

Iraida Kolcunová, Ľubomír Orosi, Miroslav Priščák, Marek Pavlík

Meranie účinnosti tienenia a odrazu elektromagnetického poľa stavebných objektov

Obyvateľstvo je nepretržite vystavované elektromagnetickému žiareniu či už z umelo vytvorených zdrojov elektromagnetického žiarenia, alebo z prírodných zdrojov elektromagnetického žiarenia. Niektoré výskumy preukázali, že elektromagnetické žiarenie má vplyv na zdravie človeka, no niektoré to naopak vyvrátili. V každom prípade je ale dôležité skúmať tieniace charakteristiky stavebných materiálov, ktoré ako jediné ochraňujú obyvateľstvo ako prirodzené tienenie voči elektromagnetickému poľu. Tento článok je zameraný na meranie účinnosti tienenia a odraz elektromagnetického poľa pri frekvenčnom rozsahu od 1 GHz do 9 GHz s krokom 0,1 GHz. Ako tieniaci materiál bol použitý polystyrén (tenký a 2xtenký). Z výsledkom merania účinnosti tienenia a odrazu elektromagnetického poľa bola vypočítaná absorpcia elektromagnetického poľa.

Kľúčové slová: účinnosť tienenia elektromagnetického poľa, odraz elektromagnetického poľa, absorpcia elektromagnetického poľa

The population is constantly exposed to electromagnetic radiation, whether from man-made sources of electromagnetic radiation or from natural sources of electromagnetic radiation. Some studies shown electromagnetic radiation has an impact on human health, but some on the contrary disproved. It is important perform research of shielding characteristics of construction materials, which is the only protection of the population as a natural shield against electromagnetic fields. This article is focused on measuring of shielding effectiveness and reflection of electromagnetic fields in the frequency range from 1 GHz to 9 GHz with a step of 0.1 GHz. As a shielding material was used polystyrene (thin and 2xthin). From the result of the measurement of shielding effectiveness and reflection of electromagnetic field was calculated absorption of the electromagnetic field. **(Measuring of the shielding effectiveness and reflection of electromagnetic field of building objects)**

Keywords: shielding effectiveness of electromagnetic field, reflection of electromagnetic field, absorption of electromagnetic field

I. ÚVOD

S rýchlým vývojom techniky dochádza k čoraz častejšiemu používaniu rôznych zariadení ako sú mobilné telefóny, televízne a rozhlasové prijímače, bezdrôtový internet a podobne. Bez týchto zariadení si moderný človek bežný deň ani nevie predstaviť. Všetky tieto zariadenia však vyžarujú do okolia elektromagnetické pole (vlnenie), ktoré v určitých frekvenciách negatívne pôsobí na ľudský organizmus. Keďže sa pohybujeme vo svete techniky tak sa v podstate už nedá vyhnúť elektromagnetickému žiareniu. Táto problematika je skúmaná už niekoľko rokov. Zatiaľ nebol jednoznačne dokázaný negatívny vplyv pôsobenia elektromagnetického žiarenia na živé organizmy. Pôsobenie elektromagnetického žiarenia nemusí mať len negatívny vplyv, ktorý pozostáva z tepelných a netepelných účinkov, ale môže mať aj pozitívny vplyv ktorý sa využíva v medicíne.

Ľudstvo je nepretržite vystavené expozícii elektromagnetických polí. Elektromagnetické prostredie je zložené z umelo vytvorených elektromagnetických polí a z prírodnej radiácie, ktoré sú produkované buď zámerne, alebo ako vedľajší účinok pri prevádzke rôznych elektrických zariadení. V poslednej dobe nastal rapidný nárast zdrojov elektromagnetického poľa a práve z toho dôvodu sa jeho pôsobeniu už nedá vyhnúť [1].

Pôsobenie elektromagnetického poľa na živé organizmy je skúmané už viac ako 40 rokov a aj napriek tomu neboli určené jednoznačne vplyvy a následky, ktoré sú spôsobené pôsobením takéhoto poľa. Súčasný človek je denne vystavovaný elektromagnetickým poliam rôznych intenzít z rôznych zdrojov. Dokázanie negatívnych účinkov ako je rakovina, psychické poruchy, poškodenie orgánov, atď. by malo vážny dopad na život súčasného

človeka. Existujú rôzne organizácie, ktoré sa zaoberajú vplyvom elektromagnetického poľa na živé organizmy. Medzi najhlavnejšie patrí svetová zdravotnícka organizácia (WHO, World Health Organisation) a Medzinárodná komisia pre ochranu pred neionizujúcim žiarením (ICNIRP, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection), ktoré určili, že musia byť stanovené určité limity pre elektrické zariadenia aby mohli byť následne používané v praxi bez ohrozenia zdravia človeka [2][3][4].

