



KOPIJAVIMO APARATŲ ELEKTROMAGNETINIŲ LAUKŲ TYRIMAI IR ĮVERTINIMAS

Pranas Baltrėnas¹, Raimondas Buckus²

^{1,2}Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Aplinkos apsaugos katedra,

Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva

El. paštas ¹pbalt@ap.vgtu.lt; ²raimisbc@gmail.com

Įteikta 2009 02 12; priimta 2009 03 27

Santrauka. Dirbant biuro vaizdo ir garso technikai susidaro elektromagnetiniai laukai. Daugelis darbuotojų, ilgai dirbančių kompiuteriais, kopijavimo aparatais arba daug laiko praleidžiančių prie televizoriaus, skundžiasi galvos skausmais ar kitais negalavimais. Tai jau tapo didele problema, nes elektromagnetiniai laukai yra nematomi ir neįvertinti, tad darbuotojas nežino, kaip nuo jų apsisaugoti. Elektromagnetinių laukų stipriams išmatuoti ir įvertinti pasirinkta kopijavimo paslaugas atliekanti įmonė „Baltijos kopija“. Buvo išmatuoti ir įvertinti šių kopijavimo aparatų elektromagnetiniai laukai: *Rock hooper // mutton, Vario Print 2110, Color Laner Jet 8550N, Ricoh Aficio 1060, Docular 2060, Colorgrafx ×2, Oce 9400, Oce 9400 II*. Palyginimui įvairių kopijavimo aparatuose susidarantių elektromagnetinių laukų rezultatai pateikiami grafikais.

Reikšminiai žodžiai: elektrinis laukas, magnetinis laukas, elektromagnetinė spinduliuotė, žemasis ir aukštasis dažniai.

1. Įžanga

Elektromagnetinė spinduliuotė, triukšmas bei kita fizinė tarša supa mus nuo gimimo ir apima visas žmogaus gyvenimo sritis (Baltrėnas ir kt. 2007). Darbo vietose ir namų aplinkoje naudojamų elektrinių prietaisų bei įrenginių – kompiuterių, kopijavimo aparatų, televizorių ir kitos būtinos technikos dažnio komponentės yra 5–400 kHz diapazono, todėl aplink save šie prietaisai sukuria elektromagnetinį lauką (Baltrėnas, Buckus 2008). Elektromagnetinės spinduliuotės šaltiniai naudojami įvairiose mokslo ir technikos srityse: fizikoje, medicinoje, biologijoje, informatikoje, buitinėje elektronikoje (Valuntaitė, Girgždienė 2007).

Elektromagnetinis laukas, kaip ir triukšmas, yra ypatinga materijos forma (Vaišis, Januševičius 2008). Elektromagnetinio lauko šaltinis – ne tik elektros krūvis, bet ir kintamasis magnetinis laukas (Grigas 2007). Juo greičiau kinta magnetinė indukcija, tuo stipresnis atsiradęs laukas (Adair *et al.* 1997). Elektriniai ir magnetiniai laukai egzistuoja priklausydami vienas nuo kito. Elektrinis laukas be magnetinio arba magnetinis be elektrinio gali egzistuoti tik tam tikros atskaitos sistemos atžvilgiu. Teiginys, kad erdvės taške yra tik elektrinis arba tik magnetinis laukas, neturi prasmės, jei nenurodoma, kurios atskaitos sistemos atžvilgiu tie laukai nagrinėjami. Kintamojo elektrinio lauko ir nenutrūkstamai su juo susijusio kintamojo magnetinio lauko visuma yra vadinama elektromagnetiniu lauku (Kanapeckas 2007). Atsiskykę nuo pradinio šaltinio vienas su kitu susiję kintamieji elektriniai ir magnetiniai laukai sudaro erdvėje sklindančias elektromagnetines bangas. Elektromagnetinėje bangoje svyruoja elektrinio ir magnetinio laukų stipriai. Elektro-

magnetinės bangos atsiranda judant su pagreičiu elektros krūviams (Becker and Marino 2001).

Ektromagnetinė sąveika sklinda baigtiniu greičiu. Krūvio poslinkis sukelia elektromagnetinio lauko impulsą, kuris sklįdamas apima vis didesnes erdvės sritis, pakeliui keisdamas lauką, egzistavusį prieš pasislenkant krūviui (Electro-Magnetic ... 2008). Impulsas pasiekia kitą krūvį, ir tą krūvį veikianti jėga pakinta. Beje, jėga pakinta ne vienu metu su pirmojo krūvio poslinkiu. Krūvį supančioje erdvėje atsiranda periodiškai kintančių vienas kitam statmenų elektrinio ir magnetinio laukų sistema. Susidaro elektromagnetinė banga, kuri sklinda visomis kryptimis nuo virpančio krūvio. Visuose erdvės taškuose elektrinis ir magnetinis laukas laikui bėgant periodiškai kinta (Jukonis 2007).

Daugėjant nejonizuojančio elektromagnetinio spinduliavimo šaltinių, buvo pradėta tyrinėti biologinis elektromagnetinių nejonizuojančių laukų (EML) poveikis žmogaus organizmui (Siauve *et al.* 2003). Pirmą kartą ši problema kelta 1943 m. L. E. Daily ir plačiau tiriama nuo 1960 m. Dėl spartaus EML nejonizuojančių šaltinių daugėjimo ir intensyvumo didėjimo, EML šaltinių poveikis tapo reikšmingas ne tik laboratorijų ar gamyklų darbuotojams, bet ir visiems gyventojams (Bossavit 2003).

