

Elektromagnetické pole v okolí vybraných zariadení v domácnosti

Vladimír HLUŠKA, Dušan MEDVEĎ

Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach, Slovenská republika

vladimir.hluska@student.tuke.sk, dusan.medved@tuke.sk

Abstrakt — Tento príspevok sa zaoberá rozložením elektromagnetického poľa v okolí elektrického mlynčeka na kávu a jeho vplyvu na okolie. Určenie rozloženia elektromagnetického poľa v okolí zariadenia je v tomto príspevku realizované meraním a simuláciou. Meranie bolo vykonané osobitne pre magnetickú indukciu a pre intenzitu elektrického poľa. V oboch prípadoch bol použitý osobitný merací prístroj na to určený. Simulácia modelovej situácie bola realizovaná pomocou programu ANSYS. Výsledné hodnoty získané simuláciou a meraním boli porovnané s dovolenými hodnotami podľa vyhlášky Ministerstva zdravotníctva. Je dôležité poznať vplyv elektrického zariadenia na okolie a na ostatné zariadenia z dôvodu bezpečného používania. Vplyvom elektromagnetického poľa na človeka môže dôjsť k poškodeniu zdravia. Možnosti na ochranu zdravia pri používaní týchto elektrických zariadení je dodržiavanie dostatočnej vzdialenosti od zariadenia, použitie elektricky alebo magneticky tieniacich materiálov alebo obmedzený čas používania zariadenia.

Kľúčové slová — intenzita elektrického poľa, magnetická indukcia, ANSYS, elektromagnetické pole

I. ÚVOD

Elektromagnetické pole je súčasťou nášho života a je všade okolo nás. Aj keď ho nevidíme, obklopuje nás a môžeme ho pozorovať svojim pôsobením. Elektromagnetické pole je zložené z magnetického a elektrického poľa, ktoré sa navzájom ovplyvňujú. S rozvojom elektrotechniky a moderného sveta sa čoraz častejšie vyskytujú zariadenia, ktoré sú zdrojom tohto poľa. Takéto zariadenia sa nachádzajú v každej domácnosti. Sú to domáce spotrebiče. Nemyslíme si, že v minulosti, kedy elektrická energia a elektrické zariadenia neexistovali, nebolo ani elektromagnetické pole. Toto pole sa vyskytuje aj v prírode. Jeho zdrojmi môžu byť procesy, ako napríklad slnečná aktivita, magnetické pole zeme, ale aj kozmické žiarenie.

Keďže je rozvoj elektrotechniky a elektrických spotrebičov značný je potrebné sa zaoberať týmto poľom čoraz viac. Je dôležité poznať jeho účinky na ľudský organizmus. Zaoberať sa možnosťami ako pôsobenie tohto poľa znížiť, ako ho obmedziť, ako sa pred ním chrániť. Elektromagnetickým poľom sa zaoberajú dve svetové inštitúcie a to WHO (Svetová zdravotnícka organizácia) a ICNIRP (Medzinárodná komisia pre ochranu pred neionizujúcim žiarením).

II. ZDROJE ELEKTROMAGNETICKÉHO POĽA

Základná charakteristika, podľa ktorej rozdeľujeme elektromagnetické pole, je frekvencia a vlnová dĺžka. Polia s rozličnou frekvenciou pôsobia na človeka rôzne. Tieto polia môžeme rozdeliť na:

- polia s extrémne nízkou frekvenciou (ELF) do 300 Hz
- stredne frekvenčné polia (IF) s frekvenciou od 300 Hz do 10 MHz
- rádiový frekvenčné polia (RF) od 10 MHz do 300 GHz

Hlavnými zdrojmi ELF sú elektrické spotrebiče v domácnosti. Zariadenia, ako sú počítačové obrazovky, bezpečnostné systémy alebo zariadenia proti krádeži, sú hlavnými zdrojmi IF polí. RF polia v domácnosti vyvolávajú mikrovlnové rúry, rádiové, televízne a mobilné antény. Vysokofrekvenčné polia tvoria základ telekomunikácií a používajú sa na prenos informácií na veľké vzdialenosti, ako napríklad televízne vysielanie.