Rozsiahlymi štatistikami a rôznymi experimentmi sa dokázalo, že v celom svojom rozsahu sú elektromagnetické polia aktívne po biologickej stránke, takže sú v interakcii so živou hmotou. Popri priaznivých vplyvoch elektromagnetického poľa na živý organizmus treba brať do úvahy aj ich negatívny vplyv, ba neraz aj zhubné vplyvy. Pri vzťahu elektromagnetického poľa k životnému prostrediu treba brať do úvahy dve úlohy:

1. ako využívať tieto polia na zlepšenie životných podmienok obyvateľstva,
2. ako súčasne chrániť ľudí pred nepriaznivými účinkami týchto polí.

Aj napriek dlhoročnému štúdiu biologických účinkov elektromagnetického poľa stále existuje veľa nejasností. Zrealizovanie a vyhodnotenie experimentov pre štúdium biologických účinkov elektromagnetického poľa je zložitá kvôli tomu, že tieto experimenty nemôžu byť vykonávané na ľuďoch. Preto nie vždy sa zistené účinky dajú jednoznačne prenášať do humánnej medicíny. Biologické účinky elektromagnetického poľa závisia od niekoľkých subjektívnych a objektívnych parametrov [2][5].

II. ÚČINNOSŤ TIENENIA, KOEFICIENT ODRAZU A POHLTIVOSTI

Veľmi dôležitú súčasť zariadení predstavuje tienenie jednak z hľadiska ochrany obyvateľstva pred elektromagnetickým žiarením a taktiež z hľadiska ich vzájomného rušenia. Tienenie je možné vyjadriť podľa tzv. koeficientov tienenia, absorpcie a odrazu. Koeficient tienenia sa určí podľa vzťahu[6]:

$$K_s = \frac{E_2}{E_1} \quad (1)$$

kde E_1 predstavuje intenzitu elektrického poľa dopadajúceho na tieniacu prepážku (bariéru) a E_2 predstavuje intenzitu elektrického poľa v určitom bode tieneného priestoru. V prípade magnetického poľa[6]:

$$K_s = \frac{H_2}{H_1} \quad (2)$$

kde H_1 predstavuje intenzitu magnetického poľa dopadajúceho na tieniacu prepážku (bariéru) a H_2 predstavuje intenzitu magnetického poľa v určitom bode tieneného priestoru [6].

Platí že účinnosť tienenia SE sa vo všeobecnosti vypočíta ako súčet koeficientu absorpcie A a koeficientu odrazu R . Na základe tohto poznatku teda môžeme napísať vzťah pre výpočet účinnosti tienenia[7]:

$$SE = A + R \text{ (dB)} \quad (3)$$

Koeficient absorpcie sa určí podľa vzťahu (4) ako:

$$A = 8,69 \frac{t}{\delta} \quad (4)$$

kde t je hrúbka tieniaceho materiálu a δ je hĺbka vniknutia elektromagnetického poľa do material. Hĺbka vniknutia sa vypočíta podľa vzťahu (5) ako:

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \cdot \mu \cdot \sigma}} \quad (5)$$

kde μ je permeabilita, v ktorej je zahrnutá aj permeabilita tieniaceho materiálu, σ je merná vodivosť tieniaceho materiálu.

Koeficient odrazu R sa určí podľa vzťahu (6) ako:

$$R = 20 \cdot \log \left(\frac{1}{4} \sqrt{\frac{\sigma}{\omega \cdot \mu_r \cdot \epsilon_0}} \right) \quad (6)$$

kde μ_r je permeabilita tieniaceho materiálu, ϵ_0 je permitivita vákuu.

V prípade, že hodnota vysielaného signálu je nastavená v logaritmických jednotkách, tak účinnosť tienenia SE sa určí podľa vzťahov[8]:

$$SE = |E_1| - |E_2| \text{ (dB)} \quad (7)$$

$$SE = |H_1| - |H_2| \text{ (dB)} \quad (8)$$

$$SE = |V_1| - |V_2| \text{ (dB)} \quad (9)$$

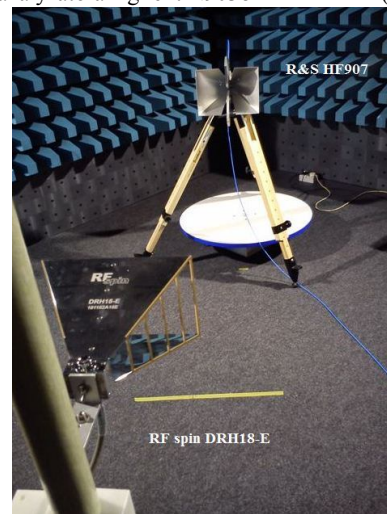
$$SE = P_1 - P_2 \text{ (dB)} \quad (10)$$