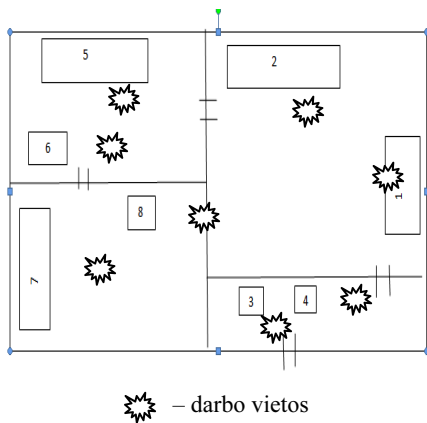
Nustatyta, kad elektromagnetinio lauko energija daro įtaką žmogaus psichinei ir fiziologinei būklei ir skirtingai veikia organus (Barnes, Greenbaum 2006). Elektromagnetinio lauko įtaka priklauso nuo dažnio, lauko stiprumo ir jo poveikio trukmės. Laikoma, kad silpno intensyvumo elektromagnetiniai laukai stimuliuoja centrinę nervų sistemą, o stipraus intensyvumo – slopina (Polk, Rostow 1999). Elektromagnetinis laukas gali pažeisti akis, sukelti neurasteniją, galvos skausmus, nerimą,

impotencija, leukemija, smegenų auglius, reprodukcinės sistemos, širdies kraujagyslių ir imuninės sistemos bei kvėpavimo organų ūminius ar lėtinius funkcinis pakitimus (Ahlborn *et al.* 2001). Nuo elektromagnetinės spinduliuotės beveik nėra apsaugos, nes jos nematome ir nejaučiame taip, kaip karščio ar šalčio (Becker, Marino 2001).

Veikiant elektromagnetinei spinduliuotei kūno elektringosios dalelės – elektronai, jonai ir molekulės – pasilenka ar pasisuka viena kitos atžvilgiu, t. y. poliarizuojasi ir sukuria elektros sroves (Inan 2000). Elektringosios dalelės sudaro kiekvieną mūsų ląstelę, o ši veikia kaip sudėtinga gamykla, kurioje tos dalelės nuolat juda pagal griežtą tvarką. Dėl sukeltų srovių ir poliarizacijos ląstelių dalelės verčiamos judėti pagal elektrinių laukų dažnį ir kryptį. Taip dėl poliarizacijos elektriniai laukai sutrikdo mūsų organizmą, raumenis, smegenis, širdį ir kitus organus sudarančių ląstelių veiklą (EMF ... 2007). Poliarizacija sutrikdo mikropasaulio dalelių normalią veiklą: dalelės, užuot vykdžiusios savo funkcijas, priverčiamos judėti elektromagnetinio lauko kryptimi ir dažniu (Mercola 2007).

2. Tyrimo metodika

Elektromagnetinių laukų tyrimai buvo atlikti kopijavimo paslaugas atliekančioje įmonėje „Baltijos kopija“, darbo vietose, kur visą darbo dieną ar jos dalį praleidžia darbuotojas. Buvo išmatuoti šių kopijavimo aparatų elektromagnetiniai laukai (1 pav.): *Rock hooper // mutton* (1), *Vario Print 2110* (2), *Color Laner Jet 8550N* (3), *Ricoh Aficio 1060* (4), *Docular 2060* (5), *Colorgrafx ×2* (6), *Oce 9400* (7), *Oce 9400 II* (8).



1 pav. Kopijavimo aparatų išdėstymo schema
Fig. 1. Arrangement scheme of duplicators

Elektromagnetinių laukų stipris skirtingose patalpų vietose priklauso nuo kopijavimo aparatų charakteristikų. O tai labai svarbu žinoti dirbantiems tose vietose.

Elektromagnetinio lauko stiprio lygiai įvertinami matavimo rezultatus palyginant su leidžiamosiomis elektromagnetinio stiprio lygio vertėmis, nurodytomis TCO 99 standarte. Kopijavimo aparatų elektromagnetinio lauko stiprio lygis, kaip nustatyta TCO 99 (*Total Cost of*

Ownership 99), 5 Hz – 2 kHz dažnio diapazono neturi būti didesnis kaip 10 V/m, o magnetinis laukas – kaip 200 nT; 2–400 kHz dažnio diapazono elektrinis laukas neturi būti didesnis kaip 1 V/m, o magnetinis laukas – kaip 25 nT.

Matavimams atlikti naudojamas *ESM-100* elektrinio ir magnetinio lauko matuoklis. *ESM-100* matuoja nepriklausomai nuo antenos krypties – izotropiniu būdu. Tai svarbu norint dirbti be klaidų, todėl, kad elektriniai ir magnetiniai laukai sklinda skirtingomis kryptimis, ir jų reikšmės gali nuolat svyruoti. Matavimai buvo atlikti dviejų griežtai atskirtų dažnio diapazonų – 5 Hz – 2 kHz ir 2–400 kHz, 50 cm atstumu nuo kopijavimo aparato paviršiaus. Atlikus pirmąjį matavimą, prietaisas pasukamas apie kopijavimo aparatą. Matavimo prietaiso rodmenys fiksuojami kas 45°, matuojant kintamąjį elektrinį lauką ir kintamąjį magnetinį lauką. Elektromagnetinio lauko intensyvumo parametrai buvo matuojami nuolatiniuose darbo vietose, darbuotojui stovint prie kopijavimo aparato – apie 0,5 m, apie 1 m ir apie 1,8 m aukščiauose (kelių, dubens ir galvos lygyje). Kiekviename matavimo taške buvo atliekama ne mažiau kaip trys matavimai. Rezultatu laikomas šių matavimų aritmetinis vidurkis.

Kiekvieną kartą matuojant gaunami šiek tiek skirtingi duomenys, tad norint gauti tikslesnius eksperimentinio tyrimo rezultatus įvertinamos atsitiktinės paklaidos. Matuojamojo dydžio verte laikomas matavimo duomenų vidurkis.

