

Iraida Kolcunová, Ján Zbojovský, František Ziolkovský

Vznik elektrostatických nábojov na tieniacich náteroch

Práca sa zaoberá prestupom elektromagnetického žiarenia cez stavebné prvky. Sú vykonané merania, ktorých cieľom bolo určiť účinnosť tienenia elektromagnetického poľa. Na vybrané stavebné prvky sa nanášali tieniace nátery, z ktorých niektoré boli obohatované o laboratórne vytvorený prášok na zlepšenie účinnosti tienenia elektromagnetického poľa. Ďalej sa zisťovalo, či na náteroch môže pri prestupe elektromagnetického poľa vyskytovať elektrostatický náboj, a v akej hodnote sa vyskytuje. Celé meranie prebiehalo vo frekvenčnom rozsahu 0,9-7 GHz.

Kľúčové slová: príspevok; Elektromagnetické pole, stavebný prvok, účinnosť tienenia, tieniaci náter, elektrostatický náboj

The work deals with the transfer of electromagnetic radiation through building elements. Measurements have been made to determine the electromagnetic field shielding efficiency. Selected building elements were coated with shielding coatings, some of which were enriched with laboratory powder to improve electromagnetic field shielding efficiency. It was further investigated whether electrostatic charge could occur on the coatings at the electromagnetic field transition, and in what value it occurs. The whole measurement was made in the frequency range of 0.9-7 GHz. (**Generation of electrostatic charges on the shielding paints**)

Keywords: Electromagnetic field, building element, shielding efficiency, shielding coating, electrostatic charge

I. ÚVOD

V 20. storočí došlo k veľkému technologickému pokroku. To malo za následok vytváranie nových prístrojov za účelom zlepšenia a skvalitnenia či už života ľudí, alebo pracovnej činnosti. Tieto prístroje sa stávali čoraz technicky kvalitnejšie, ale aj komplikovanejšie ako predtým. Najviac viditeľný pokrok je možné si všimnúť za posledných 20 rokov, kedy sme sa prepracovali od napr. veľkých a ťažkých mobilných telefónov schopných iba telefonovať, k prístrojom, ktoré dokážu plniť funkcie viacerých rozličných prístrojov súčasne. Ako dôsledok tohto pokroku je zvýšenie a nárast zdrojov elektromagnetického poľa a v súčasnosti je takmer nemožné sa pôsobeniu elektromagnetického poľa vyhnúť.

Elektrosmog predstavuje elektromagnetické vlny obklopujúce naše prostredie. Podľa NASA:

"Ako sedíš a pozeráš TV, nie len že sú tam viditeľné svetelné vlny z TV zasahujúce do tvojich očí, ale tiež aj rádiové vlny, vyžarujúce z blízkej stanice, a mikrovlny prenášajúce telefonáty a textové správy a vlny pochádzajúce od susedovho WiFi, GPS zariadenia v autách na ktorých jazdíme. Je tu chaos vln z celého spektra prechádzajúcich tvou miestnosťou práve teraz." [1]

V posledných rokoch nastal rapidný rast vo využívaní technológií pri ktorých vzniká elektromagnetické pole a žiarenie rôznych frekvencií. Medzi zdroje, v ktorých toto žiarenie a pole vzniká patria aj elektrické vedenia s frekvenciou 50 Hz v celonárodnom systéme, miestne elektrické vedenia, ako aj káble umiestnené v domácnostiach, kanceláriách a mnohých ďalších budovách. Navyše všetky stroje a zariadenia napojené na elektrickú sieť vytvárajú elektrické pole. Rovnako rapidný nárast nastal aj v technológiách využívajúcich rádiové frekvencie. To zahŕňa rádia, televízne prijímače, telekomunikačné linky, satelitné spojenia, mobilné telefóny ako aj bezdrôtové internetové pripojenie. [2]

