

Marek Pavlík, Irida Kolcunová, Alexander Mészáros, Michal Kolcun, Dušan Medveď, Ján Zbojovský

Meranie účinnosti tienenia MDF dosky v závislosti na vlhkosti v oblasti od 1 GHz do 10 GHz

Tento príspevok pojednáva o meraní zmeny účinnosti tienenia elektromagnetického poľa v závislosti na frekvencii. Meraným objektom bola drevená doska Medium Density Fiberboard (MDF12) s hrúbkou 12 mm. Meranie bolo zamerané na frekvenčný rozsah od 1 GHz do 10 GHz. Meranie pozostávalo z merania účinnosti tienenia elektromagnetického poľa suchej MDF dosky a následne bola meraná účinnosť tienenia elektromagnetického poľa pri postupnom vysušaní MDF dosky, ktorá bola nastriekaná vodou.

Kľúčové slová: účinnosť tienenia, elektromagnetické pole, MDF12

This paper deal with measuring of change of shielding effectiveness of electromagnetic field in dependence on the frequency. Measured object was a wooden board Medium Density Fiberboard (MDF12) with a thickness of 12 mm. The measurement were focused on frequency range from 1 GHz to 10 GHz. The measurement consisted of measuring the effectiveness of shielding electromagnetic field dry MDF board and then was measured shielding effectiveness of electromagnetic fields in the gradual drying of the MDF board, which was sprayed with water. **(Measuring of shielding effectiveness of MDF board depending on the moisture in the range from 1 GHz to 10 GHz)**

Keywords: shielding effectiveness, electromagnetic field, MDF12

ÚVOD

V súčasnosti sme svedkami rastúceho trendu zvyšovania zariadení, ktoré fungujú na princípe bezdrôtovej komunikácie. Neustály nárast počtu týchto zariadení zvyšuje riziko vplyvu elektromagnetického poľa na živé organizmy a teda aj na človeka.

V globále je možné vplyv elektromagnetického poľa rozdeliť na tepelný účinok a netepelný účinok. Zatiaľ čo tepelný účinok sa spája s pôsobením vysokofrekvenčného poľa, netepelné účinky sa spájajú s dlhodobým pôsobením slabých polí. Vzhľadom na dobu masového využívania mobilných telefónov (MT) nebolo do súčasnej doby možné vykonať dlhodobú (viacročnú) analýzu vplyvu žiarenia MT, ktoré by potvrdili alebo vyvrátili jeho priamy účinok na vznik konkrétnych chorobných zmien v ľudskom tele. Výsledky niektorých štúdií, sledujúcich len relatívne krátkodobé pôsobenie elektromagnetického žiarenia na živé organizmy však naznačujú isté zdravotné riziká vyplývajúce z používania MT. Z klinických symptómov sa môžu prejavovať napr. pocity tepla v oblasti ucha, bolesti hlavy, hmlisté videnie, poruchy činnosti autonómneho nervového systému atď. [1][2].

Jediným z možných spôsobov ako sa pred účinkami elektromagnetického žiarenia brániť je použitie tienenia. Avšak to prináša so sebou dilemu. Na jednej strane použitie bezdrôtových technológií uľahčuje mnoho činností a obyvateľstvo je tejto technológii naklonené, no na strane druhej sa obáva, že to môže mať naozaj značný vplyv na život a budúce generácie. Je preto takmer nemožné nájsť odpoveď na otázku či používať bezdrôtové technológie a ak áno ako zamedziť ich možnému vplyvu na človeka.