Gautojo matavimo rezultato tikslumas vertinamas pagal atsitiktinių paklaidų skaičiavimo teoriją, kurią yra sukūręs Gausas.

Išmatuotų kopijavimo aparatų elektromagnetinių laukų paklaidoms nustatyti skaičiuojami statistiniai parametrai: vidutinė elektrinio ir magnetinio laukų vertė, standartinė paklaida, mediana, standartinis nuokrypis, dispersija, asimetrijos koeficientas, reikšmių sklaidos plotis, minimali ir maksimali vertės.

Matuojamojo dydžio tikrajai vertei artimiausias yra visų matavimo duomenų aritmetinis vidurkis:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1)$$

čia x_i – i -tojo matavimo rezultatas.

Matavimo duomenų aritmetinio vidurkio kvadratinis nuokrypis apskaičiuojamas pagal formulę

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}. \quad (2)$$

Tikroji matuojamo dydžio reikšmė (X) įvertinama taip:

$$X = \bar{x} \pm s \cdot t, \quad (3)$$

čia t – Stjudento koeficientas, dydis priklauso nuo atliktų matavimų skaičiaus ir patikimumo lygio.

Elektromagnetinių laukų tyrimų tikslas – iširti ir išanalizuoti kopijavimo aparatų, esančių darbo vietose, elektromagnetinių laukų stiprį, išskiriant du dažnius – žemąjį ir aukštąjį.

3. Tyrimo rezultatai

Kopijavimo aparatų sukuriamų elektromagnetinių laukų dažnio komponentės 5–400 kHz diapazono. Kopijavimo aparatų įrangos viduje įtampa daug kartų dalijama ir keičiama, nes reikalingi didesni dažniai, kitokios elektros srovės formos – ne tik sinusinė, bet ir pjūklinė, stačiakampių impulsų formos, pavieniai impulsai ir t. t. Įvairių formų srovė, tekėdama laidininkais, sukuria atitinkamus elektromagnetinius laukus, sklindančius už šaltinio ribų. Laukų tarpusavio sąveika lemia sudėtingų formų laukų atsiradimą. Kopijavimo aparatai vartoja daug energijos, todėl spinduliuoja stipresnius elektromagnetinius laukus.

Iš 2 pav. matyti, kad elektrinio lauko stipris 5 Hz – 2 kHz diapazone viršija leistiną 10 V/m normą penkiuose kopijavimo aparatuose: *Color Laner Jet 8550N* – 3,5 V/m, *Ricoh Aficio 1060* – 1 V/m, *Docular 2060* – 0,5 V/m, *Oce 9400* – 2,5 V/m, *Oce 9400 II* – 1 V/m. Tik trijų kopijavimo aparatų elektrinio lauko stipris neviršija leidžiamosios normos: *Rock hooper // mutton* užfiksuotas 5,6 V/m, *Vario Print 2110* – 4,7 V/m, *Colorgrafx ×2* – 3,2 V/m.

Lazeriniai kopijavimo aparatai *Vario Print 2110*, *Color Laner Jet 8550N* ir *Ricoh Aficio 1060* generuoja didesnio stiprio elektrinį lauką. Tai lemia jų veikimo principas, pagrįstas lazerinio įrenginio (lazerio spindulio ir daugiabriaunio veidrodžio) geba suformuoti ant apvalaus būgno elektrostatinį dokumento atvaizdą. Pirmiausiai specialus skustuvas nuvalo būgno paviršių. Paskui paviršius teigiamai jonizuojamas elektriniu išlydžiu. Lazerio spindulys daugiabriauniu veidrodžiu yra skleidžiamas eilutėmis besisukančio būgno paviršiuje. Paviršiniai krūviai invertuojami ir tampa neigiami. Taip gaunamas elektrostatinis spausdinimo atvaizdas. Vaizdas išryškintamas teigiamąjį krūvį turinčiais dažų milteliais. Jie prilimpa neigiamai įelektrintuose būgno paviršiaus taškuose. Paskui dažai perkeliama ant neigiamai įelektrintų popieriaus lapų. Dažai popieriuje užfiksuojami jį kaitinant. Visi šie procesai ir sukuria didesnę elektromagnetinį lauką.

Iš 2 pav. matyti, kad 2–400 kHz diapazono elektrinio lauko stipris viršija leidžiamąją 1 V/m normą tik viename

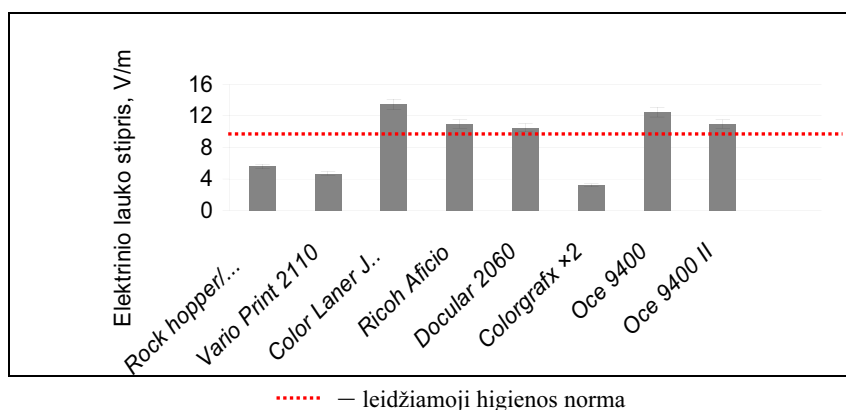
kopijavimo aparate *Color Laner Jet 8550N* – siekia 1,2 V/m. O visų kitų kopijavimo aparatų elektrinis laukas neviršija leidžiamųjų normų: *Rock hooper // mutton* – 0,65 V/m, *Vario Print 2110* – 0,25 V/m, *Ricoh Aficio 1060* – 0,4 V/m, *Docular 2060* – 0,9 V/m, *Colorgrafx ×2* – 0,6 V/m, *Oce 9400* – 0,9 V/m, *Oce 9400 II* – 0,2 V/m.

