

Marek Pavlík, Irida Kolcunová, Bystrík Dolník, Juraj Kurimský, Alexander Mészáros, Michal Kolcun, Dušan Medved', Ján Zbojovský

Meranie účinnosti tienenia elektromagnetického poľa v závislosti na vlhkosti v oblasti od 1 GHz do 5 GHz

Tento príspevok sa zaoberá meraním zmeny účinnosti tienenia elektromagnetického poľa v závislosti na čase pri postupnom vysušaní stavebného materiálu. Meraným objektom bol stavebný materiál, konkrétne vlákno-cementová fasádna doska Eterplan s hrúbkou 8 mm, ktorá sa používa pre vonkajšie fasádne použitie pri zlepšení tepelnej izolácie stien budov. Meranie zmeny účinnosti tienenia elektromagnetického poľa prebiehalo pri rozsahu frekvencie 1 GHz až 5 GHz s krokom 1 GHz.

Kľúčové slová: účinnosť tienenia, elektromagnetické pole, vlákno-cementová doska

I. ÚVOD

Rýchly rozvoj bezdrôtových zariadení znamená neustály vplyv elektromagnetického poľa na ľudské telo. Je takmer nemožné sa tomuto vplyvu uchrániť. No napriek tomu si život bez technológií a zariadení, ktoré elektromagnetické pole vyžarujú, nevieme predstaviť. Za pomerne krátku dobu prešlo ľudstvo od klasického internetu cez kábel na bezdrôtové wifi zariadenie a dnes si už užívateľ notebooku nevie predstaviť iné pripojenie na internet ako cez wifi [1].

Elektromagnetickému žiareniu sme vystavení vždy a všade a s najväčšou pravdepodobnosťou bude trend zvyšovania počtu zdrojov elektromagnetického žiarenia naďalej stúpať. Nakoľko človek nedokáže svojimi zmyslami elektromagnetické žiarenie vnímať, je preto benevolentnejší voči potenciálnemu ohrozeniu. Práve kvôli tomu je téma zvyšovania počtu zdrojov elektromagnetického žiarenia a ich dopad na človeka aktuálna pre verejnosť. V dnešných ťažkých ekonomických časoch sú ľudia nútení šetriť, čo sa prejavuje v domácnostiach trendom zateplovania budov alebo použitia vonkajších a vnútorných stavebných materiálov, ktoré slúžia na tepelnú izoláciu budov. A práve meraniu účinnosti tienenia materiálu, ktorý sa používa na vonkajšie fasády je venovaný tento príspevok. Meraným objektom bola vlákno-cementová fasádna doska Eterplan s hrúbkou 8 mm. Účinnosť tienenia bola meraná pri frekvenciách 1 GHz až 5 GHz s krokom 1 GHz [2][3][4].

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 medou. Šírenie elektromagnetického poľa vyššie spomínanými typmi stien budov bola predmetom viacerých výskumov [8][9][10][11][12][13].

V posledných rokoch neustáleho tlaku na znižovanie energetickej náročnosti sa upriamuje pozornosť na výstavbu domov z materiálov, ktoré slúžia na tepelnú izoláciu budov. Tieto materiály sa umiestňujú na vonkajšiu a vnútornú stranu steny.

II. MATEMATICKÝ MODEL ÚČINNOSTI TIENENIA

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 [2][3][5].

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:

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

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 [6] 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 [7] sa účinnosť tienenia vypočíta meraním ako:

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

Kde E_2 je intenzita elektrického poľa v určitom bode tienenia priestoru, E_1 je intenzita elektrického poľa dopadajúceho na tieniacu bariéru alebo stenu, H_2 je intenzita magnetického poľa v určitom bode tienenia 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 vysielaného signálu je nastavená v logaritmickej jednotkách.

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

$$SE = |H_1|(dB) - |H_2|(dB) \quad (5)$$

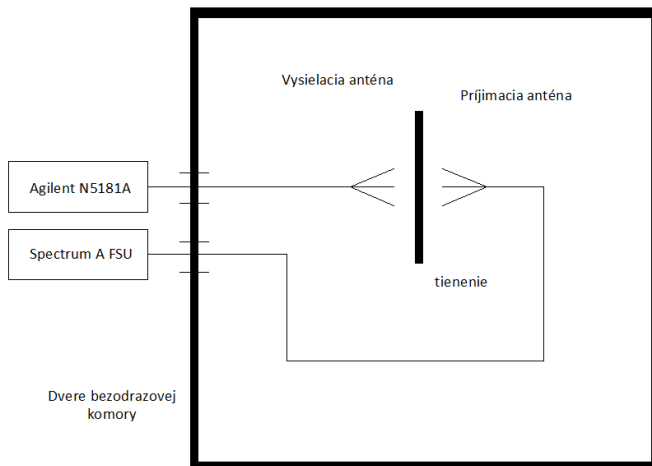
$$SE = |V_1|(dB) - |V_2|(dB) \quad (6)$$