Nové moderné stavebné technológie ako aj smerovanie vývoja týchto technológií sú založené na viacvrstvových materiáloch. Príkladom sú rodinné domy, ktorých steny tvoria tehly, tvárnice alebo pórobetón. V súčasnej pohodlnej dobe by sa dalo tvrdiť, že internet poskytovaný káblom postupne nahrádzajú bezdrôtové Wi-Fi zariadenia. Analýza šírenia elektromagnetického poľa vo vnútri takejto budovy vyžaduje zložitejšiu analýzu ako to je pri jednoduchom

šírení a tienení elektromagnetického poľa napríklad meďou. Šírenie elektromagnetického poľa vyššie spomínanými typmi stien budov bola predmetom viacerých výskumov [5][6][7][8]. Aj keď je pravdou, že stavebné materiály v dnešnej podobe nezabránia úplne prenikaniu elektromagnetického poľa je zaujímavé skúmať nakoľko dokážu tento prienik znížiť. Jedným zo stavebných materiálov je aj drevená MDF doska, ktorej účinnosť tienenia bola predmetom výskumu v tomto príspevku.

TIENENIE ELEKTROMAGNETICKÉHO POĽA

Tienenie je možné definovať ako schopnosť materiálu brániť prenikaniu elektromagnetického poľa. Tienenie využívajú rôzne druhy zariadení v rôznych oblastiach nášho každodenného života, od mobilných telefónov, mobilných staníc, wifi zariadení, internetu až cez rôzne lekárske zariadenia, komunikačné siete, elektronické zariadenia a pod. S tým úzko súvisí pojem elektromagnetická kompatibilita. Elektromagnetickú kompatibilitu by sme mohli definovať ako schopnosť zariadenia koexistovať v jednom elektromagnetickom prostredí [1][9][10][11][12].

Ukazovateľom kvality tienenia je účinnosť tienenia SE (Shielding Effectiveness), ktorú je možné popísať aj vzťahom (1):

$$SE = A + R \quad (1)$$

Tento vzťah je ďalej možné rozšíriť do tejto podoby:

$$SE = 8,69 \cdot \frac{t}{\sqrt{\omega \cdot \mu \cdot \sigma}} + 20 \cdot \log \left(\frac{1}{4} \sqrt{\frac{\sigma}{\omega \cdot \mu_r \cdot \epsilon_0}} \right)$$

Kde t je hrúbka tieniacej bariéry, μ je permeabilita, v ktorej je zahrnutá aj permeabilita tieniaceho materiálu, σ je merná vodivosť tieniaceho materiálu, μ_r je permeabilita tieniaceho materiálu, ϵ_0 je permitivita vákuu.

Podľa [3] je účinnosť tienenia elektromagnetického poľa daná súčtom odrazu R , viacnásobných odrazov B a absorpcie A elektromagnetického poľa odvodená ako:

$$SE = A + R + B$$

$$SE = 15,4t\sqrt{\mu\sigma} + 16816 - 10\log\frac{\mu_r f}{\sigma_R} + 20\log\left(1 - e^{-\frac{2t}{\delta}}\right) \quad (2)$$

Kde t je hrúbka materiálu, σ je merná vodivosť tieniaceho materiálu, μ_r je permeabilita tieniaceho materiálu, f je frekvencia, δ je hĺbka vniku.

Ďalej tiež platí, že podľa [4] sa účinnosť tienenia vypočíta meraním ako:

$$SE = 20\log\frac{|H_1|}{|H_2|} = 20\log\frac{|E_1|}{|E_2|} \quad [\text{dB}] \quad (3)$$

Kde E_2 je intenzita elektrického poľa v určitom bode tieneného priestoru, E_1 je intenzita elektrického poľa dopadajúceho na tieniacu bariéru alebo stenu, H_2 je intenzita magnetického poľa v určitom bode tieneného priestoru, H_1 je intenzita magnetického poľa dopadajúceho na tieniacu bariéru alebo stenu.

Účinnosť tienenia je možné vypočítať aj podľa vzťahov (4-7) v prípade, že hodnota vysielačného signálu je nastavená v logaritmických jednotkách.

$$SE = |E_1| - |E_2| \quad [\text{dB}] \quad (4)$$

$$SE = |H_1| - |H_2| \quad [\text{dB}] \quad (5)$$

$$SE = |V_1| - |V_2| \quad [\text{dB}] \quad (6)$$

$$SE = P_1 - P_2 \quad [\text{dB}] \quad (7)$$

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.

