

Mjerenje magnetske komponente “elektrosmoga”

Maja Planinić, Zagreb

Svakodnevno smo okruženi raznim električnim uređajima, ali i njihovim elektromagnetskim poljima. S porastom broja električnih aparata koje prosječno koristimo, kao i vremena njihova korištenja, javila se pomisao da njihova polja mogu loše utjecati na ljudsko zdravlje. Tako je nastao pojam “elektrosmog”, koji aludira na novu vrstu sveprisutnog onečišćenja okoliša — ovog puta elektromagnetskim poljima — te budi nove strahove u ljudima. Nije stoga naodmet pokušati procijeniti mjerenjem o kolikoj se opasnosti doista radi. Počnimo s magnetskim poljima.

Djelovanje magnetskih polja na čovjeka

Ako želimo razmatrati fiziološko djelovanje elektrosmoga, moramo prvo polja razvrstati u neke skupine. Razlikujemo vremenski nepromjenjiva, stacionarna električna i magnetska polja, od vremenski promjenjivih polja. Kako promjenjivo električno polje uvijek stvara i promjenjivo magnetsko polje, kao i obratno, logično je bilo da se promjenjiva polja nazovu elektromagnetskim. Kod njih postoji još jedna podjela, i to na niskofrekventna (do 30 kHz) i visokofrekventna (iznad 30 kHz).

Osnovno stacionarno magnetsko polje koje susrećemo u svakodnevnom životu je magnetsko polje Zemlje. Ono iznosi 30 – 60 μT , ovisno o zemljopisnom položaju. (To je zapravo gustoća magnetskog toka B , koja je s jakošću polja H povezana relacijom $B = \mu H$. Svugdje gdje se u daljnjem tekstu govori o magnetskom polju, misli se na gustoću magnetskog toka B .) Tu su još polja koja nastaju oko vodiča kojima teče jaka istosmjerna struja, dok trajni magneti koje nalazimo u svakodnevnoj uporabi imaju zanemarivo mala polja. Kako magnetsko polje djeluje na nas? U našoj krvi postoje ioni — električki nabijene čestice — na koje u magnetskom polju djeluje Lorentzova sila, te ih skreće s njihovih predviđenih puteva. To dovodi do nastanka tjelesnih struja, koje mogu imati fiziološke učinke u obliku glavobolja, vrtoglavice i sl., a kod polja jačih od 2 T mogu dovesti i do gubitka svijesti.

Niskofrekventna elektromagnetska polja povezana su uglavnom s opskrbom električnom energijom, te pripadnom mrežom dalekovoda i električnih instalacija. Naša električna mreža ima frekvenciju 50 Hz. Gdje god postoje vodiči kojima teče izmjenična struja, postojat će i njihovo elektromagnetsko polje. Tako će sva uobičajena trošila biti ujedno izvori takvih polja.

Svako elektromagnetsko polje ima svoju električnu i magnetsku komponentu, a njihovo ćemo djelovanje razmatrati odvojeno. U promjenjivom magnetskom polju dolazi do induciranja vrtložnih struja u tijelu, zbog promjene magnetskog toka. Prekorači li ta struja određenu granicu, može doći do neželjenih učinaka na zdravlje. Kao granica se uzima jakost struja koje prirodno teku tijelom. Ako vanjsko polje inducira do 2 mA/m^2 , što pri 50 Hz odgovara učinku magnetskog polja od 100 μT , smatra se da ono ne predstavlja opasnost za zdravlje.

Visokofrekventna elektromagnetska polja javljaju se kod uređaja koji primaju ili emitiraju visokofrekventne elektromagnetske valove, kao što su radio, televizor, pokretni telefoni, radar i mikrovalna pećnica. Njihovo djelovanje na ljude osim induciranja struja uključuje i ritmičko preorijentiranje molekularnih dipola (tipičan primjer molekularnog

dipola je voda), njihovu rotaciju, te pojavu polarizacije na staničnom nivou, što sve vodi zagrijavanju ozračenog tkiva. Ispitivanja pokazuju da povišenje temperature do iznosa od otprilike 1°C može biti bez problema svladano prirodnim tjelesnim mehanizmima regulacije temperature. Kako efekti ovise o frekvenciji, dozvoljene granice polja se postavljaju u ovisnosti o frekvenciji.

