



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra biomedicínské techniky

F7D1111-2

Microwave Medical Imaging: from Basics to Application

Preparation of the phantoms for imaging
and calibration of the microwave imaging
system, performance of microwave
measurements

Protokol

Studijní obor: Biomedicínské inženýrství
Autor: Ing. Matouš Brunát

1 Úvod

Interakce hmoty s časově harmonickým elektrickým polem lze popsat pomocí makroskopických dielektrických parametrů, kterými jsou permitivita a vodivost. Dielektrické parametry látek lze vyložit na základě popisu mechanismů umožňujících vznik momentů atomů, molekul a elementárních buněk působením vnějšího elektrického pole.

Absolutní permitivita $\epsilon^{\rightarrow} [F \cdot m^{-1}]$ vyjadřuje míru odporu při vytváření elektrického pole v určitém médiu. Absolutní permitivita je složena z permitivity vakua $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} F \cdot m^{-1}$ a z relativní permitivity ϵ_r .

Relativní permitivita $\epsilon_r [-]$ je permitivita dielektrika určitého materiálu reprezentovaná poměrem absolutní permitivity k permitivitě vakua. Vyjadřuje, kolikrát dané prostředí zeslabuje elektrické pole oproti vakuu a jedná se o bezrozměrnou veličinu.

Komplexní permitivita $\epsilon_k [-]$ je umělá veličina sloužící pro matematický popis šíření vlny. Komplexní permitivita má reálnou a imaginární část:

$$\epsilon_k = \epsilon' - j \cdot \epsilon'' = \epsilon - j \cdot \sigma \omega$$

- **Měrná elektrická vodivost** $\sigma [S \cdot m^{-1}]$ popisuje ztráty v biologických tkáních. Vodivost získáme z imaginární složky komplexní permitivity, která představuje ztrátový činitel vztahem:

$$\sigma = 2\pi f \epsilon_0 \epsilon'' + \sigma_s$$

2 Cíl

Vytvoření tekutého fantomu lidské hlavy a provedení měření dielektrických parametrů. Zpracování výsledků v programu MATLAB - vypočítání nejistot měření, vytvoření grafů.

Úkoly

1. Provedte kalibraci DAK, připravte si 0,1 M vodný roztok NaCl
2. Na základě procenta zastoupení tkání v lidské hlavě vypočítejte průměrnou permitivitu a vodivost lidské hlavy
3. Na frekvenci 1 GHz změřte dielektrické parametry jednotlivých látek potřebných k výrobě tekutého fantomu
4. Na základě dielektrických parametrů látek odhadněte potřebné množství jednotlivých složek pro výrobu 250 ml tekutého homogenního fantomu a fantom realizujte.
5. Ověřte dielektrické parametry vyrobeného fantomu. V případě potřeby upravte poměr jednotlivých složek.
6. Pomocí DAK provedte 10 měření dielektrických parametrů vytvořeného fantomu
7. V prostředí MATLAB vypočítejte průměrné dielektrické vlastnosti fantomu, určete nejistoty měření. Vytvořte grafy průběhu dielektrických parametrů od 0,5 do 3 GHz.
8. Výsledky porovnejte s teoretickými hodnotami, zhodnoťte výhody a nevýhody tekutých fantomů

Použité zařízení a přístroje:

- Vektorový analyzátor obvodů, FSH8.28, Rohde&Schwarz, SRN
- DAK 12, Dielectric Assesment Kit, SPEAG, Švýcarsko
- Mathworks MATLAB
- Látky potřebné k výrobě fantomů - isopropanol, NaCl, destilovaná voda.