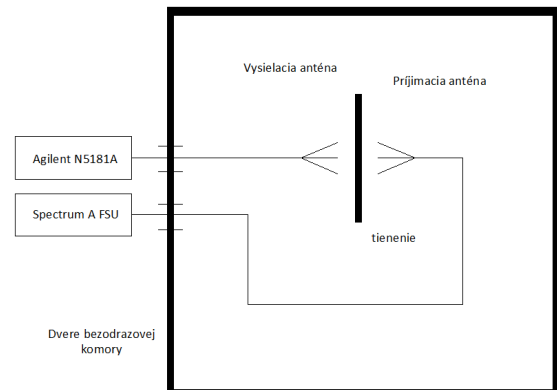
MERANIE ÚČINNOSTI TIENENIA

Blokový diagram pre účely merania účinnosti tienenia elektromagnetického poľa SE je zobrazené na Obr.1 a pohľad na pracovisko pre účely merania účinnosti tienenia je na Obr.2 a Obr.3. Toto pracovisko pozostáva z generátora impulzov Agilent N5181A a spektrálneho analyzátoru Agilent N9038A MXE EMI, z prijímacej antény R&S HF907 a vysielačnej antény. Meraný objekt bol umiestnený vo vzdialenosti 30 cm od vysielačnej antény. Celé meranie prebiehalo v bezodrazovej komore na katedre elektroenergetiky FEI TUKE, aby bol vylúčený vonkajší vplyv elektromagnetického poľa na meranie.

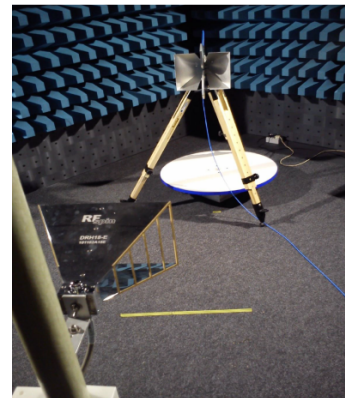
Pri tomto meraní bola použitá drevená doska MDF12 s hrúbkou 12 mm (Obr.4). Rozmery dosky boli 2×1 m. Meranie prebiehalo v niekoľkých krokoch. Najprv bola odmeraná účinnosť tienenia elektromagnetického poľa suchej dosky vo frekvenčnom rozsahu 1 až 10 GHz s krokom 0,2 GHz. Po tomto meraní bola MDF doska nastriekaná vodou a to množstvom vody, ktorá zodpovedá úhrnu zrážok 0,25 mm. Následne bolo vykonané meranie účinnosti tienenia elektromagnetického poľa mokrej dosky pri postupnom vysušaní vo frekvenčnom rozsahu 1 až 10 GHz s časovým intervalom 5 min. Na základe týchto meraní bola vypočítaná zmena účinnosti tienenia elektromagnetického poľa ΔSE podľa vzťahu (8).

$$\Delta SE = SE_M - SE_S \quad [\text{dB}] \quad (8)$$

pričom SE_M je účinnosť tienenia elektromagnetického poľa mokrej dosky a SE_S je účinnosť tienenia elektromagnetického poľa suchej dosky.



Obr. 1. Blokový diagram pre účely merania účinnosti tienenia
Meranie pokračovalo po dobu 80 min. Po čase 80 minút o začiatku merania mokrej dosky dosahovala účinnosť tienenia elektromagnetického poľa mokrej dosky hodnotu účinnosti tienenia elektromagnetického poľa suchej dosky. Doska sa vysušila a zmena účinnosti tienenia ΔSE bola rovná nule. Meranie bolo ukončené.



