

ELECTROMAGNETIC FIELD MAPPING IN BIOLOGICAL TISSUE

Martin Bereznanin

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xberez01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Rozman

E-mail: rozman@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

The main objective of this study is to learn about the theory of electromagnetic field and to create a model of propagation of ultrashort waves in a biological tissue. Next point of this paper is to determine a specific absorption rate (SAR) using a valid sanitary standard.

1. ÚVOD

Na začátku 21. století jsme svědky nevídaného nárůstu umělých zdrojů elektromagnetického pole (EMP) v souvislosti s bouřlivým rozvojem informačních bezdrátových technologií. Dnes se dokonce hovoří o "bezdrátové revoluci", která činí náš život pohodlnější, ale má i svá negativa. V konečném důsledku je každý vystaven expozici elektromagnetickému poli jak doma, tak i v zaměstnání. A to stejnosměrným elektrickým a magnetickým polem, střídavým nízkofrekvenčním elektrickým a magnetickým polem a vysokofrekvenčním polem, kterým se budeme podrobněji zabývat.

2. ROZBOR

Nejprve se seznámíme s modelovým prostředím, s jeho funkcemi a výhodami. V dalším kroku si uvedeme parametry zdroje elektromagnetického záření a objektu, na který budeme tímto zářením působit. Nakonec stanovíme hodnotu specifického absorbovaného výkonu SAR.

2.1. VOLBA VHODNÉHO MODELOVÉHO PROSTŘEDÍ

Pro tuto úlohu jsem zvolil program Comsol Multiphysics 3.3, který umožňuje modelování a simulaci fyzikálních procesů popsaných parciálními diferenciálními rovnicemi s následným řešením metodou konečných prvků. Poskytuje nám intuitivní a srozumitelné 2D i 3D rozhraní. Program je rozdělen na moduly, přičemž každý modul řeší problémy z dané fyzikální domény. Použijeme modul radiofrekvenční, který obecně usnadňuje návrh systémů pracujících s elektromagnetickým vlněním. Tento je pro naši problematiku nejvhodnější.

Konkrétní modelové řešení se bude skládat ze zdroje elektromagnetického vlnění v podobě mobilního telefonu a modelu hlavy, na který bude daný zdroj působit.

2.2. PARAMETRY TKÁNÍ A MOBILNÍHO TELEFONU

Typ tkáně	Vodivost σ [S/m]	Relativní permitivita ϵ_r [-]	Hustota ρ [kg/m ³]	Specifické oteplení c_s [J/kg.K]	Tepelná vodivost k [W/m.K]
Kost	0.3406	20.7823	1810	1256	0.528
Mozek	0.9434	52.7133	1030	3710	0.528
Kůže	0.8674	41.3923	1010	3662	0.528
Sval	0.9438	55.0261	1040	3639	0.528
Krev	1.5390	61.3524	1060	3894	0.528

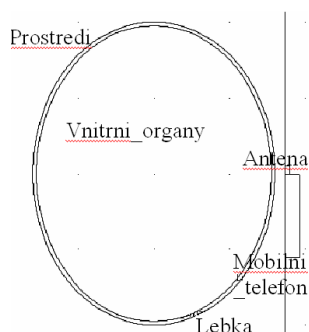
Tabulka 1: Parametry biologických tkání [2].

Pracovní frekvence f [MHz]	Výkon P [W]	Intenzita elektrického pole[V/m]
900	2	154,9

Tabulka 2: Parametry mobilního telefonu

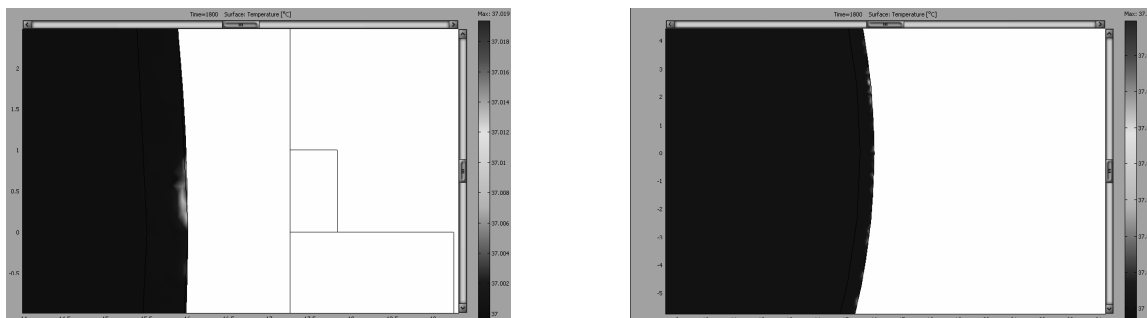
2.3. KONKRÉTNÍ MODELOVÉ ŘEŠENÍ

- Lidská hlava se skládá ze dvou elipsoidů o rozměrech 16x20cm a 15,5x19,5cm. Vnitřní výplň reprezentuje vnitřní orgány - mozek, vnější část potom lebeční stěna - kost. Parametry jednotlivých vrstev najdeme v Tabulce 1.
- Mobilní telefon se skládá ze dvou obdélníků. První o rozměrech 10x2cm a druhý reprezentující externí anténu o velikosti 0,58x0,4cm. Její parametry nalezneme v tabulce 2.