III. ELEKTROMAGNETICKÉ POLE V OKOLÍ ELEKTRICKÉHO MLYNČEKA NA KÁVU

Elektrický mlynček na kávu sa vyskytuje v domácnostiach čoraz častejšie. A z toho dôvodu je dobré si položiť otázku, či je toto zariadenie bezpečné, či vplýva na naše zdravie.

V tomto príspevku sú uvedené výsledky rozloženia elektromagnetického poľa, ktoré boli získané meraním a simuláciou. Meranie a simulácia bola vykonaná na elektrickom nerezovom mlynčeku na kávu značky Delonghi KG89, ktorého príkon je 110 W.

TABUĽKA 1
 Namerané hodnoty v okolí mlynčeka na kávu

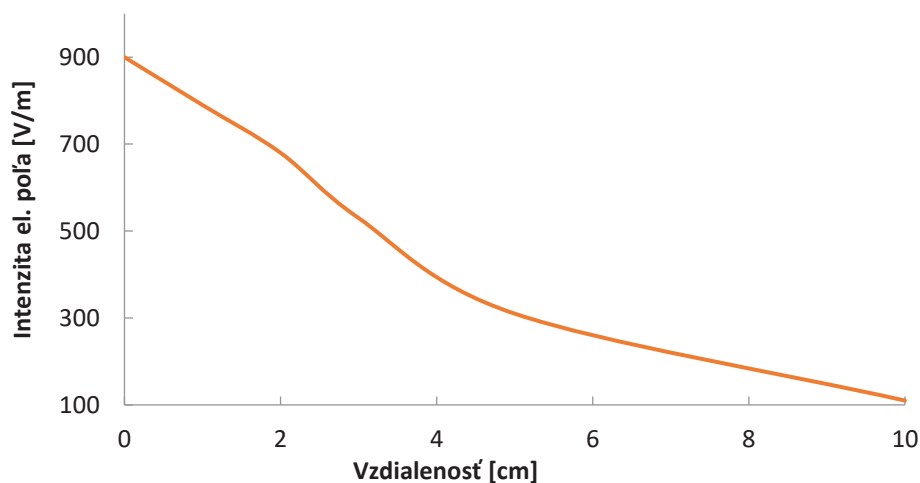


Mlynček na kávu		
s [cm]	B [μ T]	E [V/m]
0	41	900
1	25	790
2	14	680
3	6	530
5	2	310
10	0,5	110

Obr. 1 Elektrický mlynček na kávu Delonghi KG89

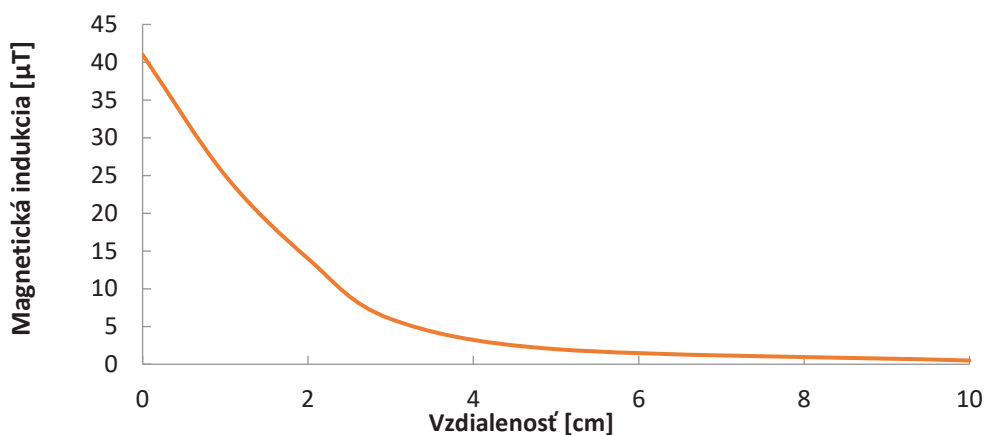
Najprv bolo realizované meranie magnetickej indukcie, pričom sa meraním zisťovalo, kde je hodnota magnetickej indukcie najväčšia. V tomto mieste bolo realizované meranie magnetickej indukcie na povrchu (0 cm od mlynčeka) a následne bola zväčšovaná vzdialenosť na 1 cm, 2 cm, 3 cm, 5 cm a 10 cm. Ako druhé bolo merané elektrické pole. Takisto sa hľadalo miesto najväčšej intenzity elektrického poľa, ktoré sa zhodovalo s miestom najväčšej magnetickej indukcie. Meranie bolo vykonané vo vzdialenostiach 0 cm, 1 cm, 2 cm, 3 cm, 5 cm a 10 cm. Namerané hodnoty sú uvedené v tabuľke 1. Pri meraní bolo zistené, že pri vypnutom zariadení bola hodnota intenzity elektrického poľa 1750 V/m. Táto hodnota bola nameraná na každej strane mlynčeka. Po zapnutí, táto hodnota klesla na 900 V/m. Tento jav je možné nazvať ako stand-by režim, pri ktorom je zariadenie pripravené pracovať. Je možné povedať, že aj pri vypnutom zariadení je táto hodnota vysoká a môže negatívne vplývať na naše zdravie, ale aj na iné spotrebiče.