Každý tvor na Zemi produkuje elektromagnetické pole. Podobne srdce, mozog, cievy a všetky ostatné ľudské orgány produkujú elektromagnetické pole. Tieto orgány majú harmóniu medzi sebou a ich prostredím. Avšak táto harmónia môže byť narušená externým faktorom. Jedným z nich je elektromagnetické pole. Elektromagnetické

pole vyžarujúce z elektronických zariadení môže poškodiť magnetickú rovnováhu organizmov. [3]

Jediný známy prírodný zdroj elektromagnetickej radiácie je zanedbateľne slabé kozmické žiarenie z vesmíru, avšak niekoľko zdrojov radiácie existuje v rádiových frekvenciách kvôli atmosférickým javom ako polárna žiara a búrka. Do 50. rokov 20. storočia frekvencie elektrosmogu zostávali mimo hranice mikrovln, avšak v 60. rokoch televízne stanice začali vysielat' v týchto frekvenciách. V 80. rokoch pribudli prenosné telefóny a v 90. rokoch prišlo WiFi. Obidva značne využívajú mikrovlnné frekvencie. Aktuálne vydanie WiGig a protihavarijných radarov v dopravných prostriedkoch zapríčinil 1000 násobný nárast vystaveniu ľudstva elektromagnetickej vlnám oproti množstvu, ktorému bolo vystavené pred 50. rokmi 20. storočia. Tieto polia sa často využívajú najmä v medicíne, ako magnetická rezonancia(MRI), ktorá dáva veľmi dobrý a prehľadný obraz, vďaka čomu je možné oveľa lepšie určiť diagnózu pacienta.[2]

Okrem pozitívnych výsledkov vznikajúcich vplyvom elektromagnetického poľa, sú aj negatívne. Z toho dôvodu sa stal vplyv elektromagnetického poľa predmetom veľkého množstva výskumov, z ktorých veľká časť bola zameraná na dlhodobé účinky elektromagnetického poľa. Je oveľa ťažšie ich určiť, nakoľko testovanie na ľuďoch nie je možné, a tak sa nedá s presnosťou hovoriť o ochoreniach spôsobených primárne týmto poľom. Elektromagnetické pole ale môže mať negatívny vplyv na jednotlivca v závislosti od jeho zdravotného stavu, teda zhoršenie jeho stavu, alebo prepuknutie choroby. Samotné zistenie, že elektromagnetické pole by mohlo mať priamy negatívny vplyv na vznik ochorení ako rakovina, poškodenie orgánov atď. by mohlo negatívne ovplyvniť súčasný životný štýl závislý na elektrickej energii.[4]

Rôzne organizácie pracujú na výskumoch a testoch, ktorými sa snažia zistiť vplyv elektromagnetického poľa na živé organizmy. Najhlavnejšie sú Svetová zdravotnícka organizácia- WHO(World Health Organization) a Medzinárodná komisia pre ochranu pred neionizujúcim žiarením - ICNIRP(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). Pre zníženie ohrozenia zdravia človeka tieto organizácie rozhodli, že musia byť stanovené určité limity aby

mohli byť následne používané v praxi. Limitné hodnoty sú bližšie popísané v Nariadení vlády Slovenskej republiky č. 209/2016 Z.z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou elektromagnetického poľa.[4]

II. ÚČINNOSŤ TIENENIA ELEKTROMAGNETICKÉHO POĽA

Tienenie je schopnosť materiálu brániť prieniku elektromagnetického poľa. Tienenie sa využíva v rôznych druhoch zariadení z rôznych oblastí každodenného života, či už ide o mobilné telefóny a stanice, WiFi zariadenia a internet, cez rôzne lekárske zariadenia, komunikačné siete a pod. Pri elektromagnetických poliach nižších frekvencií sa uvažuje samostatne o elektrickej a magnetickej zložke elektromagnetického poľa.[5][6]

S týmto pojmom súvisí elektromagnetická kompatibilita, ktorú je možné definovať ako schopnosť zariadenia koexistovať v jednom elektromagnetickom prostredí. Na určenie kvality tienenia sa používa ukazovateľ účinnosti tienenia SE(Shielding effectiveness), ktorý je definovaný vzťahom[6]