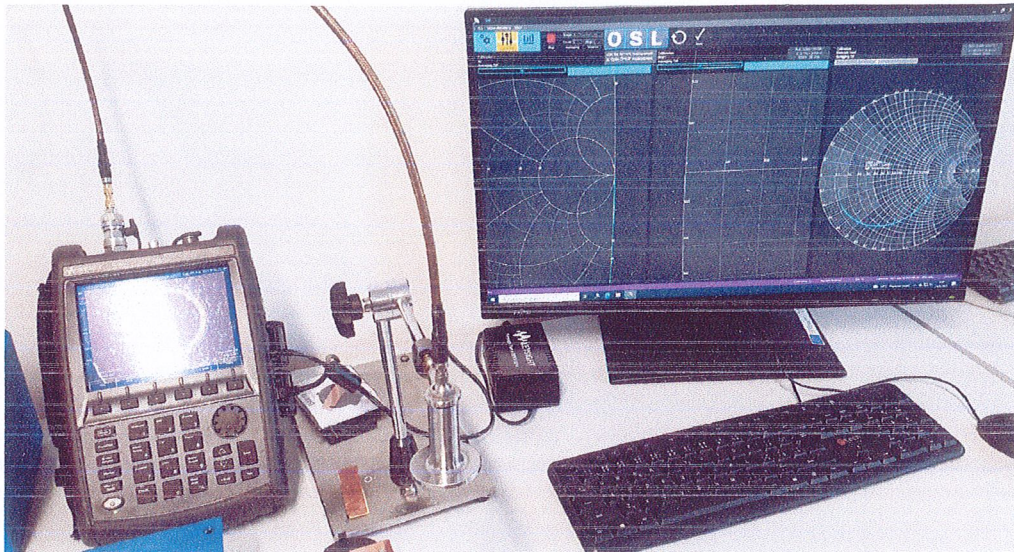
Postup:

1)

Kalibrace byla provedena roztokem 0,5l vody s 2,92 g NaCl. To je vodný roztok s koncentrací 0,1 M.

$$c [\text{mol/l}] = \frac{m}{M \cdot V}$$

$$m = 0.1 \cdot 58,4 \cdot 0,5 = 2,92 \text{ g}$$



Obr. 2.1: Kalibrace DAKu.

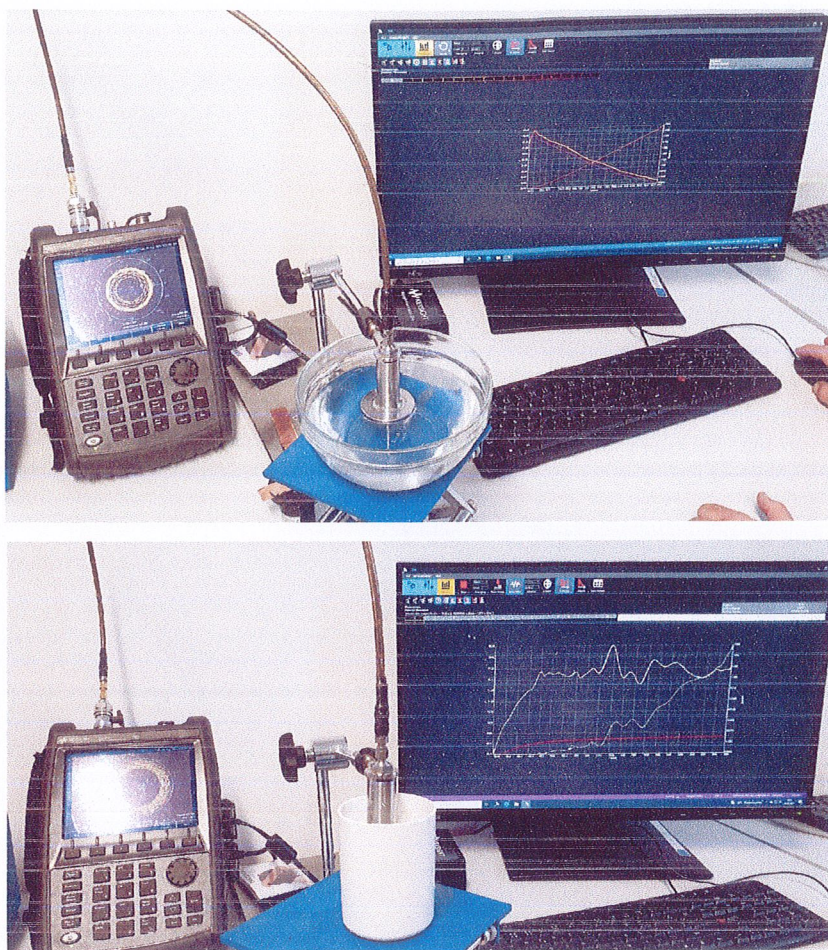
2) Bílá hmota má zastoupení 60% a šedá 40%. Parametry tkání nalezneme v databázi ITIS.