Bekontaktčių kopijavimo aparatų mechanizmas tiesiogiai nesiliečia su popieriumi, todėl jie neskleidžia didesnio stiprio elektrinio lauko. Rašaliniai kopijavimo aparatai (*Rock hooper // mutton*, *Colorgrafx ×2*) veikia tyliai, nes spausdina taškais purkšdami specialų rašalą ir neliečia popieriaus. Kiekvienos spalvos rašalui purkšti yra keli stulpeliai išdėstyti elektrinio signalo valdomi purkštukai. Purkštukai miniatiūriniai, plika akimi sunkiai išžiūrėti. Kopijavimo aparatams naudojamas skystasis arba plastiškas rašalas. Skystasis rašalas purškiamas tolydžiai arba impulsais.

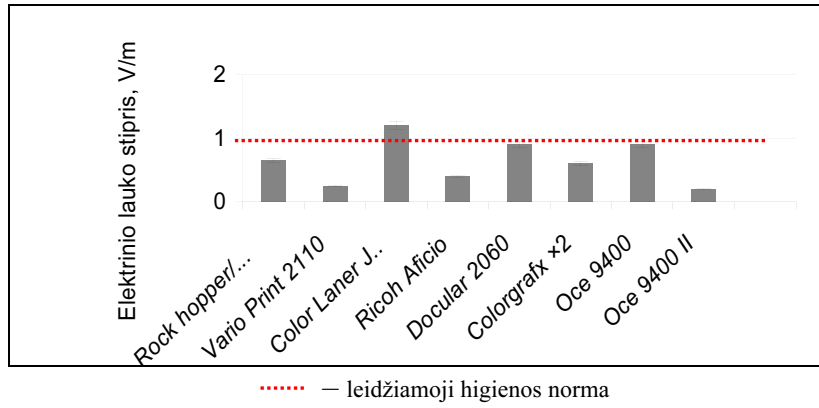
Iš 3 pav. matyti, kad 5 Hz – 2 kHz diapazono magnetinio lauko srauto tankis viršija leidžiamąjį 200 nT normą dviejuose kopijavimo aparatuose: *Docular 2060* – 44 nT, *Vario Print 2110* – 90 nT. O visų kitų kopijavimo aparatų magnetinio lauko srauto tankis neviršija leidžiamosios normos: *Rock hooper // mutton* – 123,8 nT, *Color Laner Jet 8550N* – 161 nT, *Ricoh Aficio 1060* – 78 nT, *Colorgrafx ×2* – 63 nT, *Oce 9400* – 151 nT, *Oce 9400 II* – 38 nT.

Iš 4 pav. matyti, kad 2–400 kHz diapazono magnetinio lauko srauto tankis viršija leidžiamąją 25 nT normą tik viename kopijavimo aparate – *Docular 2060*. Čia jo stipris siekia 27,3 nT. O visų kitų kopijavimo aparatų magnetinio lauko srauto tankis neviršija leidžiamosios normos: *Rock hooper // mutton* – 18,5 nT, *Vario Print 2110* – 17 nT, *Color Laner Jet 8550N* – 15,7 nT, *Ricoh Aficio 1060* – 11 nT, *Colorgrafx ×2* – 15 nT, *Oce 9400* – 16,7 nT, *Oce 9400 II* – 13,3 nT.

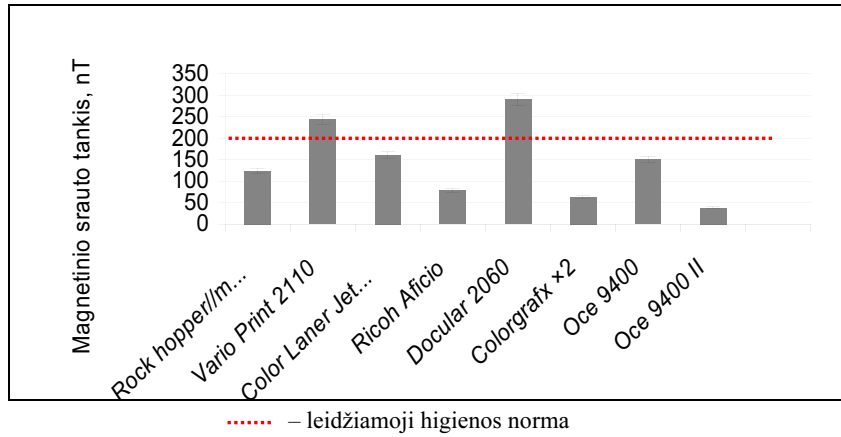
Adatinio kopijavimo aparato *Docular 2060* veikimo principas pagrįstas adatėlių skaičiumi galvutėje. Adatėlės galvutėje yra išdėstytos vertikalios vienu ar keliais stulpeliais. Adatėles valdo elektromagnetai. Jie ir generuoja didesnio stiprio magnetinį lauką. Tarp galvutės ir popieriaus