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

kde A predstavuje absorpciu elektromagnetického poľa a R predstavuje odraz elektromagnetického poľa. Pre koeficient absorpcie platí[6][7]:

$$A = 8,69 \cdot \frac{t}{\delta} \quad (1)$$

kde t predstavuje hrúbku tieniaceho materiálu a δ predstavuje hĺbku vniku elektromagnetického poľa do materiálu. Hĺbka vniku sa vypočíta ako[6][7]:

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \cdot \mu_r \cdot \sigma}} \quad (1)$$

kde μ predstavuje permeabilitu prostredia, v ktorej je zahrnutá aj permeabilita tieniaceho materiálu a σ predstavuje mernú vodivosť tieniaceho materiálu.[6][7]

Pre koeficient odrazu platí[6][7]:

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

Pri meraní tienenia elektromagnetického poľa, sa určuje účinnosť tienenia tieniaceho materiálu, ktorú je možné vypočítať dvoma spôsobmi. V prípade, že získané hodnoty vysielačného signálu sú nastavené v logaritmickej jednotkách, tak účinnosť tienenia je možné určiť podľa nasledujúcich vzťahov[8][9]:

$$SE = |E_1| - |E_2| \quad (5)$$

$$SE = |H_1| - |H_2| \quad (6)$$

$$SE = |V_1| - |V_2| \quad (7)$$

$$SE = P_1 - P_2 \quad (8)$$

kde E_1 predstavuje intenzitu elektrického poľa dopadajúceho na bariéru, E_2 je intenzita elektrického poľa v určitom bode tieniaceho priestoru, H_1 predstavuje intenzitu magnetického poľa dopadajúceho na bariéru, H_2 je intenzita magnetického poľa v určitom bode tieniaceho priestoru, V_1 je napätie vlny elektromagnetického poľa dopadajúceho na bariéru, V_2 je napätie vlny elektromagnetického poľa v určitom bode tieniaceho priestoru, P_1 je výkon elektromagnetického poľa dopadajúceho na bariéru, P_2 je výkon elektromagnetického poľa v určitom bode tieniaceho priestoru.

III. ELEKTROSTATICKÝ NÁBOJ

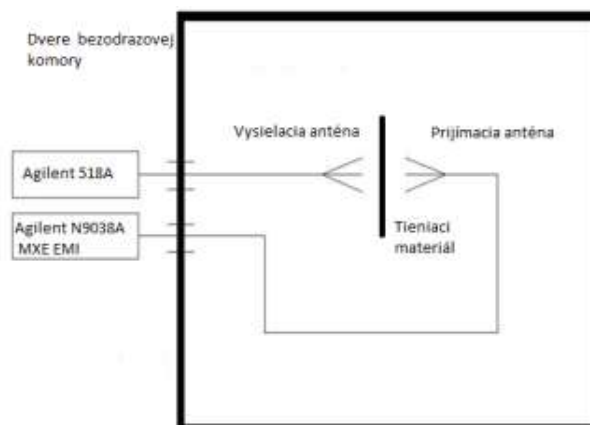
Podľa molekulárnej teórie štruktúry, každé teleso je zložené z pozitívnych a negatívnych nábojov. Pozitívne náboje sa nachádzajú v jadre molekuly, negatívne náboje obiehajú okolo tohto jadra.

V molekule je zachovaná neutrálnosť, nakoľko počet obiehajúcich negatívnych nábojov by sa mal rovnať počtu pozitívnych nábojov v jadre. Avšak vplyvom určitých podmienok, niektoré molekuly nemajú dostatočne veľké príťažlivé sily medzi jadrom a obiehajúcimi elektrónmi aby ich udržalo na obežnej dráhe. Z toho dôvodu vonkajšie obiehajúce elektróny môžu byť príťahované vedľajšou molekulou, ktorá má väčšiu príťažlivú silu, následne v molekule zostane nadbytok pozitívnych nábojov a molekula sa stáva pozitívne nabitou. Niektoré molekuly majú tendenciu príťahovať a prijímať ďalšie elektróny, čo spôsobí nevyváženosť a vznikne molekula s negatívnym nábojom. Teda každý materiál, ktorý má vyšší obsah negatívne alebo pozitívne nabitých molekúl sa stáva negatívne, resp. pozitívne nabitý. [10]