Závislosť intenzity el. poľa od vzdialenosti od zariadenia



Obr. 2 Závislosť intenzity elektrického poľa od vzdialenosti

Závislosť magnetickej indukcie od vzdialenosti od zariadenia



Obr. 3 Závislosť magnetickej indukcie od vzdialenosti

Ako je možné vidieť v (Tab. 1) maximálna hodnota magnetickej indukcie bola $41 \mu\text{T}$. Táto hodnota bola nameraná priamo na spotrebiči na zadnej strane. V tomto mieste sa nachádza motor mlynčeka. Magnetická indukcia so zväčšujúcou sa vzdialenosťou klesá. Tento pokles je zobrazený v grafe na (Obr. 3). Pri vzdialenosti 10 cm bola hodnota magnetickej indukcie $5 \mu\text{T}$ (Tab. 1).

Z (Tab. 1) vidíme, že hodnota intenzity elektrického poľa na povrchu mlynčeka je 900 V/m a postupne klesá so štvorcom vzdialenosti. To je zobrazené aj v grafe na (Obr. 2). Pri vzdialenosti 10 cm je hodnota intenzity elektrického poľa 100 V/m . Ako je uvedené vyššie, tento spotrebič na nás pôsobí aj vo vypnutom stave a to intenzitou elektrického poľa až 1750 V/m na povrchu mlynčeka.

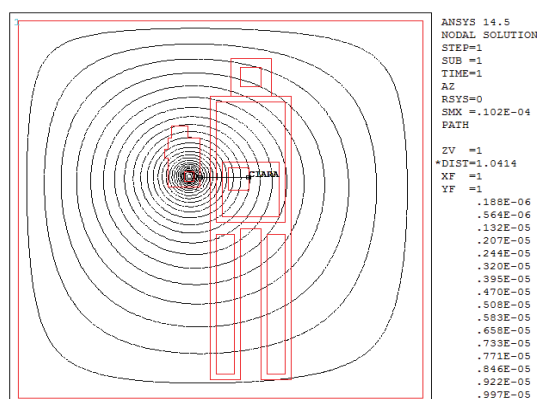
A. Výsledky získané simuláciou v programe ANSYS

Pri riešení problému sa využíval dvojrozmerný model človeka a zariadenia, pričom reálne rozmery ostali zachované. Sieť konečných prvkov je nevyhnutná pre výpočet. Presnosť výpočtu závisí od siete priamoúmerne. Veľkosť oka sieťovaná bola zvolená 1 cm. Táto sieť a dvojrozmerný model bol zvolený vzhľadom na rýchlosť výpočtu. Hustota siete je primeraná na dosiahnutie dobrej presnosti za pomerne krátky čas.

V programe ANSYS je potrebné každej ploche priradiť materiál, ktorý charakterizuje jej vlastnosti. Materiálové vlastnosti, ktoré program vyžaduje, závisia od toho, aký druh poľa sa rieši simuláciou.