Obr. 2. Pracovisko pre účely merania účinnosti tienenia - pohľad na pracovisko vo vnútri bezodrazovej komory



Obr. 3. Pracovisko pre účely merania účinnosti tienenia - pohľad na pracovisko mimo bezodrazovej komory

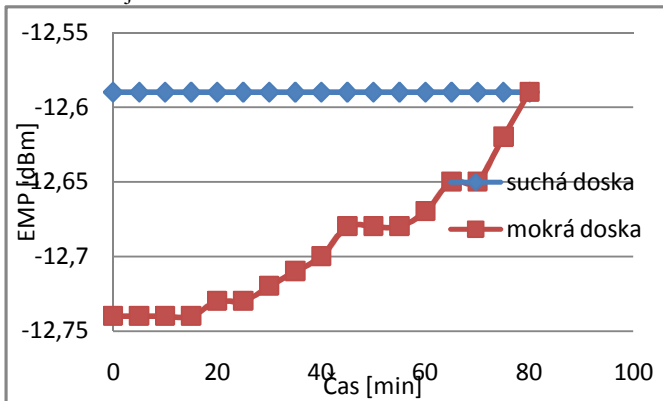


Obr. 4. Vzorka skúmanej dosky MDF12

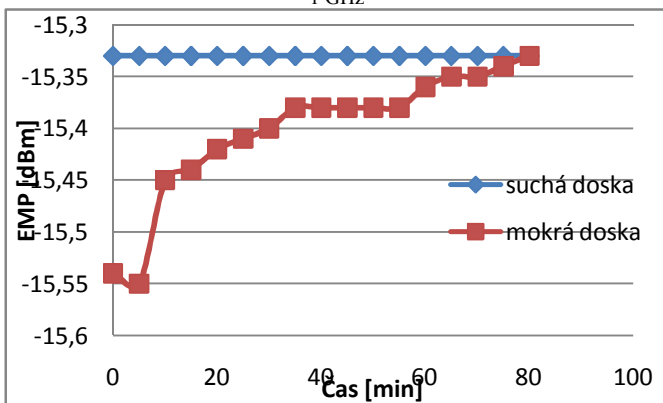
VÝSLEDKY MERANIA

Na Obr.4 až Obr.13 sú zobrazené priebehy elektromagnetického poľa (EMP) cez dosku MDF12 v dBm v suchom a mokrom stave. Pre lepšie porovnanie je modrou farbou vždy zobrazený priebeh elektromagnetického poľa suchej dosky pri danej frekvencii. Ako je možné z priebehov vidieť, priebeh elektromagnetického poľa sa v čase nemenil. Červenou farbou je zobrazený priebeh elektromagnetického poľa mokrej dosky v čase od nastriekania vodou po dobu 80 minút.

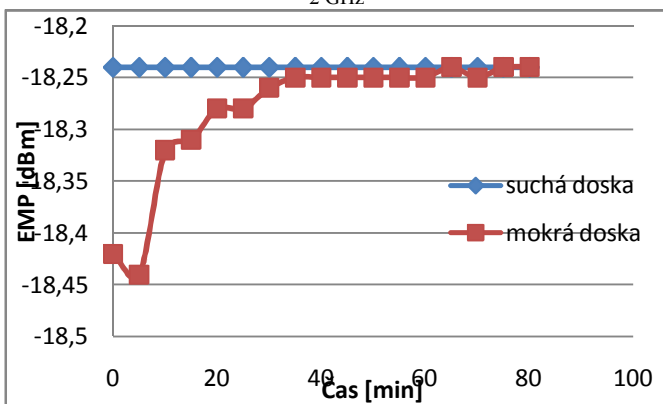
Z priebehov zobrazených červenou farbou je možné vidieť, že postupným vysušovaním sa hodnota elektromagnetického poľa menila až dosiahla veľkosť elektromagnetického poľa pri suchom stave meraného objektu.