pričom V_2 je napätie vlny elektromagnetického poľa v určitom bode tieneného priestoru, V_1 je napätie vlny elektromagnetického poľa dopadajúceho na tieniacu bariéru alebo stenu, P_2 je výkon elektromagnetického poľa v určitom bode tieneného priestoru, P_1 je výkon elektromagnetického poľa dopadajúceho na tieniacu bariéru alebo stenu [8].

III. EXPERIMENT

Experiment popísaný v tomto príspevku bol zameraný na meranie účinnosti tienenia a odrazu elektromagnetického poľa. Z nameraných dát bola vypočítaná absorpcia elektromagnetického poľa. Meraným objektom bol tenký polystyrén s hrúbkou 25 mm a 2x tenký polystyrén s dvojnásobnou hrúbkou tenkého polystyrénu a teda 50 mm. Meranie prebiehalo vo frekvenčnom rozsahu od 1 GHz do 9 GHz s krokom 0,1 GHz.

Pracovisko pre účely merania účinnosti tienenia elektromagnetického poľa pozostávalo z generátora impulzov Agilent N5181A (Obr.2), ktorým sa napája vysielacia anténa RF spin DRH18-E (Obr.1). Medzi anténami sa nachádza meraný objekt. Výstup z prijímacej antény R&S HF907 (Obr.1) vedie do spektrálneho analyzátoru Agilent N9038A MXE EMI (Obr.2).

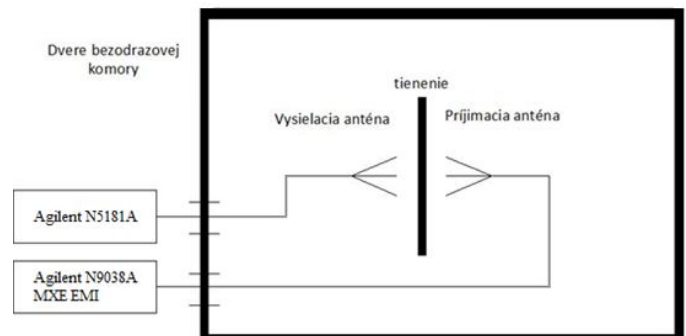


Obr. 1. Meracie pracovisko – vnútorná časť



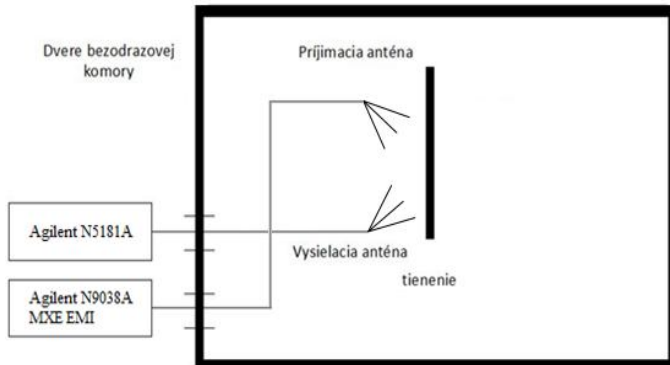
Obr. 2. Meracie pracovisko – vonkajšia časť

Bloková schéma pre účely merania účinnosti tienenia je zobrazená na Obr.3.



Obr. 3. Bloková schéma pre účely merania účinnosti tienenia elektromagnetického poľa

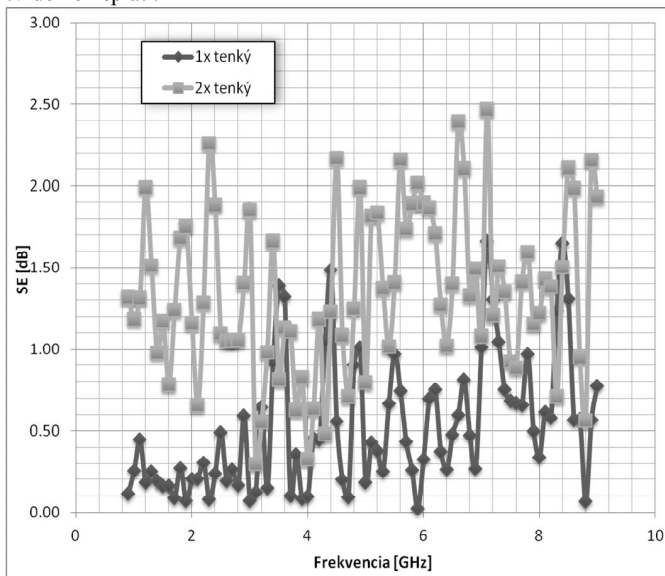
Meranie odrazu elektromagnetického poľa prebiehalo pri rovnakom zapojení pracoviska ako to bolo v prípade merania účinnosti tienenia elektromagnetického poľa. Zmenila sa iba orientácia antén. Bloková schéma pre účely merania odrazu elektromagnetického poľa je zobrazená na Obr.4. Celé meranie prebiehalo podľa IEEE 299-2006.