Predmety, alebo materiály sa môžu nabíjať trením alebo dotykom a následným oddelením dvoch materiálov. Pokiaľ sú dva materiály v kontakte, tak vonkajšie elektróny sa voľne presúvajú z molekuly na molekulu, z materiálu na materiál, pokiaľ sa samé nepripoja k silnejšiemu jadru. Veľkosť a polarita nábojov závisí od tlaku prostredia, rýchlosti dotyku a oddeľovania, alebo trenia, relatívnej vlhkosti prostredia, typu dotykovej plochy, ale aj druhu materiálu. Tento jav je možné pozorovať napríklad pri chôdzi v topánkach s gumenou podrážkou po podlahe z izolačného materiálu, pohyb človeka vo vlnenom oblečení, prečesávanie vlasov hrebeňom. [10][11]

IV. MERACIA ZOSTAVA A POUŽITÉ VZORKY

Meranie účinnosti tienenia stavebného prvku pri prechode elektromagnetického vlnenia prebiehalo v bezodrazovej komore nachádzajúcej sa na Katedre Elektroenergetiky na Technickej Univerzite v Košiciach. Pracovisko pre účely merania pozostávalo z generátora impulzov Agilent N5181A, ktorým bola napájaná vysielačnica anténa RF spin DRH18-E. Medzi anténami sa nachádzal stavebný prvok s tieniacim náterom. Výstup z prijímacej antény R&S HF 907 viedlo do spektrálneho analyzátoru Agilent N9038A MXE EMI. Blokovaná schéma na meranie účinnosti tienenia elektromagnetického poľa je zobrazená na Obr. 1.



Obr. 1. Blokovaná schéma pracoviska pre meranie účinnosti tienenia elektromagnetického poľa

Celé meranie je možné rozdeliť na tri časti. Prvou časťou bolo odmerať útlm stavebného prvku bez tieniaceho náteru. Druhou časťou bolo

odmerať útlm stavebného prvku, na ktorom sa nachádzal tieniaci náter. Poslednou časťou bolo odmerať a vyhodnotiť vzniknutý náboj na tieniacom nátere. Pri meraní bolo rozlišované, či bol, alebo nebol tieniaci náter uzemnený.

Na meranie účinnosti tienenia elektromagnetického poľa a elektrostatického náboja ako stavebný prvok sa zvolila HDF doska, obecná známa ako sololit. Následne na tento stavebný prvok boli nanášané nasledovné tieniace nátery:

- YShield HSF 74
- THOMSIT R762
- SLOVAKRYL

YShield HSF 74 predstavuje profesionálny tieniaci náter, obsahujúci silikátovú farbu bez konzervačných činidiel. Schopný tieniť elektrickú a magnetickú zložku poľa. Výrobca udáva účinnosť tienenia 39 dB pri použití jednej vrstvy náteru, v prípade dvoch vrstiev udáva výrobca účinnosť 46 dB. THOMSIT R762 je bezrozpúšťadlový vodivý povrchový náter používaný na získanie elektrickej vodivosti pred položením antistatických podlahových krytín. SLOVAKRYL je univerzálna vodou riediteľná farba na vonkajšie a vnútorné nátery na betón, drevo a kov.

V. VÝSLEDKY MERANIA ÚTLMU ELEKTROMAGNETICKÉHO POĽA

Meranie účinnosti tienenia prebiehalo vo frekvenčnom rozsahu 0,9 GHz- 7 GHz s krokom 0,1 GHz. Na začiatku sa odmerala nenatretá HDF doska, kedy sa zistilo, že samotná doska má veľmi nízku takmer nulovú účinnosť tienenia. Potom na dosku boli nanesené vyššie uvedené nátery. Každý z náterov sa nanášal na samostatnú čistú dosku. Ako sa dalo očakávať, najlepšie hodnoty účinnosti tienenia dosahoval profesionálny náter YShield HSF 74 a to 27 dB, keď boli natreté 2 vrstvy. Pri jednej vrstve to bolo 12 dB. Účinnosť tienenia náteru THOMSIT R762 činila 1,5 dB a SLOVAKRYL mal nulovú účinnosť.