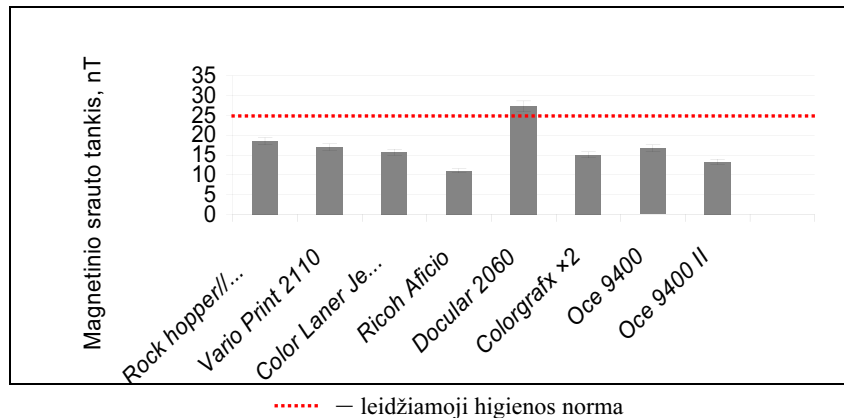
2 pav. 5 Hz – 2 kHz diapazono dažnio elektrinio lauko stiprio (24 matavimų) vidurkis
Fig. 2. Average of electric field strength (24 measurements) in 5 Hz – 2 kHz range



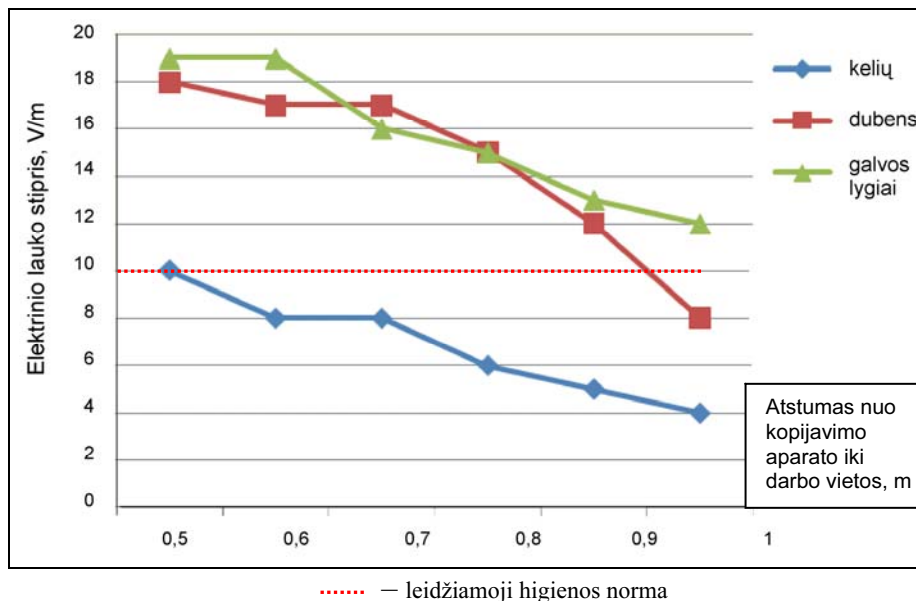
3 pav. 2–400 kHz diapazono dažnio elektrinio lauko stiprio (24 matavimų) vidurkis
 Fig. 3. Average of electric field strength (24 measurements) in 2–400 kHz range



4 pav. 5 Hz – 2 kHz diapazono dažnio magnetinio lauko sruto tankio (24 matavimų) vidurkis
 Fig. 4. Average of magnetic flow density (24 measurements) in 5 Hz – 2 kHz range



5 pav. 2–400 kHz diapazono dažnio magnetinio lauko sruto tankio (24 matavimų) vidurkis
 Fig. 5. Average of magnetic flow density (24 measurements) in 2–400 kHz range



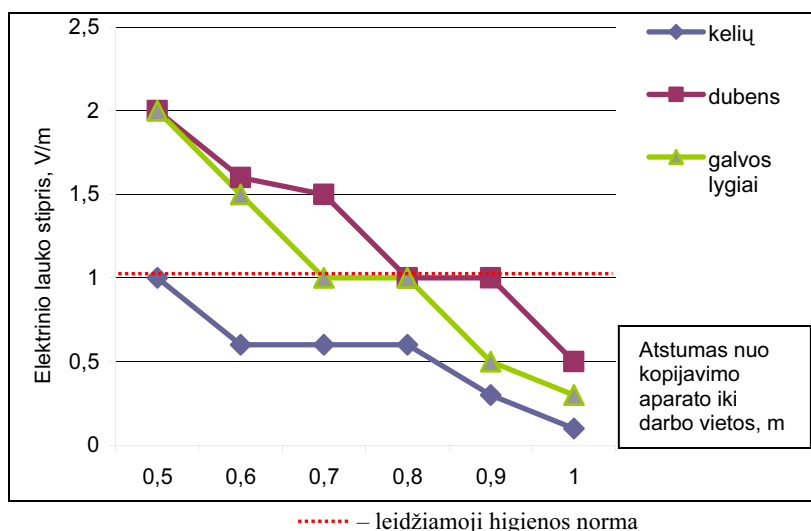
6 pav. 5 Hz – 2 kHz diapazono dažnio elektrinio lauko stiprio (24 matavimų) vidurkis
 Fig. 6. Average of electric field strength (24 measurements) in 5 Hz – 2 kHz range

yra dažais įmirkyta juostelė. Adatėlės smūgis dažus perkelia ant popieriaus. Vaizdas susidaro iš taškų. Vaizdo kokybė priklauso nuo taškų tankio. Tekstas spausdinamas dviem režimais – juodraščio ir švarraščio. Dažniausiai adatinis kopijavimo aparatas turi atmintį, kokius veiksmus turi atlikti adata, kad suformuotų vieną ar kitą simbolį. Kontaktinių kopijavimo aparatų trūkumai – lėtas spausdinimas, triukšmas, žema spausdinimo kokybė, didesni elektromagnetinių laukų stipriai.