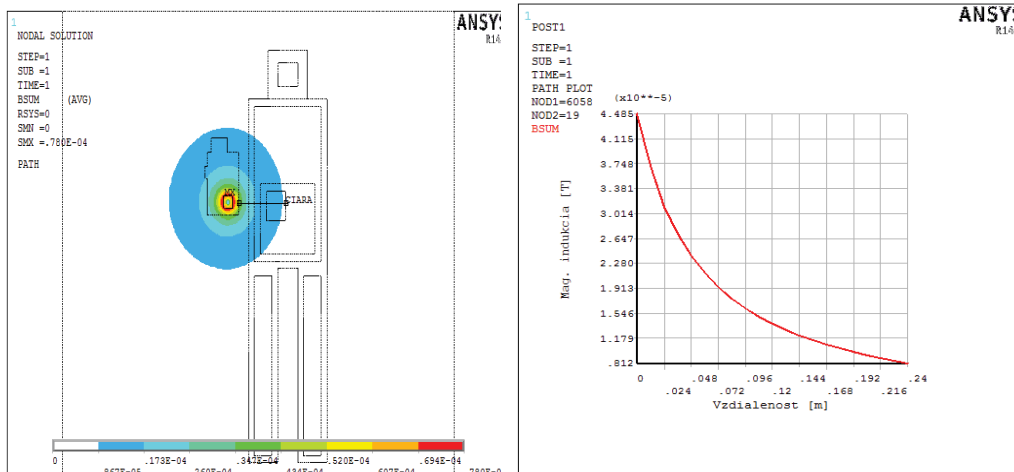
B. Magnetické pole

V prípade mlynčeka, bolo pomerne obťažné zistiť, aký motor generuje magnetické pole. Pri zadávaní hodnôt do programu sa vychádzalo z merania, ktoré bolo vykonané pred simuláciou. Meraním bola zistená hodnota magnetickej indukcie na povrchu mlynčeka, ktorá dosahovala hodnotu $41 \mu\text{T}$. Do programu pre výpočet bolo potrebné zadať hustotu prúdu. Hodnota, ktorá bola zadaná, je $J_{\text{cel}} = 5000 \text{ A/m}^2$. Táto hustota prúdu vyvolá v okolí mlynčeka na kávu magnetické pole s indukciu $41 \mu\text{T}$.

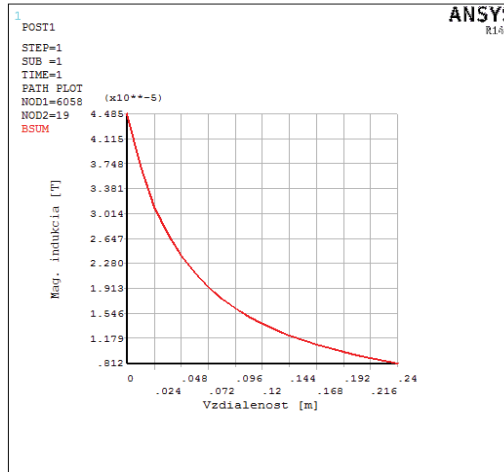


Obr. 4 Magnetické indukčné čiary

Rozloženie magnetických indukčných čiar je uvedené na Obr. 4. V mieste, kde je ich hustota väčšia, je aj magnetická indukcia väčšia, teda sú si navzájom úmerné. Najväčšia hustota je v okolí zdroja.