Následne do náterov THOMSIT R762 a SLOVAKRYL bol pridaný laboratórne vytvorený prášok, ktorý bol vytvorený za účelom zvýšenia útlmu elektromagnetického poľa. Pri meraní bolo zisťované, či primiešanie tohto prášku v rozličných koncentráciách do náterov spôsobí nejaký rozdiel v útlme daného náteru. Pre náter THOMSIT R762 bolo do 100ml náteru primiešaných 2g, 5g a 15g prášku. Pre náter SLOVAKRYL bola použitá iba posledná alternatíva, teda 15g prášku. Avšak z dôvodu hustoty náteru SLOVAKRYL, ktorá by neumožňovala dostatočné pokrytie používaných HDF dosiek, bola primiešaná aj voda, a to v pomere 80ml náteru a 20ml vody.

Z náterov, do ktorých bol pridaný laboratórne vytvorený prášok boli najlepšie hodnoty účinnosti tienenia dosiahol THOMSIT R762 s 15% koncentráciou prášku a to 4 dB, pri 5% koncentracii to bolo 3 dB a pri 2% len 2 dB. Náter SLOVAKRYL s 15% koncentráciou prášku dosiahol účinnosť tienenia len 0,6 dB. Meralo sa pri uzemnenom a neuzemnenom tieniacom nátere. Výsledky merania poukázali, že uzemnenie tieniaceho náteru nemá vplyv na účinnosť tienenia.

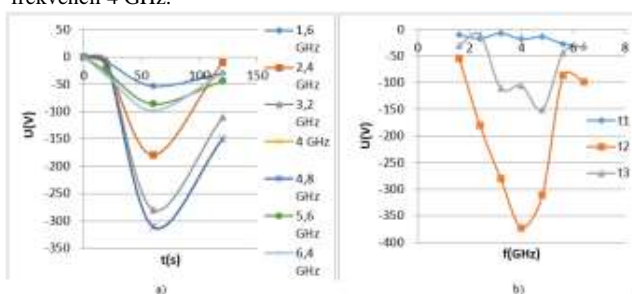
VI. MERANIE ELEKTROSTATICKEHO NÁBOJA

Na meranie elektrostatického náboja bol použitý elektrostatický voltmeter TREK 541A, ktorého merací rozsah je od -1 kV do +1 kV. Meranie sa vykonáva pomocou sondy, ktorá sa musí nachádzať vo vzdialenosti 2,5 mm \pm 1 mm od meranej plochy. Potom nameraný náboj Q je možné vypočítať ako $Q=CU$, kde C je kapacita meraného útvaru a U je merané napätie v mieste umiestnenia sondy. Keďže poloha sondy sa nemenila, predpokladáme že kapacita meraného útvaru je konštantná

a tým aj vzniknutý náboj je priamo úmerný meranému prístrojom napätiu.