Elektrinio lauko ir magnetinio lauko srautų tankis kinta kelių, dubens, galvos lygyje ir 0,5–1 m atstumu nuo kopijavimo aparato iki darbo vietos. Tyrimams pasirinktas stipriausius elektromagnetinius laukus generuojantis Docular 2060 kopijavimo aparatas. Įsitikinta, kad elektromagnetinių laukų stipris kinta skirtinguose aukščiuose ir

skirtingais atstumais nuo kopijavimo aparato. Kelių lygyje sklaidžiami elektromagnetiniai laukai yra silpniausi, o dubens ir galvos lygyje – žymiai stipresni. Iš pateiktų grafikų matyti, kad kuo didesnis atstumas, tuo mažesnis yra elektrinio lauko stipris ir magnetinio lauko srauto tankis.

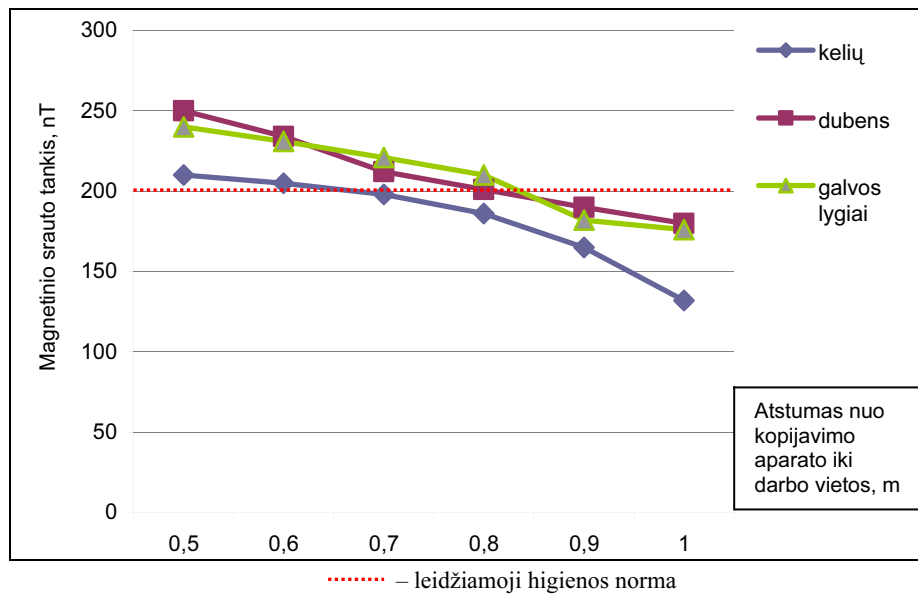
Iš 6 pav. matyti, kad 5 Hz – 2 kHz diapazono dažnio elektrinio lauko stipris mažiausias yra kelių lygyje. 1 m atstumu nuo kopijavimo aparato – sumažėja net 2,5 karto: 0,5 m atstumu siekia 10 V/m, o 1 m atstumu sumažėja iki 4 V/m. Dubens lygyje elektrinis laukas mažesnis 2,2 karto: nuo 18 V/m iki 8 V/m. Galvos lygyje – 1,6 karto: nuo 19 V/m iki 12 V/m. 0,8 m atstumas nuo Docular 2060 kopijavimo aparato darbuotojui yra saugiausias, nes 5 Hz – 2 kHz diapazono dažnio elektrinio lauko stipris kelių, dubens ir galvos lygiuose neviršija leidžiamosios ribos.



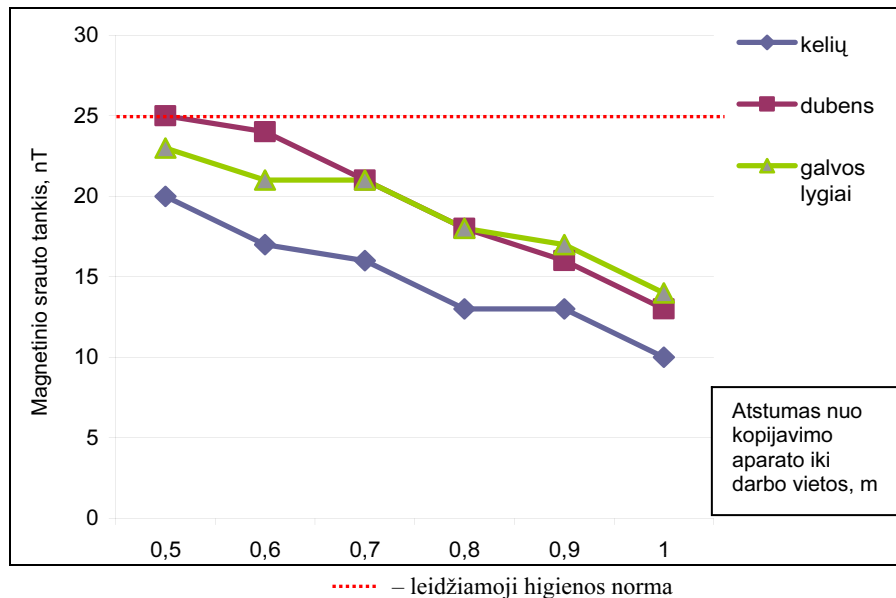
7 pav. 2–400 kHz diapazono dažnio elektrinio lauko stiprio (24 matavimų) vidurkis
 Fig. 7. Average of electric field strength (24 measurements) in 2–400 Hz range

Iš 7 pav. matyti, kad 2–400 kHz diapazono dažnio elektrinio lauko stipris mažiausias yra kelių lygyje. 1 m atstumu nuo kopijavimo aparato jis sumažėja net 10 kartų: 0,5 m atstumu stipris siekia 1 V/m, o 1 m atstumu sumažėja iki 0,1 V/m. Dubens lygyje elektrinis laukas sumažėja 4 kartus – nuo 2 V/m iki 0,5 V/m. Galvos lygyje elektrinis laukas sumažėja 6,7 karto – nuo 2 V/m iki 0,3 V/m. 0,8 m atstumas nuo *Docular 2060* kopijavimo aparato darbuotojui yra saugiausias, nes 2–400 kHz diapazono dažnio elektrinio lauko stipris kelių, dubens ir galvos lygiuose neviršija leidžiamosios ribos.