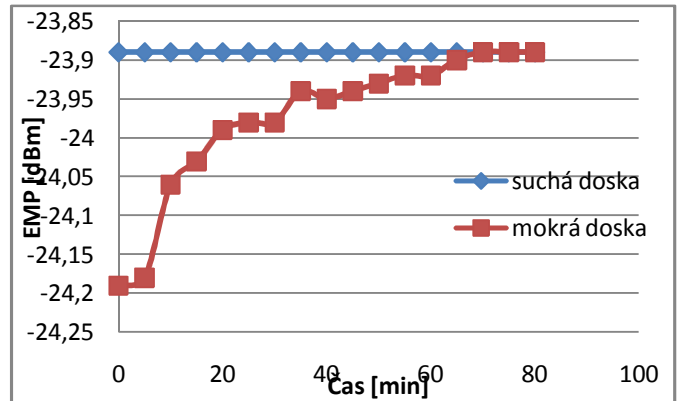
Obr. 4. Priebeh elektromagnetického poľa pre dosku MDF12 pre frekvenciu 1 GHz



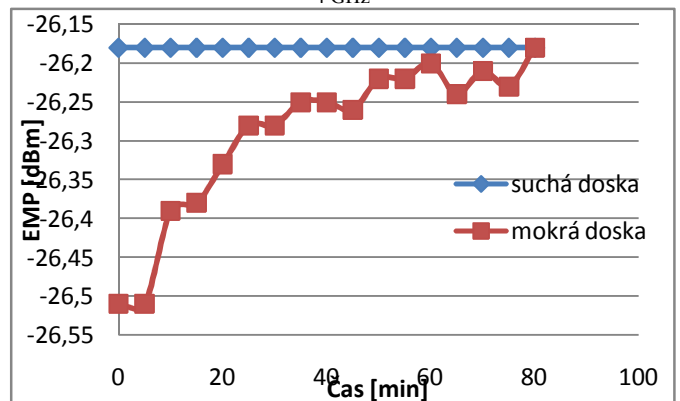
Obr. 5. Priebeh elektromagnetického poľa pre dosku MDF12 pre frekvenciu 2 GHz



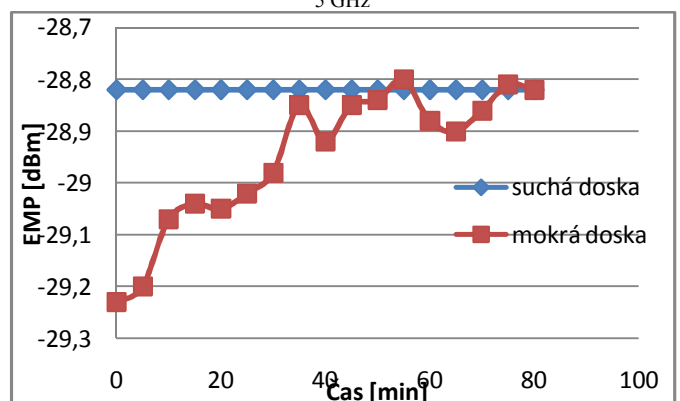
Obr. 6. Priebeh elektromagnetického poľa pre dosku MDF12 pre frekvenciu 3 GHz



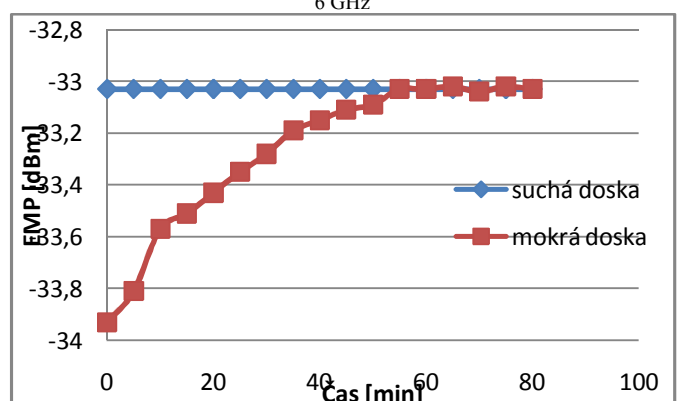
Obr. 7. Priebeh elektromagnetického poľa pre dosku MDF12 pre frekvenciu 4 GHz