$$SE = P_1(dB) - P_2(dB) \quad (7)$$

príčom V_2 je napätie vlny elektromagnetického poľa v určitom bode tieneneho priestoru, V_1 je napätie vlny elektromagnetického poľa dopadajúceho na tieniacu bariéru alebo stenu, P_2 je výkon elektromagnetického poľa v určitom bode tieneneho priestoru, P_1 je výkon elektromagnetického poľa dopadajúceho na tieniacu bariéru alebo stenu.

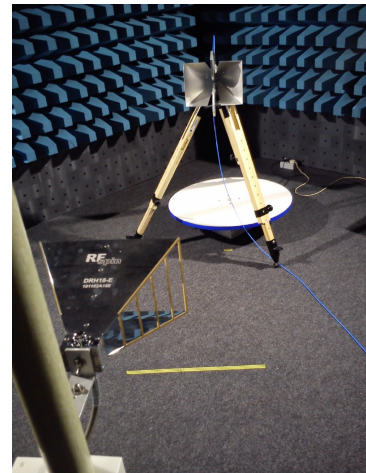
III. MERANIE ÚČINNOSTI TIENENIA

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. 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.



Obr. 1. Blokový diagram pre účely merania účinnosti tienenia

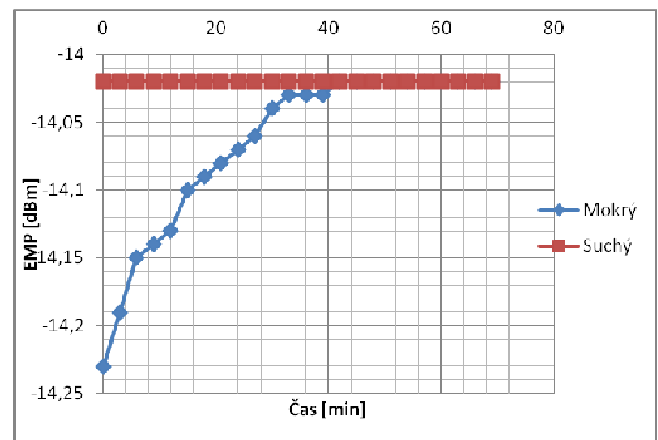
Meraným objektom bola vláknocementová fasádna doska Eterplan s hrúbkou 8 mm. Za suchého stavu dosky s rozmermi 0,7×0,7 m a s hrúbkou 8 mm bola odmeraná účinnosť tienenia v pásme frekvencií od 1 GHz do 5 GHz s krokom 1 GHz. Po odmeraní suchej dosky bola doska nastriekaná množstvom vody, ktoré zodpovedá úhrnu zrážok 0,15 mm. Po nastriekaní prebehlo meranie pri všetkých frekvenciách s časovým intervalom 3 min. Časový interval bol zvolený tak, aby bola závislosť elektromagnetického poľa lepšie merateľná. Predpokladalo sa, že bude mať stúpajúci charakter. Pri väčšom intervale by sa doska rýchlo usušila a meraná závislosť by nebola prehľadná. Meranie pokračovalo po dobu 70 min, kde už nastriekaná doska dosahovala hodnoty suchej dosky.



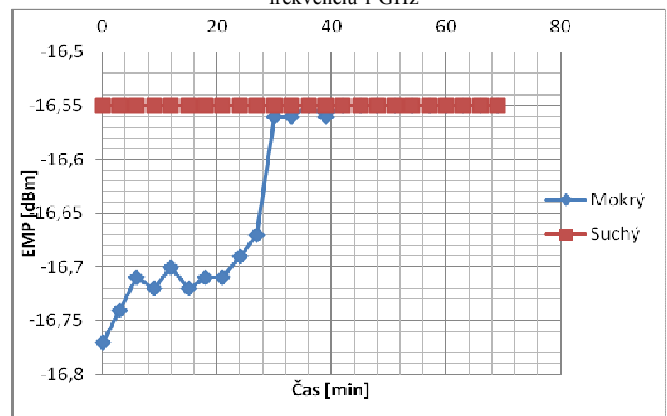
Obr. 2. Pracovisko pre účely merania účinnosti tienenia