Iš 8 pav. matyti, kad 5 Hz – 2 kHz diapazono dažnio magnetinio lauko srauto tankis mažiausias kelių lygyje. 1 m atstumu nuo kopijavimo aparato jis sumažėja net 1,6 karto: 0,5 m atstumu srauto tankis siekia 210 nT, o 1 m atstumu sumažėja iki 132 nT. Dubens lygyje magnetinio lauko srauto tankis sumažėja 1,4 karto – nuo 250 nT iki 180 nT. Galvos lygyje magnetinio lauko srauto tankis sumažėja 1,4 karto – nuo 240 nT iki 176 nT. 0,9 m atstumas nuo *Docular 2060* kopijavimo aparato darbuotojui yra saugiausias, nes 2–400 kHz diapazono dažnio magnetinio lauko srauto tankis kelių, dubens ir galvos lygiuose neviršija leidžiamosios ribos.



8 pav. 5 Hz – 2 kHz diapazono dažnio magnetinio srauto tankio (24 matavimų) vidurkis
 Fig. 8. Average of magnetic flow density (24 measurements) in 5 Hz – 2 kHz range



9 pav. 2–400 kHz diapazono dažnio magnetinio srauto tankio (24 matavimų) vidurkis
 Fig. 9. Average of magnetic flow density (24 measurements) in 2–400 kHz range

Iš 9 pav. matyti, kad 2–400 kHz diapazono dažnio magnetinio lauko srauto tankis mažiausias yra kelių lygyje. 1 m atstumu nuo kopijavimo aparato jis sumažėja net perpus: 0,5 m atstumu siekia 20 nT, o 1 m atstumu sumažėja iki 10 nT. Dubens lygyje magnetinio lauko srauto tankis sumažėja 1,9 karto – nuo 25 nT iki 13 nT. Galvos lygyje magnetinio lauko srauto tankis sumažėja 1,6 karto – nuo 23 nT iki 14 nT.

0,6 m atstumas nuo *Docular* 2060 kopijavimo aparato darbuotojui yra saugiausias, nes 2–400 kHz diapazono dažnio magnetinio lauko srauto tankis kelių, dubens ir galvos lygiuose neviršija leidžiamosios ribos.

Sumažinti žemojo dažnio elektromagnetinę spinduliuotę iki saugaus lygio darbo vietoje galima tokiais priemonėmis: tinkamai parinkus patalpą ir tinkamai suprojektavus darbo vietos išdėstymą joje; efektyviai įrengus įžeminimo sistemą; tikslingai suprojektavus ir tvarkingai techniškai realizavus elektros maitinimo sistemą; prie kopijavimo aparatų įrengus ekranavimo sistemas.

4. Išvados

1. Kopijavimo aparatų 5 Hz – 2 kHz diapazono elektrinio lauko stipris viršijamas penkiuose kopijavimo aparatuose: *Color Laner Jet* 8550N – 3,5 V/m, *Ricoh Aficio* 1060 – 1 V/m, *Docular* 2060 – 0,5 V/m, *Oce* 9400 – 2,5 V/m, *Oce* 9400 II – 1 V/m.

2. Kopijavimo aparatai negeneruoja 2–400 kHz diapazono stipraus elektrinio lauko. Leidžiamoji riba viršijama 0,2 V/m *Color Laner Jet* 8550N aparate.

3. Lazerinio ir adatinio kopijavimo aparatų 5 Hz – 2 kHz diapazono magnetinio srauto tankis viršija leidžiamą 200 nT ribą: *Docular* 2060 – 44 nT, *Vario Print* 2110 – 90 nT, kiti kopijavimo aparatai neviršija leidžiamųjų magnetinio srauto tankio verčių.

4. 2–400 kHz diapazono magnetinio srauto tankis viršijamas 7,3 nT *Docular* 2060 aparate, kiti kopijavimo aparatai neviršija leidžiamųjų magnetinio srauto tankio verčių.

5. 5 Hz – 2 kHz diapazono dažnio elektrinio lauko stipris mažiausias kelių – 7 V/m, didžiausias galvos lygyje – 15 V/m, o 2–400 kHz diapazono dažnio mažiausias kelių – 0,5 V/m, didžiausias dubens lygyje – 1,3 V/m.

6. 5–2 kHz diapazono dažnio magnetinio srauto tankis mažiausias kelių – 182 nT, didžiausias dubens lygyje – 211 nT, o 2–400 kHz diapazono dažnio mažiausias kelių – 15 nT, didžiausias dubens lygyje – 19,5 nT.

Literatūra

Adair, E. R.; Ashley, R.; Chou, C. K. 1997. Biological and health effects of electric and magnetic fields from video display terminals, *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine* 16(3): 34–41.

Ahlborn, A.; Cardis, E.; Green, A. 2001. Review of epidemiologic literature on EMF and health, *Environmental Health Perspectives* 109(14): 911–933.

Baltrėnas, P.; Fröhner, K.; Puzinas, D. 2007. Jūrų uosto įrenginių triukšmo sklaidos įmonės ir gyvenamojoje teritorijoje tyrimai, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 15(2): 85–92.