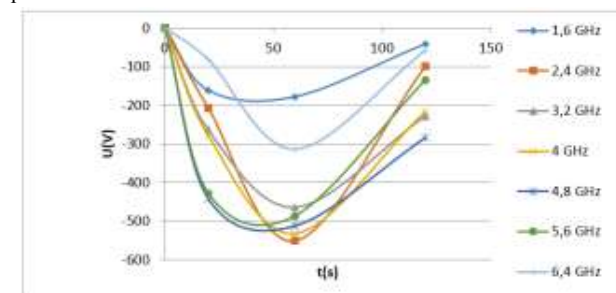
Na meranie prítomnosti elektrostatického náboja na povrchu dosky s tieniacim náterom boli použité vyššie uvedené vzorky. Meranie elektrostatického náboja sa vykonalo vo frekvenčnom rozsahu 1,6 GHz - 6,4 GHz s krokom 0,8 GHz. Meranie prebiehalo tak, že v čase 0 s došlo k zapnutiu generátora harmonického napäťového signálu, ktorý predstavuje spolu s anténou zdroj elektromagnetického poľa. Následne sa vstúpilo do komory a v čase $t_1=20$ s od zapnutia zdroja elektromagnetického poľa došlo k prvému odmeraniu elektrostatického náboja. Po 40 s od zapnutia generátora harmonického napäťového signálu bol vypnutý a pri opätovnom vstupe do komory v čase $t_2=60$ s došlo k druhému odmeraniu elektrostatického náboja. Tretie meranie sa uskutočnilo v čase $t_3=120$ s kedy sa sledovala zmena elektrostatického náboja v čase. Elektrostatický náboj bol meraný vždy v jednom bode, ktorý sa nachádzal v strede dosky. Podobne ako v prípade merania účinnosti tienenia elektromagnetického poľa, aj pri meraní elektrostatického náboja bol meraný uzemnený a neuzemnený tieniaci náter. Na ďalších obrázkoch sú znázornené namerané výsledky elektrostatického náboja pre jednotlivé tieniace nátery v prípade, že nátery neboli uzemnené. Pri meraní uzemneného tieniaceho náteru hodnoty elektrostatického náboja boli nulové.

Na obr. 2a je uvedená časová závislosť zmeny elektrostatického náboja pre rôzne frekvencie elektromagnetického poľa namerané na nenatretej HDF doske. Na obr. 2b je frekvenčná závislosť zmeny náboja v čase $t_1 -20$ s od zapnutia generátora impulzov, v čase t_2 – po vypnutí generátora a v čase $t_3 -$ po 60 s od vypnutia generátora. Tu vidieť prítomnosť náboja zápornej polarity, najväčšiu hodnotu dosiahol pri frekvencii 4 GHz.

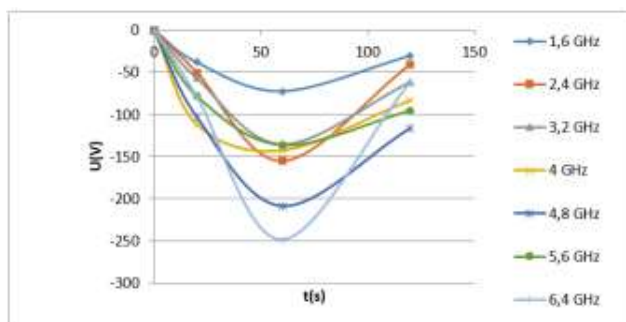


Obr. 2 a) Časová závislosť elektrostatického náboja na nenatretej HDF doske pre rôzne frekvencie EM poľa, b) frekvenčná závislosť náboja pre rozličné časy merania

Na obrázku 3 a 4 sú uvedené závislosti zmeny náboja na dobu pôsobenia elektromagnetického poľa pre rôzne frekvencie. Na obr. 3 sú výsledky merania na HDF doske natretej jednou vrstvou HSF74 profesionálneho náteru a na obr.4 doska bola natretá Thomsitom R 762.



Obr. 3 Časová závislosť elektrostatického náboja na HDF doske s jednou vrstvou profesionálneho náteru HSF 74 pri rôznych frekvenciách EM poľa



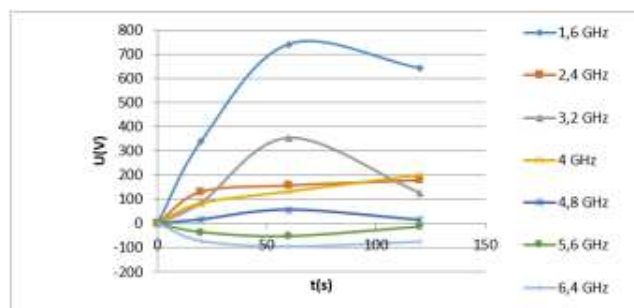
Obr. 4 Časová závislosť elektrostatického náboja na HDF natretej vodivým náterom THOMSIT R762 pri rôznych frekvenciách elektromagnetického poľa