Obr. 4. Bloková schéma pre účely merania odrazu elektromagnetického poľa

IV. VÝSLEDKY

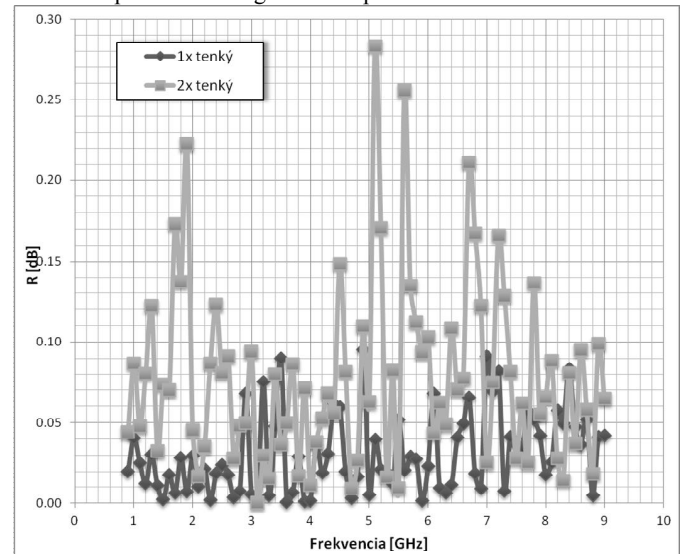
Meranie účinnosti tienenia a odrazu elektromagnetického poľa prebiehalo vo frekvenčnom rozsahu od 1 GHz do 9 GHz s krokom 0,1 GHz. Na Obr.5 je možné vidieť závislosť účinnosti tienenia elektromagnetického poľa pre frekvenčné pásmo od 1 GHz do 9 GHz pre tenký polystyrén a 2x tenký polystyrén. Z výsledkov merania je možné vidieť, že aj keď bol 2x tenký polystyrén tvorený dvoma tenkými polystyrénmi, nebola účinnosť tienenia elektromagnetického poľa pri 2x tenkom polystyréne dvojnásobná voči 1x tenkom polystyréne. Tento výsledok je možné predpokladať v prípade, ak hrubý polystyrén bude mať dvojnásobnú hrúbku voči tenkému polystyrénu a zároveň bude tvorenými jedným celkom (nie dvoma ako to bolo v tomto prípade). V prípade tohto merania bolo hrubšie tienenie tvorené dvoma tenkými polystyrénmi a na rozhraniach dvoch materiálov nastávali odrazy, ktoré zapríčinili, že vyššie spomenuté tvrdenie neplatí.



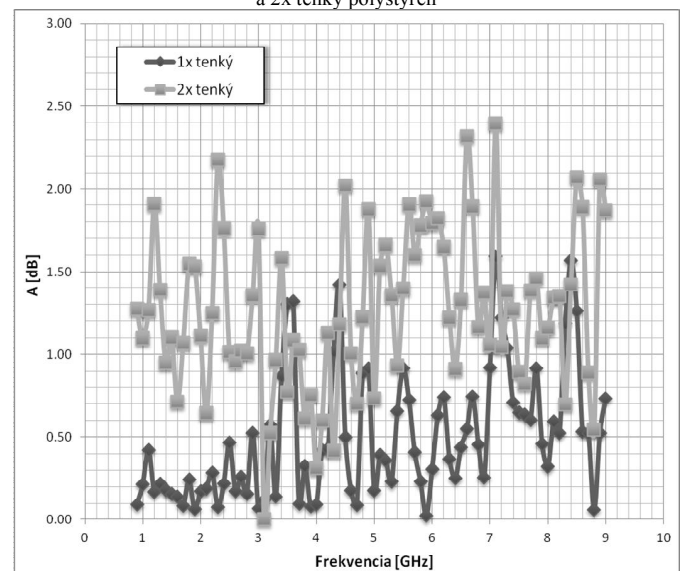
Obr. 5. Závislosť účinnosti tienenia elektromagnetického poľa na frekvencii pre tenký a 2x tenký polystyrén

Na Obr.6 je možné vidieť závislosť odrazu elektromagnetického poľa na frekvencii pre tenký a 2x tenký polystyrén. Na základe meraní účinnosti tienenia a odrazu elektromagnetického poľa bola vypočítaná

absorpcia elektromagnetického poľa. Odraz a absorpcia elektromagnetického poľa sú zložkami účinnosti tienenia, preto z výsledkov vyplýva, že hlavnú časť z účinnosti tienenia polystyrénu tvorí absorpcia elektromagnetického poľa.



