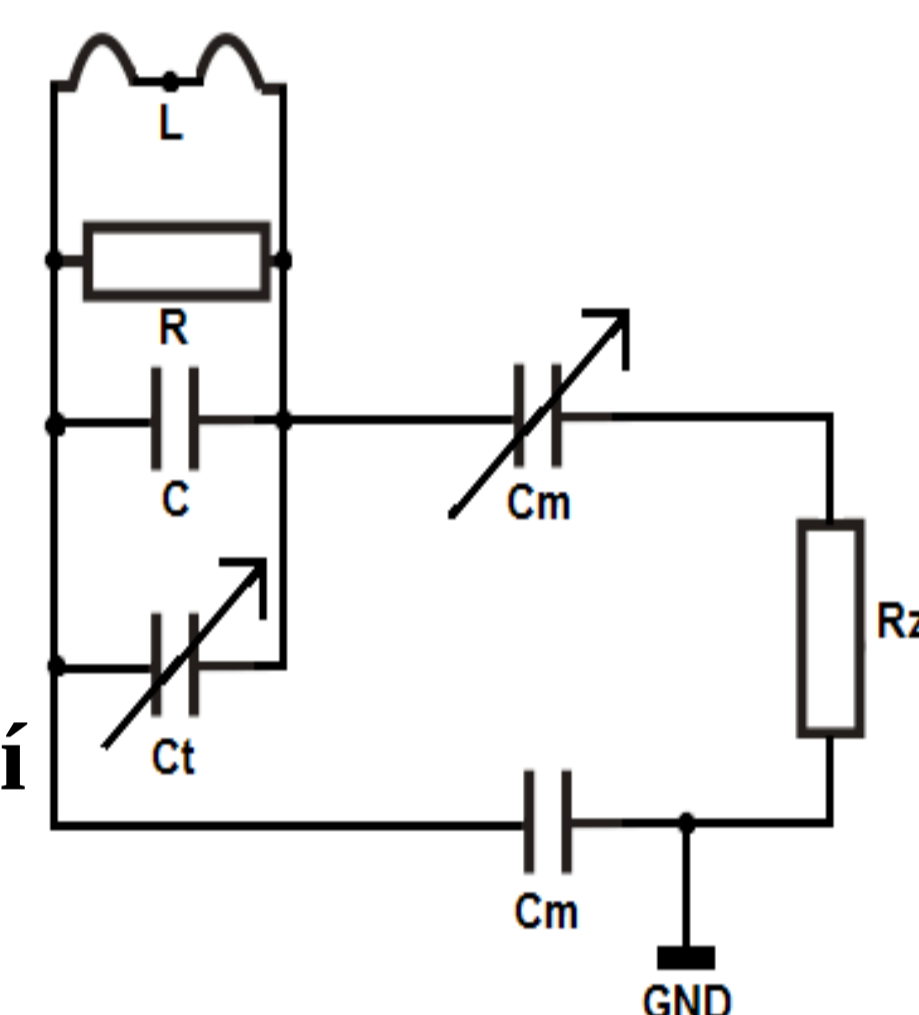
Výsledky



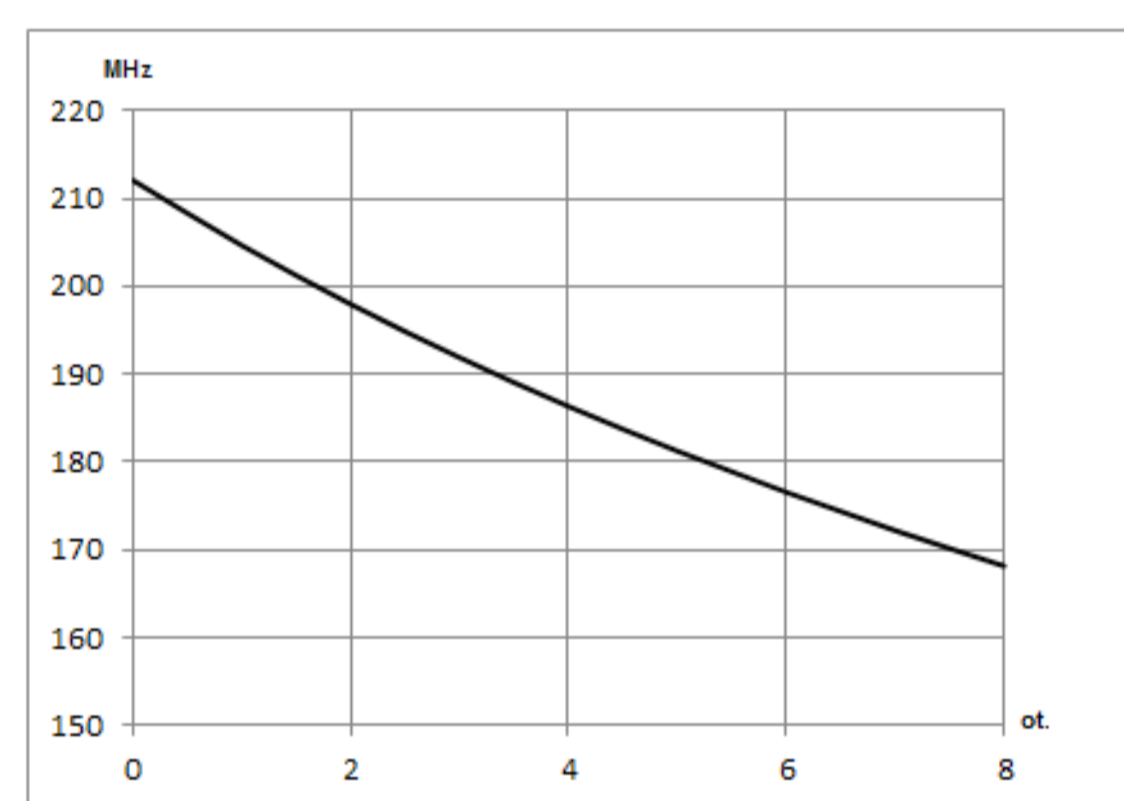
Na obr. 2 můžeme vidět rozsah přeladění antény a také strmost poklesu signálu v závislosti na frekvenci. Jednotlivé křivky značí příslušné pootočení trimru. Vrchol křivek odpovídá vztahu (1).

Obr. 2: Možnost přeladění antény

Obr. 3 představuje náhradní obvod antény, který byl použit pro návrh. V rezistoru R jsou kombinovány ztráty v obvodu a ztráty ve vzorku.



Obr. 3: Náhradní schema antény



Obr. 4 představuje průběh rezonanční frekvence antény. Průběh není lineární, neboť je k ladicímu prvku paralelně připojen kondenzátor s pevnou hodnotou.

Obr. 4: Průběh přeladění

Závěr



Obr. 5: Hotová cívka

Podařilo se navrhnout cívku s přesně nastavitelnou rezonanční frekvencí v požadovaném rozsahu. Byl proveden i pokus s odstraněním materiálu plošného spoje z jádra cívky. Takto upravená cívka se neliší svými parametry od cívky s vyplněným jádrem. Pro zachování lepší mechanické pevnosti je sklolaminát plošného spoje ponechán na svém místě. Dále se podařilo vyřešit přizpůsobení antény ke kabelu a najít maximum přenášeného signálu s minimálním zatlumením odrazy.

Další pokračování práce

Tato práce by mohla například pokračovat zdokonalením této cívky o prvky symetrizace přenášeného signálu. Dalším směrem vývoje může být také tvarování magnetického pole pomocí cívek jiných tvarů, jako je například klecová, nebo objemová cívka. Pro pokračování práce se počítá s konstrukcí těchto složitějších cívek.

Reference

- [1] MIKULČÁK, Krkavec, Klimeš. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky*. 7. Vyd. SVOBODA, 1976, 352 s., 1197 14-057-76.
- [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