Z výsledkov merania je vidieť:

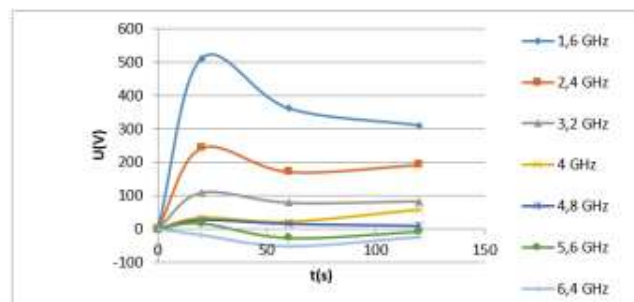
- že vzniknutý náboj bol zápornej polarity,
- náboj je závislý na frekvencii EM poľa: pri zvyšovaní frekvencii náboj klesal,
- väčší náboj vznikal na doske s HSF 74 náterom

Na ďalších obrázkoch sú uvedené časové závislosti elektrostatického náboja vzniknutého na HDF doske s náterom, do ktorého bol pridaný laboratórne vyrobený prášok na zvýšenie účinnosti tienenia. Na obr.5 sú uvedené výsledky merania náboja na doske natretej vodivým náterom THOMSIT R 762 s 2% koncentráciou prášku a na obr.6 - na doske natretej náterom SLOVAKRYL s 15% koncentráciou prášku. Z výsledkov merania vyplýva:

- vzniknutý náboj má kladnú polaritu,
- pri zvyšovaní frekvencii hodnota náboja klesala,
- pri frekvencii väčšej ako 4,8 GHz náboj zmenil svoju polaritu.



Obr. 5 Časová závislosť elektrostatického náboja na HDF natretej vodivým náterom THOMSIT R762 s 2% koncentráciou prášku pri rôznych frekvenciách EM poľa



Obr. 6 Časová závislosť elektrostatického náboja na HDF natretej náterom SLOVAKRYL s 15% koncentráciou prášku pri rôznych frekvenciách EM poľa

VII. ZÁVER

Elektromagnetické pole je všade okolo nás. V súčasnej dobe, keď sme závislí od elektrických zariadení, telekomunikačných zariadení, sme čoraz viac vystavovaní elektromagnetickému žiareniu. Elektromagnetické žiarenie však nie je voľným okom pozorovateľné a z toho dôvodu široká verejnosť si nie je vedomá toho, že na nich niečo pôsobí v každom okamihu. Avšak rôzne zdravotnícke organizácie, ako aj štátne inštitúcie dbajú na to, aby výskum vplyvu elektromagnetického žiarenia na organizmus napredoval. Taktiež dbajú na to, aby obyvatelia boli elektromagnetickému žiareniu čo najmenej vystavovaní, či už počas vykonávania zamestnania, ale aj vo svojich obytných priestoroch. Z toho dôvodu je aj výstavba nových budov a zariadení zameraná do oblastí, kde sú najnižšie expozície elektromagnetického žiarenia.

Z výsledkov merania účinnosti tienenia elektromagnetického poľa je vidieť, že najlepšie hodnoty dosiahol profesionálny tieniaci náter YShield HSF 74. Výsledky tieniacich náterov, do ktorých bol pridávaný laboratórne vyrobený prášok však boli neuspokojivé, kedy maximálne hodnoty boli dosiahnuté pri jeho 15% koncentrácii, a to 4 dB, čo je možné považovať za slabú účinnosť tienenia elektromagnetického poľa. Z výsledkov je ale vidieť, že s narastajúcim obsahom prášku sa zlepšovala účinnosť tienenia.

Z výsledkov merania elektrostatického náboja vyplýva prítomnosť náboja na neuzemnených tieniacich náteroch. V prípade, že tieniaci náter bol uzemnený, veľkosť elektrostatického náboja bola nulová. Z toho je možné predpokladať dôvod, prečo výrobcovia odporúčajú z bezpečnostného hľadiska tieniace nátery uzemňovať.