Obr. 6. Závislosť odrazu elektromagnetického poľa na frekvencii pre tenký a 2x tenký polystyrén



Obr. 7. Závislosť absorpcie elektromagnetického poľa na frekvencii pre tenký a 2x tenký polystyrén

V. ZÁVER

Tento článok pojednáva o meraní účinnosti tienenia *SE* a odrazu *R* elektromagnetického poľa. Merania prebiehali vo frekvenčnom rozsahu od 1 GHz do 9 GHz s frekvenčným krokom 0,1 GHz. Z týchto meraní bola vypočítaná absorpcia elektromagnetického poľa v tej istej frekvenčnej oblasti. Meranými objektmi boli tenký polystyrén a 2x tenký polystyrén. Hrubší polystyrén (2x tenký) bol tvorený dvoma tenkými polystyrénmi uloženými za sebou.

Z výsledkov merania je možné vidieť, že neplatí tvrdenie, že 2x tenký polystyrén dosahuje dvojnásobnú účinnosť tienenia voči tenkému polystyrénu. Bolo by možné to predpokladať, ak by hrubý polystyrén mal dvojnásobnú hrúbku voči tenkému polystyrénu a zároveň by bol tvorenými jedným celkom a tou istou materiálnou štruktúrou. V prípade tohto experimentu nastávajú odrazy na rozhraniach dvoch materiálov a na rozhraní polystyrén-vzduch a to má

za následok, že účinnosť tienenia pri 2x tenkom polystyréne nedosahuje dvojnásobnú účinnosť tienenia tenkého polystyrénu.

Ďalej je z výsledkov merania možné vidieť, že väčšiu časť z účinnosti tienenia pre tento materiál tvorí absorpcia elektromagnetického poľa, ktorá tvorí približne 2/3 a viac z účinnosti tienenia.

POĎAKOVANIE

Táto práca vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Ochrana obyvateľstva Slovenskej republiky pred účinkami elektromagnetického poľa, s kódom ITMS: 26220220145, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



Európska únia
Európsky fond regionálneho rozvoja



Agentúra
Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR
pre štrukturálne fondy EÚ

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

LITERATÚRA

- [1] J. Klima, "Teória elektromagnetického poľa", UMB Banská bystrica, 2003. 134s. ISBN 80-8055-862-0.
- [2] K. Dezelak, G. Stumberger, F. Jakl, "Arrangements of overhead power line conductors related to the electromagnetic field limits", Modern Electric Power Systems (MEPS), 2010 Proceedings of the International Symposium, s.1-6, 2010.
- [3] A. Tirpák, "Elektromagnetizmus", IRIS Bratislava, 2012. 716s. ISBN 978-80-89256-92-1.
- [4] Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky 534/2007 zo 16. augusta 2007 o podrobnostiach o požiadavkách na zdroje elektromagnetického žiarenia a na limity expozície obyvateľov elektromagnetickému žiareniu v životnom prostredí. [cit:20.4.2014], Dostupné na internete: http://www.uvzsr.sk/docs/leg/534_2007_elmag_ziarenie.pdf
- [5] Magazine - World Health Organization, Regional Office for Europe, Electromagnetic fields No. 32, 2002, s. 4-6.
- [6] A. Rusiecki, "Calculation and measurements of shielding effectiveness of slotted enclosure with built-in conductive stirrer", Przeglad Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, R. 88 NR 10b/2012, s. 328-329.
- [7] Z. Pan, H. Zhang, [et al.], "Advances of Studies on Electromagnetism Shielding Fabric", Science & Technology Review, 27(2009), 24, 86-91.
- [8] IEEE 299-2006 Standard, Method for Measuring the Effectiveness of Electromagnetic Shielding Enclosures, EMC Society, New York 2006, p.39.

ADRESY AUTOROV

Iraida Kolcunová, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika,

iraida.kolcunova@tuke.sk

Lubomír Orosi, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika

Miroslav Priščak, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika,

Miroslav.priscak@student.tuke.sk

Marek Pavlík, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, marek.pavlik@tuke.sk