IV. VÝSLEDKY MERANIA

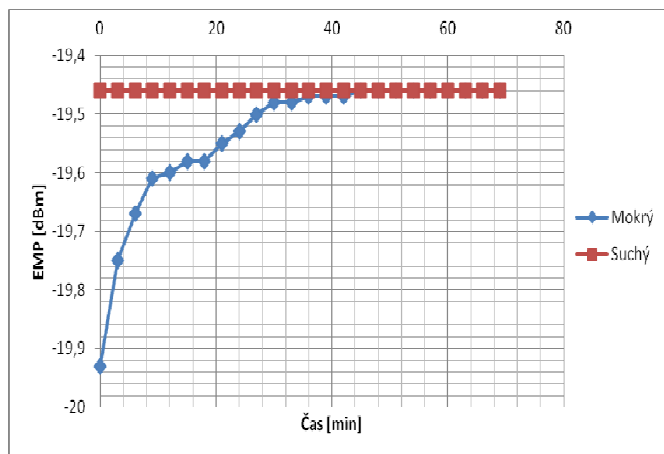
Na obr.3 až obr.7 sú zobrazené priebehy elektromagnetického poľa (EMP) v dBm pri suchom a mokrom stave vláknocementovej fasádnej dosky Eterplan pri frekvenciách 1 GHz, 2 GHz, 3 GHz, 4 GHz a 5 GHz v závislosti na dobe vysušania v minútach. Priebeh elektromagnetického poľa zobrazený modrou farbou má stúpajúci charakter. Tento stúpajúci charakter je správny, nakoľko mokrá vláknocementová fasádna doska Eterplan tieni elektromagnetické pole viac ako suchý stav a predpokladalo sa, že hodnoty mokrej dosky sa budú postupným vysúšaním približovať k hodnote suchej dosky



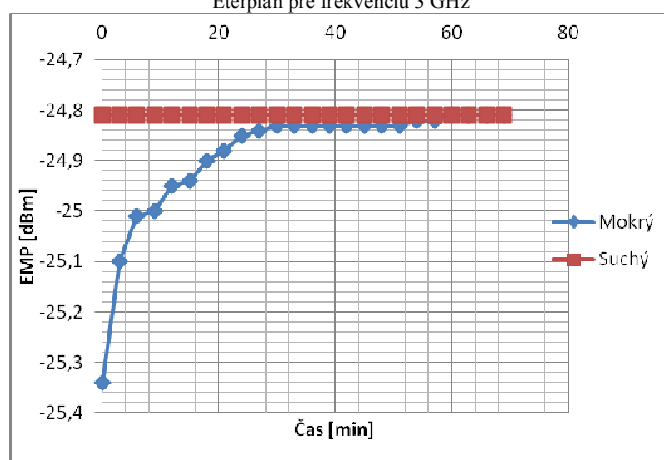
Obr. 3. Priebeh elektromagnetického poľa pre vonkajší eko materiál pre frekvenciu 1 GHz



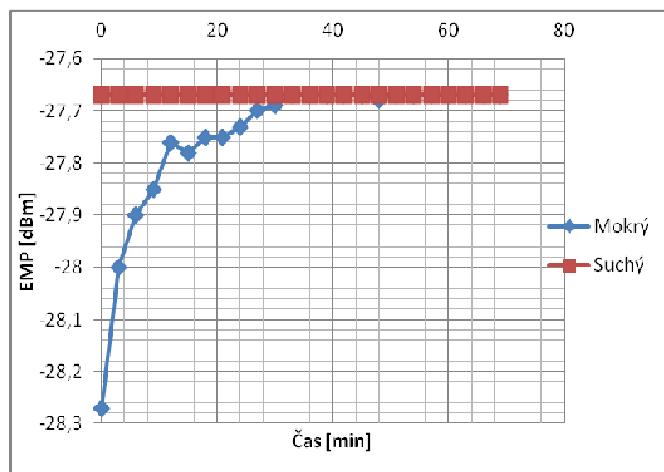
Obr. 4. Priebeh elektromagnetického poľa pre vláknocementovú fasádnu dosku Eterplan pre frekvenciu 2 GHz



Obr. 5. Priebeh elektromagnetického poľa pre vlákno cementovú fasádnú dosku Eterplan pre frekvenciu 3 GHz