Nakoľko zvyšovanie koncentrácie laboratórneho prášku v náteroch spôsobilo zlepšenie účinnosti tienenia elektromagnetického poľa, je možné predpokladať, že prášok tieni elektromagnetické pole. Avšak spôsob aplikácie prášku bol pravdepodobne nevhodný. Pre ďalšie smerovanie výskumu by bolo vhodné, ak by vmiešavanie prášku v nátery bolo intenzívnejšie a časovo dlhodobejšie, aby náter sa mohol lepšie zhomogenizovať. Alebo nájsť iný spôsob, akým daný prášok zakomponovať do nejakého materiálu, kde by dosahoval vyhovujúcu účinnosť tienenia.

POĎAKOVANIE

Táto práca vznikla vďaka podpore projektu FEI-2017-42: Výskum vplyvu kombinácie tieniacich a stavebných materiálov na rozloženie elektromagnetického poľa.

Táto práca vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Ochrana obyvateľstva SR pre účinkami elektromagnetických polí, s kódom ITMS: 26220220145, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



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

LITERATÚRA

- [1] T.G. Marshall, T.J.R. Heil, „Electrosmog and autoimmune disease“ [online]. [cit. 2018-05-08], Immunol Res(2017) 65:129-135. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1007/s12026-016-8825-7>
- [2] Health protection agency: Static magnetic fields: Report of the independent advisory group on Non-ionising radiation. Centre for radiation, Chemical and Environmental Hazards, Oxfordshire 2008. 143s. ISBN 978-0-85951-616-7
- [3] I. Kenar, et. al., „Electromagnetic Pollution Awareness Scale,“ IntJ Edu Sci 2013, 5(3): 173-177(2013). Dumlupinar University Kutahya.K. Elissa, „Názov príspevku, ak je známy,“ nepublikované.
- [4] A. Tirpák, „Elektromagnetizmus,“ IRIS Bratislava, 2012. 716s. ISBN 978-80-89256-92-1
- [5] M. Pavlík, „Výskum prestupu, odrazu a pohltivosti elektromagnetických vln vo vrstevných materiáloch,“ Dizertačná práca, TUKE Košice 2014.
- [6] M. Pavlík, et. al., „Meranie účinnosti tienenia MDF dosky v závislosti na vlhkosti v oblasti od 1GHz do 10GHz“ [online]. [cit. 2018-05-08]. Elektroenergetika, Vol. 7, No.1. 2014. TUKE, Košice. Dostupné na internete: < <http://jeen.fei.tuke.sk/index.php/jeen/article/view/315> >
- [7] IEEE 299-2006 Standard, Method for Measuring the Effectiveness of Electromagnetic Shielding Enclosures, EMC Society, New York 2006, p.39
- [8] D. Medved', O. Hirka, Investigation of Electromagnetic Fields in Residential Areas. In: Acta Electrotechnica et Informatica. Roč. 17, č.3 (2017), s. 48-52. - ISSN 1335-8243
- [9] D. Medved', Modeling and Measuring of Electromagnetic Field around the 22 kV Overhead Lines. In: Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. Vol. 4, No. 6A (2016), s. 64-69. - ISSN 1338-9432.
- [10] F. Paulis, et. al., „Design of Homogeneous and Composite Materials From Shielding Effectiveness Specification,“ IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol.56, No.2, 2014, s.343-351, ISSN: 0018-9375
- [11] M. Cwienecze, „Pracoviště pro testy elektrostatickým výbojem“, Bakalárska práca. Západočeská Univerzita v Plzni. 2015. 45s.

ADRESY AUTOROV

Iraida Kolcunová, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, iraida.kolcunova@tuke.sk

Ján Zbojovský, Technická Univerzita Košice, elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, jan.zbojovsky@tuke.sk

František Ziolkovský, Technická Univerzita Košice, elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, frantisek.ziolkovsky@student.tuke.sk