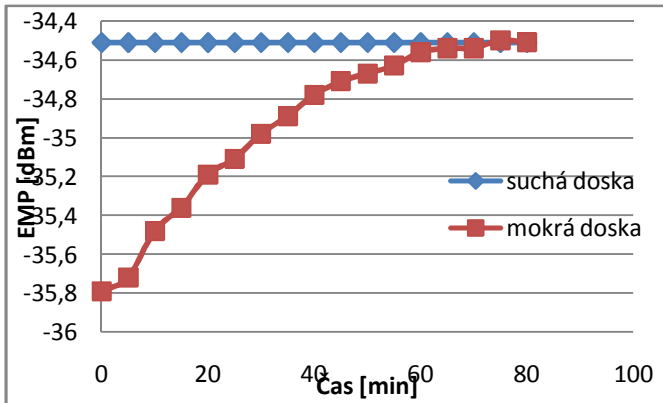
Obr. 8. Priebeh elektromagnetického poľa pre dosku MDF12 pre frekvenciu 5 GHz



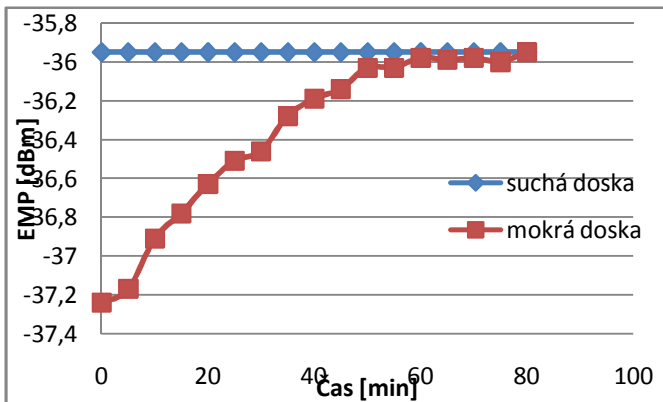
Obr. 9. Priebeh elektromagnetického poľa pre dosku MDF12 pre frekvenciu 6 GHz



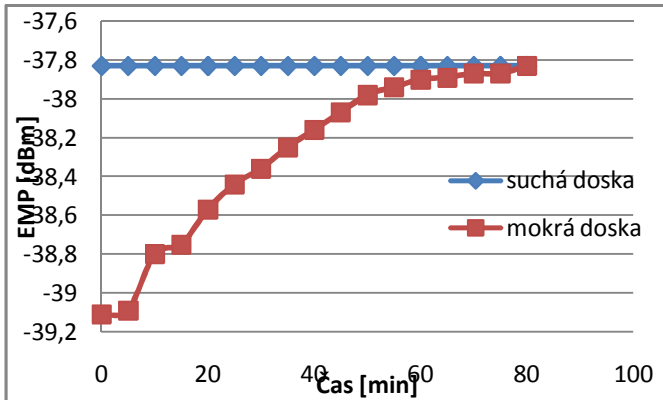
Obr. 10. Priebeh elektromagnetického poľa pre dosku MDF12 pre frekvenciu 7 GHz