Baltrėnas, P.; Buckus, R. 2008. Biuro ir vaizdo įrangos elektromagnetinių laukų tyrimai ir įvertinimai [Electromagnetic fields research and evaluation of bureau and video equipment], iš *Aplinkos apsaugos inžinerija; 11-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“, įvykusios Vilniuje 2008 m. balandžio 3 d., pranešimų medžiaga* [Environmental Protection Engineering: 11th Conference of Junior Researchers – the Future of Lithuania]. Vilnius: Technika, 75–81.

Barnes, F. S.; Greebaum, B. 2006. Biological and Medical Aspects of Electromagnetic Fields, *CRC Magazine* 12(3): 45–53.

Becker, R.; Marino, A. 2001. Electromagnetism and life, *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine* 18(6): 15–22.

Bossavit, A. 2003. A theoretical approach of the question of biological effects of low-frequency fields, *IEEE Magnetics* 29(2): 1399–1402.

Electro-Magnetic Pollution and Health in the Workplace [interaktyvus]. 2008 [Žiūrėta 2007 m. gruodžio 12]. Prieiga per internetą: <<http://www.powerdome.ie/research/The%20Facts/EM%20in%20the%20Workplace.htm>>.

EMF Exposure Standards & Guidelines [interaktyvus]. 2007 [Žiūrėta 2008 m. gruodžio 18]. Prieiga per internetą: <<http://www.lessemf.com/standard.html>>.

Grigas, J. 2007. Kaip žmogų veikia elektromagnetiniai laukai, *Šiaurės Atėnai* 850: 12–18.

Inan, U. S. 2000. Electromagnetic waves, *IEEE Magnetics* 31(4): 534–541.

Mercola, J. 2008. Are EMFs Hazardous to Our Health? [interaktyvus] [Žiūrėta 2008 m. gruodžio 10]. Prieiga per internetą: <http://www.mercola.com/article/emf/emf_dangers.htm>.

Jukonis, J. 2007. Viskas apie elektromagnetines bangas ir jų poveikius [interaktyvus] [Žiūrėta 2008 m. gruodžio 11]. Prieiga per internetą: <http://www.biotronika.lt/straipsniai/elektromagnetines_bangos_ir_ju_poveikiai.php>.

Kanapeckas, P. 2007. Electromagnetic radiation at computerized workplaces, *Information Technology and Control* 4(1): 18–25.

Polk, C.; Rostow, E. 1999. Handbook of biological effects of electromagnetic fields, *CRS Press* 13(4): 139–142.

Siauve, N.; Scorretti, R.; Burais, N. 2003. Electro-magnetic fields and human body: a new challenge for the electromagnetic field computation, *Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering* 22(3): 457–469.

Valuntaitė, V.; Girgždienė, R. 2007. Investigation of ozone emission and dispersion from photocopying machines, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 15(2): 61–67.

Vaišis, V.; Januševičius, T. 2008. Investigation and evaluation of noise level in the Northern part of Klaipėda city, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 16(2): 89–96.

INVESTIGATION AND ASSESSMENT OF ELECTROMAGNETIC FIELDS OF DUPLICATORS

P. Baltrėnas, R. Buckus

Abstract

Electromagnetic fields are produced when some office, visual or sound devices are working. People, who are working long hours with computers, duplicators or watching TV, always complain of a headache or other troubles. This is a very big problem because electromagnetic fields are invisible and intangible, so people don't know how to protect themselves from electromagnetic fields. The level of electromagnetic fields was evaluated in a duplicator company "Baltijos kopija". The following duplicators were measured and assessed: Rock hooper // mutton, Vario Print 2110, Color Laner Jet 8550N, Ricoh Aficio 1060, Docular 2060, Colorgrafx ×2, Oce 9400, Oce 9400 II. The investigation results are presented in diagrams.

Keywords: electric field, magnetic field, electromagnetic radiation, low and high frequency.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, ИЗЛУЧАЕМЫХ КОПИРОВАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

П. Балтренас, Р. Буцкус

Резюме

Электромагнитные поля излучает видео-, аудиотехника и другая офисная аппаратура. Работающие долгое время на компьютере, копировальных аппаратах или проводящие время у телевизоров люди часто жалуются на головные боли или заболевания. Это стало серьезной проблемой, так как электромагнитные поля невидимы и незаметны для человека. По этой причине работники не знают, как защитить себя от их воздействия. Измерения и оценка электромагнитных полей проводились в компании „Baltijos kopija“. Для измерения и оценки электромагнитных полей были выбраны следующие марки копировальных аппаратов: Rock hooper // mutton, Vario Print 2110, Color Laner Jet 8550N, Ricoh Aficio 1060, Docular 2060, Colorgrafx ×2, Oce 9400, Oce 9400 II. Для сравнения результаты измерений электромагнитных полей представлены в виде графиков.

Ключевые слова: электрическое поле, магнитное поле, электромагнитное излучение, низкие и высокие частоты.

Pranas BALTRĖNAS. Dr Habil, Prof and head of Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

Doctor Habil of Science (air pollution), Leningrad Civil Engineering Institute (Russia), 1989. Doctor of Science (air pollution) Ivanov Textile Institute (Russia), 1975. Employment: Professor (1990), Associate Professor (1985), senior lecturer (1975), Vilnius Civil Engineering Institute (VISI, now VGTU). Publications: author of 13 monographs, 24 study-guides, over 320 research papers and 67 inventions. Honorary awards and membership: prize-winner of the Republic of Lithuania (1994), corresponding member of the Ukrainian Academy of Technological Cybernetics, full member of International Academy of Ecological and Life Protection Sciences. Probation in Germany and Finland. Research interests: air pollution, pollutant properties, pollution control equipment and methods.

Raimondas BUCKUS. Master student (environmental protection engineering), Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

Bachelor of Science (applied ecology), ŠU, 2007. Publications: author of 1 research paper. Research interests: electromagnetic fields.