Mjerenje magnetske komponente promjenljivog elektromagnetskog polja

Da bismo demonstrirali postojanje elektrosmoga možemo izvesti neka jednostavna mjerenja. Ta se mjerenja odnose na niskofrekventna elektromagnetska polja, i to frekvencije od 50 Hz. Posebno ćemo mjeriti električnu, a posebno magnetsku komponentu polja.

Za mjerenje magnetske komponente polja poslužit će nam jednostavan uređaj, koji se sastoji od zavojnice i osjetljivog voltmetra. Stavimo li zavojnicu u promjenljivo magnetsko polje u njoj će se, zbog promjene magnetskog toka, inducirati napon, kojeg mjerimo voltmetrom. Možemo pokazati da je taj napon U_i proporcionalan gustoći magnetskog toka B . Za zavojnicu s N zavoja i površinom presjeka A , postavljenom tako da joj je os paralelna sa silnicama magnetskog polja (koje se pak sinusoidno mijenja s frekvencijom $\omega = 2\pi f$) imamo:

$$U_i = NA \frac{\Delta B}{\Delta t}, \quad B(t) = B_0 \sin \omega t.$$

Iskoristimo li trigonometrijski izraz za razliku sinusa dvaju kutova, te uzmemo li u obzir da se radi o malim kutovima ($\sin \alpha \approx \alpha$), dobivamo

$$\Delta B = B_0 \omega \cos \omega t, \quad U_{i0} = NA \omega B_0, \quad U_{ef} = NA \omega B_{ef}.$$

Rezultat pokazuje da postoji proporcionalnost između efektivnih vrijednosti inducirano napona i gustoće magnetskog toka. Zato nam inducirani napon može poslužiti kao indikator jakosti polja. Dobro je da zavojnica koju koristimo bude što manjih dimenzija (radi prostornog razlučivanja), a da ima što više zavoja. Voltmetar treba podesiti da mjeri izmjenični napon, s područjem do 200 mV. U ovom mjerenju korišten je digitalni univerzalni instrument Iskra MI 7030, unutrašnjeg otpora $10 \text{ M}\Omega$. Za zavojnicu s 1000 zavoja, efektivnog presjeka $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ i frekvenciju $f = 50 \text{ Hz}$ dobivamo da će se u polju $B_{ef} = 1 \mu\text{T}$ inducirati napon $U_{ef} = 0.6 \text{ mV}$. Dozvoljenoj granici magnetskog polja od $100 \mu\text{T}$ odgovara, dakle, za ovakvu zavojnicu, inducirani napon od 60 mV. Sad možemo izmjeriti magnetska polja raznih uređaja, postavljajući zavojnicu u njihovu blizinu (okrenutu tako da daje najveći napon) i očitavajući inducirani napon. Nakon toga se taj napon preračuna u gustoću magnetskog toka. Evo nekih rezultata mjerenja:

		U_i	B
1)	Ekran osobnog računala		
		($d = 10 \text{ cm}$)	1400 mV
		($d = 35 \text{ cm}$)	2334 μT
			92 μT
2)	Školski transformator	(na kućištu)	175 mV
	220 V/2 – 24 V	($d = 10 \text{ cm}$)	292 μT
			20 mV
			33 μT
3)	Sušilo za kosu	(na kućištu)	130 mV
		($d = 10 \text{ cm}$)	217 μT
			10 mV
			17 μT
4)	Mikrovalna pećnica 600 W	($d = 10 \text{ cm}$)	72 mV
			120 μT
5)	Električna ploča štednjaka	($d = 10 \text{ cm}$)	8 mV
			13 μT

Ove vrijednosti izmjerene su u području najjačeg polja i omogućavaju nam da približno procijenimo jakost polja. Udaljenosti su mjerene od uređaja do sredine

zavojnice. Vidljivo je da jakost polja brzo opada s udaljenošću. Granica od $100 \mu\text{T}$ odnosi se na udaljenost od 30 cm (pola duljine ruke) od uređaja, dok se kratkotrajno i u malom prostornom području dozvoljava do $1000 \mu\text{T}$. Svi uređaji daju vrijednost unutar tih granica — odstupa jedino ekran računala, na vrlo malim udaljenostima, no u području, gdje se nalazi korisnik polje je ponovno ispod dozvoljene granice.

O mjerenju električne komponente elektrosмога bit će riječi u sljedećem broju.