Obr. 11. Priebeg elektromagnetického poľa pre dosku MDF12 pre frekvenciu 8 GHz

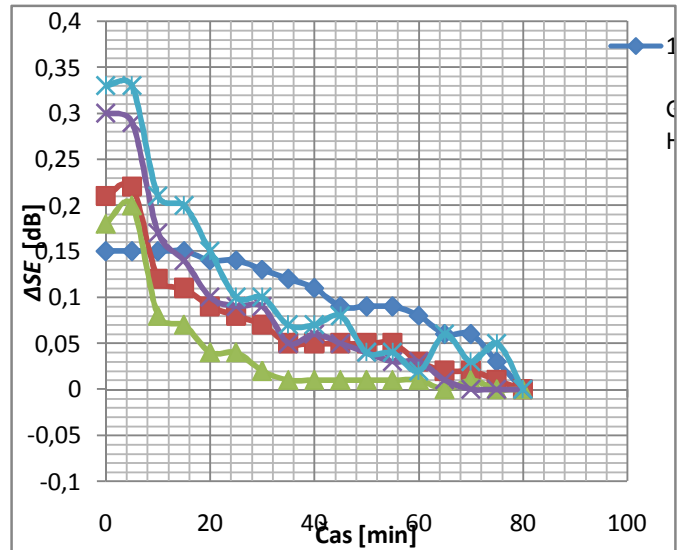
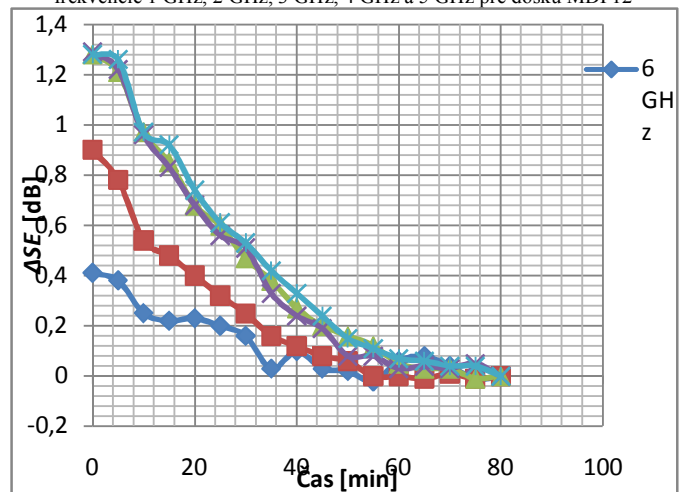


Obr. 12. Priebeg elektromagnetického poľa pre dosku MDF12 pre frekvenciu 9 GHz



Obr. 13. Priebeg elektromagnetického poľa pre dosku MDF12 pre frekvenciu 10 GHz

Účelom merania bolo určiť závislosť zmeny účinnosti tienenia ΔSE počas vysušania dosky po dobu 80 minút. Po dobe 80 minút bolo zistené, že hodnoty sú rovnaké aké boli namerané pri suchom stave dosky a meranie bolo ukončené. Závislosť zmeny účinnosti tienenia ΔSE na dobe vysušania pri frekvenciách 1 GHz, 2 GHz, 3 GHz, 4 GHz a 5 GHz je zobrazená na Obr.14. Závislosť zmeny účinnosti tienenia ΔSE na dobe vysušania pri frekvenciách 6 GHz, 7 GHz, 8 GHz, 9 GHz a 10 GHz je zobrazená na Obr.15.

Obr. 14. Závislosť zmeny účinnosti tienenia ΔSE na dobe vysušania pre frekvencie 1 GHz, 2 GHz, 3 GHz, 4 GHz a 5 GHz pre dosku MDF12Obr. 15. Závislosť zmeny účinnosti tienenia ΔSE na dobe vysušania pre frekvencie 6 GHz, 7 GHz, 8 GHz, 9 GHz a 10 GHz pre dosku MDF12

ZÁVER

Hodnota účinnosti tienenia SE poukazuje na tieniaci účinok materiálu voči elektromagnetickému poľu. Tento článok bol zameraný na meranie zmeny účinnosti tienenia mokrej dosky voči suchému stavu tejto dosky počas doby vysušania. Meraním bolo dokázané, že aj drevená doska MDF12 bráni prenikaniu elektromagnetického poľa, aj keď podstatne menej ako kovové materiály.

Meraním bolo ďalej dokázané, že účinnosť tienenia mokrého materiálu voči suchému materiálu je vyššia a s postupným vysušanim materiálu sa táto hodnota znižuje. Vo všeobecnosti teda platí, že voda zvyšuje tieniaci účinok materiálu. Toto zistenie je podložené závislosťou zmeny účinnosti tienenia ΔSE na dobe vysušania, ktorá má klesajúci charakter a teda so zvyšujúcou sa dobou vysušania zmena účinnosti tienenia ΔSE klesá.

