

Návrh cívek pro magnetickou rezonanci

Martin Vít, Ing. Pavel Márton, Ph.D.

Abstrakt

Práce má za úkol seznámit čtenáře s fungováním cívek pro zobrazování pomocí magnetické rezonance. Navrhnout vhodné komponenty pro stavbu cívek a zajistit všechny jejich důležité parametry. Dále je předmětem práce zjistit jaké jsou možnosti ladění cívky k dosažení požadované frekvence a impedančního přizpůsobení cívky s měřicím zařízením. Výsledkem práce by měl být návrh a realizace cívky pro pracovní frekvence 187 a 200 MHz. Cívka byla ověřena a bylo zjištěno, že navržená cívka je v souladu s požadavky.

Úvod

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.

Nejvíce se MRI rozšířilo ve zdravotnictví, kde představuje možnost, díky absenci škodlivého záření, provádět opakovaně velké množství snímků na pacientovi bez vzniku rizika ozáření. Zobrazování pomocí MRI je dražší než klasické metody. V současnosti však díky poklesu ceny supravodičů dochází k jejímu zlevňování. MRI je schopno podat přesnější obraz než všechny ostatní metody a díky těmto skutečnostem se můžeme setkat s MRI jednotkou v řadě nemocnic v ČR.

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 (jednotky mm), kde převažují ztráty v obvodu cívky, a ztráty ve vzorku lze zanedbat.

Experiment a metody

Pro nejjednodušší možné uspořádání je nejvhodnější, když cívka funguje jako vysílač elektromagnetického pulsu a zároveň jako přijímač naměřené odezvy. Pro získání maximálního navráceného signálu je vhodné konstruovat cívku jako rezonanční obvod, ve kterém je provedena kompenzace reaktance cívky na dané frekvenci kondenzátorem. Při tomto provedení je proud cívkou maximalizován a signál je velký.

Problémem tohoto zapojení je, že naladění je silně frekvenčně závislé a podle druhu vzorku vloženého do magnetického pole cívky se mění rezonanční frekvence obvodu (1). Je to způsobeno magnetickými vlastnostmi vzorku, které se liší od okolního vzduchu. Proti tomuto jevu stojí fyzikální princip MR, kdy je třeba dodržet přesnou frekvenci, na které jádra rezonují. Je proto nutné cívku v průběhu experimentů přeladovat pro zachování konstantní rezonanční frekvence.

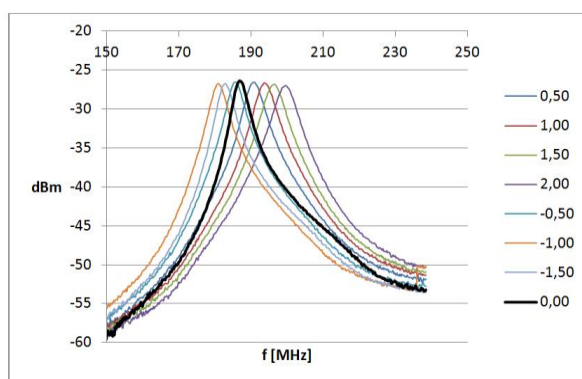
Rozšířený Abstrakt

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

kde f je rezonanční frekvence, L je indukčnost závitu a C je kapacita kondenzátoru.

Výsledky a diskuze

V požadavcích práce je zkonstruovat cívku, která by svými rozměry byla vhodná pro měření na malých hlodavcích. Druhým požadavkem je přeladitelnost mezi dvěma rezonančními frekvencemi: 200MHz pro vodík a 188.6MHz pro fluor. Význam použití pro dvě různé rezonovatelné látky spočívá v možnosti provedení dvou nezávislých měření na jednom objektu, kdy není potřeba měnit cívku. Změnou cívky by došlo k pohybu těchto dvou obrazů proti sobě a nebylo by možno obrazy vhodně porovnat. Podle obrázku 1 je patrné, že cívka měření umožňuje.



Obrázek 1. Závislost rezonančních křivek obvodu na zvoleném počtu otáček kapacitního trimru.

Závěr

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 nelišila 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 ztlumením odrazy.

Poděkování

Rád bych věnoval poděkování panu Ing. Pavlu Mártonovi, Ph.D. za jeho podporu a kladný přístup k věci u této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Prof. Ing. Aleši Richterovi za to, že mi umožnil přístup k problematice.

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.