Obr. 5 Rozloženie magnetickej indukcie

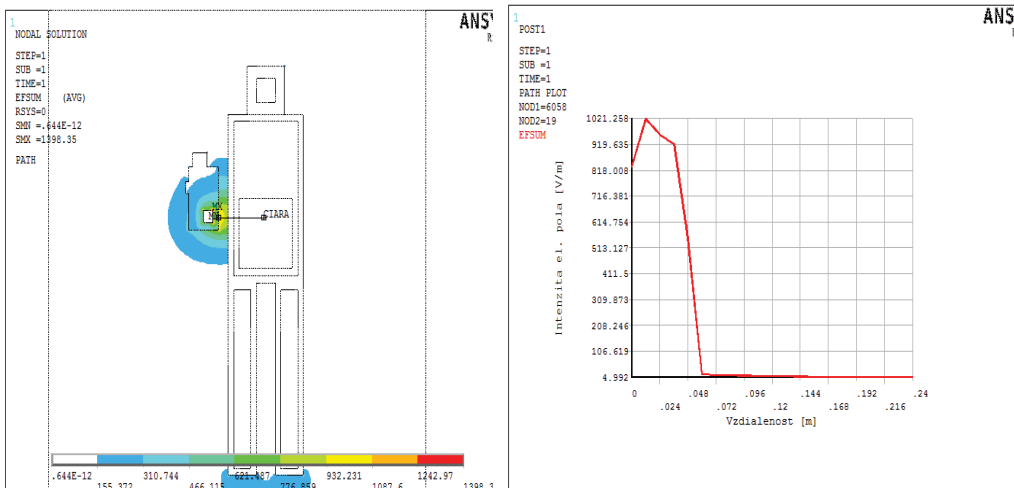


Obr. 6 Graf závislosť magnetickej indukcie od vzdialenosti

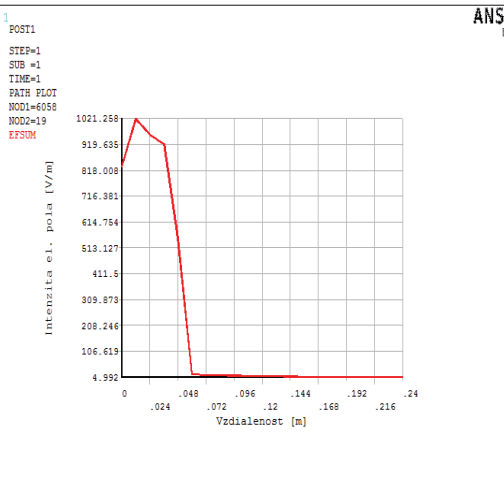
Na Obr. 5 je zobrazené rozloženie magnetickej indukcie v okolí mlynčeka na kávu. Maximálna hodnota magnetickej indukcie bola 78 μT a to priamo na zdroji. Je vidieť, že so zväčšujúcou sa vzdialenosťou, hodnota magnetickej indukcie klesá. Na obrázku je znázornená úsečka s názvom „CIARA“. Táto úsečka znázorňuje vzdialenosť, na ktorej je vykreslený graf. Graf je znázornený na Obr. 6. V tomto grafe je zobrazená krivka, ktorá charakterizuje, ako sa mení hodnota magnetickej indukcie so zväčšujúcou sa vzdialenosťou. Je vidieť, že magnetická indukcia klesá nepriamoúmerne so zväčšujúcou sa vzdialenosťou. Hodnoty v grafoch závislostí magnetickej indukcie od vzdialenosti, získané meraním a simuláciou, sú porovnateľné.

C. Elektrické pole

Geometrický model, rozloženie materiálov a sieť konečných prvkov, bola využitá podobne, ako pri magnetickom poli, ktoré je uvedené vyššie. Pri simulácii bolo problematické stanoviť pracovné napätie prístroja a preto boli využité hodnoty dosiahnuté meraním. Podľa merania je intenzita elektrického poľa na povrchu mlynčeka v zapnutom stave 900 V/m. Teda do programu bolo potrebné zadať hodnotu napätia, ktorému bude korešpondovať takáto hodnota intenzity elektrického poľa. Táto hodnota je 100 V a bola priradená na zdroj. Na Obr. 7 je zobrazené elektrické pole v okolí mlynčeka a tiež úsečka s názvom „CIARA“ podobne, ako aj v predošlom prípade. Maximálna intenzita elektrického poľa je na zdroji, a to 1398 V/m. Na kryte je hodnota menšia a so vzdialenosťou klesá. Môžeme si všimnúť, že v okolí nôh modelovej osoby, je taktiež zvýšená intenzita elektrického poľa. Bolo to spôsobené rozdielnym potenciálom, ale aj tým, že intenzita sa zvyšuje na mieste záhybov a tam, kde je menší polomer zakrivenia, t.j. na hranách.