Meranie prebiehalo po dobu 80 minút, nakoľko po tejto dobe nebol rozdiel medzi tieniacim účinkom mokrého a suchého stavu drevenej dosky preukázaný. Z výsledkov merania môžeme tvrdiť, že najvyššie hodnoty zmeny účinnosti tienenia ΔSE boli namerané počas prvých 30 minút vysušania. Po tejto dobe bol pokles zmeny účinnosti tienenia ΔSE značne menší.

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



PODPORUJEME VÝSKUMNÉ AKTIVITY NA SLOVENSKU/PROJEKT JE
SPOLUFINANCOVANÝ ZO ZDROJOV EÚ.

LITERATÚRA

- [1] Z. Cabanová, Biologické účinky elektromagnetického poľa. Advances in Electrical and Electronic Engineering, Elektrotechnická fakulta Žilinská univerzita v Žiline, s. 24-29
- [2] O. Osina, Mobilné telefóny, aktuálny problém súčasnosti, In Nové poznatky v oblasti medicínskych vied a ošetrovateľstva, Fakulta zdravotníctva Katolíckej univerzity, Ružomberok, 2006, 34 s., ISBN 80-8084-125-X
- [3] Z. Pan, H. Zhang, et al.: Advances of Studies on Electromagnetism Shielding Fabric, Science & Technology Review, 27(2009), 24, 86-91.
- [4] IEEE Standart, Method for Measuring the Effectiveness of Electromagnetic Shielding Enclosures, EMC Society, New York 2006, p.39.
- [5] L. Ping, Ch. Gui, L. Yun-Liang, Effects of reinforced concrete walls on transmission of EM wave in WLAN, Proceedings of the ICMMT 2008, International Conference on Microwave and Milimeter wave Technology, Vol.2 (2008), 519-522
- [6] D. Peña, R. Feick, H.D. Hristov, W. Grote, Measurement and modeling of propagation losses in brick and concrete walls for the 900 MHz band, IEEE Transaction on Antennas and Propagation, 51 (2003), No.1, 31-39

- [7] M. Yang, S. Stavrou, Rigorous coupled-wave analysis of radio wave propagation through periodic building structures, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol.3 (2004), 204-207.
- [8] S.Y. Tan, Y. Tan, H.S. Tan, Multipath delay measurements and modeling for interfloor wireless communications, IEEE Transactions on Vehicular Technology, 49 (2000), No.4, 1334-1341
- [9] M. Rajnak, J. Kurimský, B. Dolník, K. Marton, L. Tomčo et al., Dielectric response of transformer oil based ferrofluid in low frequency range, In: Journal of Applied Physics. Vol. 114, no. 3 (2013), p. 34313-1-34313-6. - ISSN 0021-8979
- [10] B. Dolník, J. Macko, Modelovanie elektrického poľa v izolácii vn elektrických točivých strojov, In:Starnutie elektroizolačných systémov, Roč.6, No.2, 2011, s. 9-12, ISSN 1337-0103
- [11] B. Dolník, Elektromagnetické rušenie - vyžarovanie harmonických prúdov jednofázových zariadení, In: EE časopis. Roč. 11, č. 1 (2005), s. 22-24. - ISSN 1335-2547
- [12] J. Džmura, Macroscopic particles in direct and alternating electric field, Przeglad Elektrotechniczny Konferencje. Vol. 5, no. 3 (2007), p. 78-80. - ISSN 1731-6103

ADRESY AUTOROV

Marek Pavlík, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, marek.pavlik@tuke.sk
 Iraida Kolcunová, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, iraida.kolcunova@tuke.sk
 Juraj Kurimský, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, juraj.kurimsky@tuke.sk
 Alexander Mészáros, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, alexander.meszaros@tuke.sk
 Michal Kolcun, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, michal.kolcun@tuke.sk
 Dušan Medveď, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, dusan.medved@tuke.sk
 Ján Zbojovský, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, jan.zbojovsky@tuke.sk