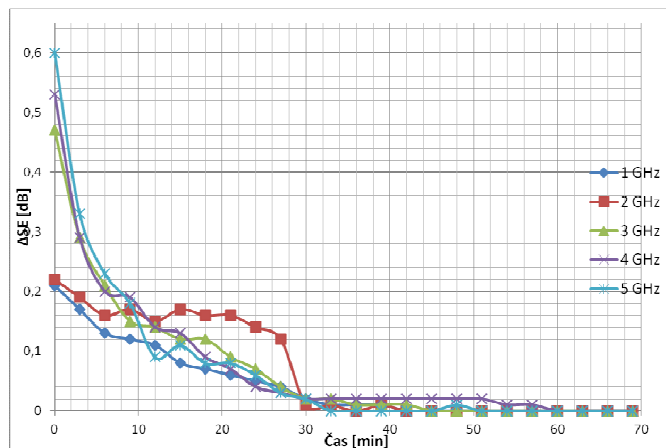


Obr. 6. Priebeh elektromagnetického poľa pre vlákno cementovú fasádnú dosku Eterplan pre frekvenciu 4 GHz



Obr. 7. Priebeh elektromagnetického poľa pre vlákno cementovú fasádnú dosku Eterplan pre frekvenciu 5 GHz

Účelom merania bolo určiť závislosť zmeny účinnosti tienenia ΔSE počas vysušania dosky po dobu 70 minút. Po dobe 70 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.8.



Obr. 7. Závislosť zmeny účinnosti tienenia ΔSE na dobe vysušania pre frekvencie 1 GHz, 2 GHz, 3 GHz, 4 GHz a 5 GHz pre vlákno cementovú fasádnú dosku Eterplan

V. ZÁVER

Meranie účinnosti tienenia sa vykonáva z dôvodu, že práve hodnota účinnosti tienenia SE nám hovorí o účinku tienenia elektromagnetického poľa skúmaného materiálu. Tento článok bol zameraný na meranie účinnosti tienenia stavebného materiálu, konkrétne vlákno cementovej fasádnej dosky Eterplan, ktorá sa používa prevažne pre vonkajšie fasády.

Pri meraní bolo overené, že mokrý stav fasádnej vlákno cementovej dosky Eterplan tieni elektromagnetické pole viac ako suchý stav tejto dosky. 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 70 minút, nakoľko po tejto dobe nebol rozdiel medzi tieniacim účinkom mokrého a suchého stavu fasádnej 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



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] H.H. Lee, T. Yen, Upgrading on Cement-Mortar Properties for Electromagnetic Wave Shielding in Building, 2010 2nd International Conference on Mechanical and Electronics Engineering IEEE, Vol.1, 437-441, 2010, 978-1-4244-7481-3
- [2] R.W. Habash, D. Krewski, R. Bansal, H.T. Alhafid, Principles, Applications, Risk and Benefits of Therapeutic Hyperthermia, Frontiers in Bioscience (Elite Edition), 3 (2011), 1169-1181.
- [3] 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.
- [4] A. Choroszucho, B. Butrylo, Inhomogeneities and dumping of high frequency electromagnetic field in the space close to porous wall, Przeglad Elektrotechniczny (Electrical Review), R. 88 (2012), nr. 5a, 263-266
- [5] M. Kmec, M. Hvizdoš, Skúšky digitálnych ochrán prístrojom Omicron CMC, Electrical Engineering and Informatics 3 : proceeding of the Faculty of Electrical Engineering and Informatics of the Technical University of Košice. - Košice : FEI TU, 2012 S. 705-710. - ISBN 978-80-553-0890-6
- [6] Z. Pan, H. Zhang, et al.: Advances of Studies on Electromagnetism Shielding Fabric, Science & Technology Review, 27(2009), 24, 86-91.
- [7] IEEE Standart, Method for Measuring the Effectiveness of Electromagnetic Shielding Enclosures, EMC Society, New York 2006, p.39.
- [8] 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
- [9] D. Peňa, 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
- [10] 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.
- [11] 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
- [12] O. Landron, M.J. Feuerstein, T.S. Rappaport, A comparison of theoretical and empirical reflection coefficients for typical exterior wall surfaces in a mobile radio environment, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 44 (1996), No. 3, 341-351
- [13] Y. Pinhasi, A. Yaholom, S. Petnev, Propagation of ultra wide-band signals in lossy dispersive media, IEEE International Conference on Microwaves, Communications, Antennas and Electronic Systems, COMCAS (2008), 1-10

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

Bystrík Dolník, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, bystrik.dolnik@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 Medved', 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