Obr. 7 Rozloženie intenzity elektrického poľa



Obr. 8 Graf závislosti intenzity elektrického poľa od vzdialenosti

Z grafu na Obr. 8 je vidieť, že na kryte je hodnota 818 V/m, kde spočiatku hodnota ešte narastá, ale potom začína klesať. Nárast na začiatku môže byť zapríčinený tým, že intenzita elektrického poľa v okolí ostrých hrán narastá. Hodnota E klesá so štvorcom vzdialenosti. Pokles hodnoty ovplyvňujú aj vlastnosti jednotlivých materiálov.

IV. ZHODNOTENIE A POROVNANIE S LIMITNÝMI HODNOTAMI

V tejto časti príspevku sú zhrnuté všetky výsledky dosiahnuté meraním a sú porovnané s limitnými (dovolenými) hodnotami. Dovolené hodnoty sú uvedené vo vyhláške Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č.534/2007 Z.z. Namerané hodnoty boli porovnané s dovolenými hodnotami, ktoré sú prípustné pre frekvenciu 50 Hz. Dovolená hodnota pre magnetickú indukciu je 100 μ T a pre intenzitu elektrického poľa je 5000 V/m.

Maximálna hodnota magnetickej indukcie, ktorá bola nameraná na povrchu mlynčeka na kávu, bola 41 μ T. Vidíme, že dovolená hodnota nebola prekročená. Hodnota intenzity elektrického poľa z merania je 900 V/m pri vypnutom zariadení. Podobne, ako pri magnetickej indukcii, hodnota neprekročila dovolenú hodnotu. Keďže tieto maximálne hodnoty magnetickej indukcie a intenzity elektrického poľa boli namerané na zadnej strane, používanie mlynčeka môžeme považovať za bezpečné.

Na druhej strane, pri vypnutom spotrebiči, ale stále pripojenom k sieti, bola nameraná dvojnásobná hodnota intenzity elektrického poľa, ako pri zapnutom zariadení. Z toho vyplýva, že aj pri vypnutom zariadení, elektrické pole tohto zariadenia môže vplývať na okolité zariadenia, ako aj na človeka. Preto je toto zariadenie vhodné odpájať od siete pri nečinnosti.

V. ZÁVER

V tomto príspevku bolo cieľom určiť vplyv elektromagnetického poľa v okolí elektrického mlynčeka na kávu. Určovanie tohto poľa bolo dosiahnuté dvoma spôsobmi a to meraním a simuláciou v programe ANSYS. V príspevku sú vyhodnotené výsledky intenzity elektrického poľa a magnetickej indukcie pre oba spôsoby. Vyhodnotenie je v grafickej forme. Namerané hodnoty sú porovnané s limitnými hodnotami z vyhlášky 534/2007 Z.z. Dodržanie bezpečnosti pri používaní tohto zariadenia je zabezpečené výrobcom, keďže neboli namerané vyššie hodnoty ako dovolené. Je možné, že časom a používaním sa budú tieto hodnoty zväčšovať. Preto je vhodné dodržiavať bezpečnú vzdialenosť pri používaní tohto zariadenia.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vďaka podpore Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR a SAV podporenej grantom VEGA 1/0372/18, VEGA 1/0435/19 a tiež v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt *Ochrana obyvateľstva SR pred účinkami elektromagnetických polí* (ITMS kód: 26220220145), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ.

LITERATÚRA

- [1] Hluška, V., „*Elektromagnetické pole a jeho vplyv na okolie*“. Bakalárska práca. Technická univerzita v Košiciach, Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2019.
- [2] Vyhláška č. 534/2007 Zb. Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky zo 16. augusta 2007 o podrobnostiach o požiadavkách na zdroje elektromagnetického žiarenia a na limity expozície obyvateľov elektromagnetickému žiareniu v životnom prostredí.
- [3] World Health Organisation, „*Electromagnetic fields (EMS). What are electromagnetic fields?*“ [Online]. [cit. 2019-05-06], Dostupné na internete: < <https://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/> >