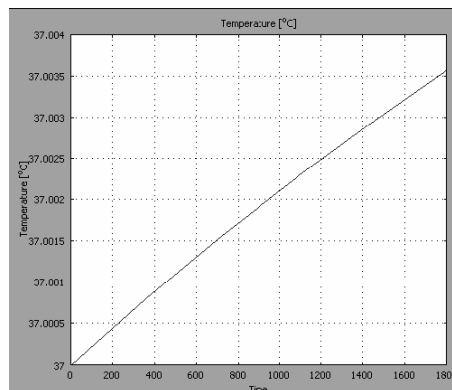
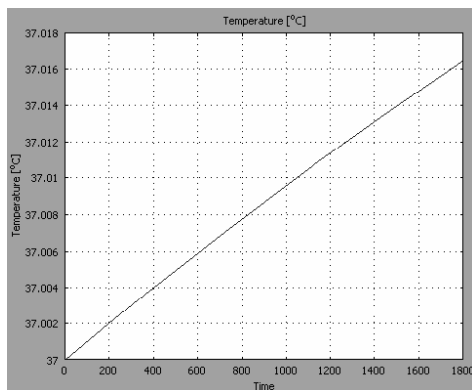


Obrázek 1: Modelové řešení úlohy.

2.4. VÝSLEDKY SIMULACE



Obrázky 2 - 3: Teplotní změny tkáně - vzdálenost 1,25 a 10cm.



Obrázky 4 - 5: Závislost teploty na čase - vzdálenost 1,25 a 10cm.

Na obrázcích 2 - 3 vidíme stav teplotního reliéfu po uběhnutí nastaveného časového intervalu. Obrázky 4 - 5 nám poté znázorňují vývoj teploty biologické tkáně v čase. Na ose x vynášíme čas v sekundách, na ose y teplotu ve stupních Celsia. V případě, kdy se anténa nachází ve vzdálenosti 1,25 cm od hlavy, můžeme zaznamenat, že se teplota mění v závislosti na časovém intervalu v ohnisku maximálně o dvě setiny stupně Celsia. Pro vzdálenost 10 cm se teplota mění v působišti s nejvyšší teplotní aktivitou maximálně o čtyři tisícinu stupně Celsia, což je znatelně méně než v předchozím případě.

2.5. VÝPOČET HODNOTY SAR

Velikost SAR získáme dosazením hodnot hustoty a konduktivity jednotlivých vrstev do vzorce:

$$SAR = \frac{\sigma E_i^2}{\rho} \quad (1)$$

Hodnota SAR pro vzdálenost 1,25 cm:

$$SAR_{lebka-1,25cm} = \frac{0.3406(13.8151^2)}{1810} = 0,0359 \text{ W/kg}$$

$$SAR_{vnitriorgany-1,25cm} = \frac{0.9434(0.1156^2)}{1030} = 1,224 \cdot 10^{-5} \text{ W/kg}$$

Hodnota SAR pro vzdálenost 10 cm:

$$SAR_{lebka-10cm} = \frac{0.3406(9.5771^2)}{1810} = 0,0173 \text{ W/kg}$$

$$SAR_{vnitriorgany-10cm} = \frac{0.9434(0.0702^2)}{1030} = 4,514 \cdot 10^{-6} \text{ W/kg}$$

V žádném z případů nebyla překročena nejvyšší přípustná hodnota 0,08W/kg [1].

3. ZÁVĚR

V této studii se nám podařilo vytvořit modelovou aplikaci šíření velmi krátkých vln v biologických tkáních. Na základě tohoto modelu jsme byli schopni stanovit hodnoty SAR pro dané tkáně. Tyto vypočtené hodnoty jsme nakonec porovnali s nejvyšší přípustnou hodnotou SAR dle nařízení vlády č. 480/2000 Sb. o ochraně před neionizujícím zářením, abychom zaručili, že nebyla překročena.

LITERATURA

- [1] Nařízení vlády č. 480/2000 Sb., 2001
- [2] Z. Pšenáková, V. Pšenák: Electromagnetic Heating of Human Tissue, internet address: caca.xicht.net/down.php?id=2914, 2004
- [3] Comsol Multiphysics v3.3a - user manual, internet site address: <http://www.comsol.com>