Brain (Grey Matter)	Brain (Grey Matter)	5.23E+1	9.85E-1
Brain (White Matter)	Brain (White Matter)	3.86E+1	6.22E-1

Obr. 2.2: Parametry tkání pro záření o frekvenci 1 GHz. Převzato z ITIS database.

Ačkoliv prostým váženým průměrem vychází parametry tkáně takto: Relativní permitivita 43,6 a vodivost 0,76 S/m, v našem měření se snažíme dosáhnout praktičtějších čísel 40 a 1 S/m.

3)



Obr. 2.3: Měření vlastností destilované vody (horní) a isopropil alkoholu (dolní).

Výsledné vlastností:

Voda - Rel. Permitivita = 84 a vodivost = 0.22 S/m

IPA - Rel. Permitivita = 7 a vodivost = 0.3 S/m

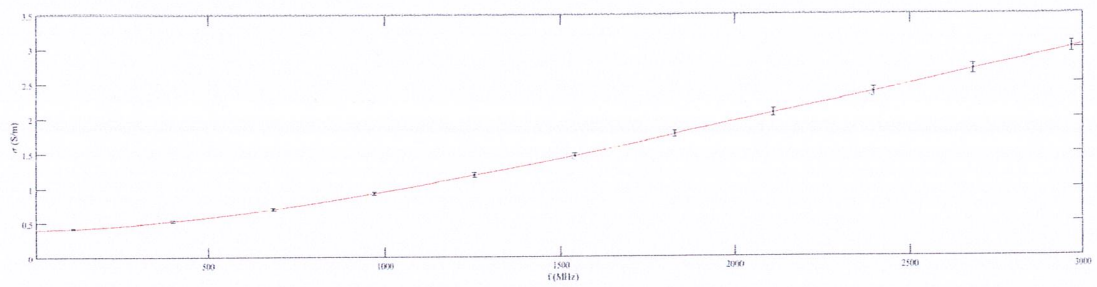
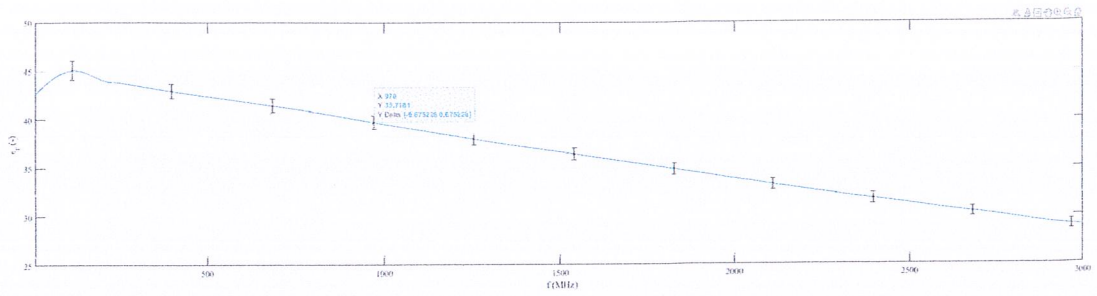
4)

$$40 = 84 \cdot x + 7 \cdot (1 - x)$$

$$x = 33/77$$

Vody musí být 42,86 % a IPA 57,14 %. Tím zařídíme správnou permitivitu. Vodivost zvyšujeme postupným přimícháváním NaCl, která permitivitu prakticky neovlivňuje.

Výsledek:



Hodnoty parametrů průměrováno přes 10 měření.

3 Závěr:

Tekutý fantom je velice jednoduchý na přípravu, ale nedá se správně tvarovat na přesné anatomické tvary.

4 Zdroje

- [1] BALANIS, Constantine A. *Advanced engineering electromagnetics*. 2nd ed. Hoboken, N.J.: John Wiley, c2012. ISBN 9780470589489.
- [2] BALANIS, Constantine A. *Antenna theory: analysis and design*. 2nd ed. New York: Wiley, c1997. ISBN 04-715-9268-4.
- [3] CALOZ, Christophe a Tatsuo ITOH. *Electromagnetic metamaterials: transmission line theory and microwave applications : the engineering approach*. Hoboken: John Wiley, 2006. ISBN 0-471-66985-7.