

## ИСПИТИВАЊА МАГНЕТСКЕ ИНДУКЦИЈЕ У ЗОНАМА ПОВЕЋАНЕ ОСЕТЉИВОСТИ У БЛИЗИНИ ТС 10/0.4 kV И 20/0.4 kV

Д. Хрвић\*, Електротехнички институт "Никола Тесла", Београд, Србија  
А. Павловић, Електротехнички институт "Никола Тесла", Београд, Србија  
М. Петровић, Електротехнички институт "Никола Тесла", Београд, Србија  
В. Костић, Електротехнички институт "Никола Тесла", Београд, Србија

### УВОД

У раду је дат приказ резултата мерења магнетске индукције ниских учестаности у просторијама које се налазе у близини дистрибутивних трансформаторских станица 10/0.4 kV и 20/0.4 kV смештених у стамбеним и другим зградама. Дат је и осврт на међународну регулативу на подручју заштите становништва од електромагнетских поља, као и на међународну регулативу у складу са којом су извршена мерења. Тумачење добијених резултата извршена су према домаћем Закону о заштити од нејонизујућих зрачења, који је усвојен у мају 2009 и према припадајућим Правилницима који су усвојени у децембру 2009.

Трансформаторске станице (ТС) је потребно третирати као комплексне изворе нејонизујућих зрачења. Иако се ради о јединственом електроенергетском објекту уочава се да је свака ТС сложен скуп извора нејонизујућих зрачења међу којима се издвајају:

- енергетски трансформатори,
- разводна постројења (средњег и ниског напона),
- надземни и кабловски водови и сабирнице (средњег и ниског напона).

Уврежено је схватање да је ТС најопаснији извор нејонизујућих зрачења чији значај расте са напонским нивоом. Резултати мерења магнетске индукције показују да то није тако. Трансформаторске станице 10/0.4 kV и 20/0.4 kV су најнижих напонских нивоа али је неповољна околност, са становишта утицаја на зоне повећане осетљивости, њихова локација. Значајан број ових ТС је смештен у стамбеним, пословним и другим зградама и то у непосредној близини просторија које користи најшира популација, па су растојања од извора магнетског поља до зона повећане осетљивости најчешће мала, реда величине само неколико метара. Осим тога, нивои магнетског поља су у корелацији са струјама оптерећења које су код ових ТС знатне, управо због њиховог ниског напонског нивоа.

### МЕРНА ОПРЕМА

Стандард (1) поставља захтеве које морају да испуне уређаји за мерење магнетске индукције

\*email: [dejan.hrvic@ieent.org](mailto:dejan.hrvic@ieent.org)

ниске фреквенције. Значајан захтев стандарда је да мерне сонде морају обезбедити изотропско мерење (у све три просторне осе истовремено). Уређај EFA-300 којим су извршена мерења задовољава захтеве стандарда (1) и састоји се од детектора и екстерне сонде за изотропско мерење магнетске индукције (сл. 1).



Сл. 1. - Уређај за мерење магнетске индукције

## КРИТЕРИЈУМИ ЗА ПРОЦЕНУ РИЗИКА ПРИ ИЗЛАГАЊУ СТАНОВНИШТВА

Основе за међународну регулативу на подручју заштите људи од електромагнетских поља дала је Међународна комисија за заштиту од нејонизујућих зрачења ICNIRP (независна и непрофитна организација чији су чланови експерти из области медицине, епидемиологије, биологије, дозиметрије, физике, електротехнике и осталих научних области које су у тесној вези са заштитом од нејонизујућих зрачења). Најзначајнији документ који је 1998. године објавио ICNIRP је "Препорука за ограничавање излагања временски променљивим електричним, магнетским и електромагнетским пољима (до 300 GHz)" (4). У њему се дефинишу две категорије изложености људи електромагнетским пољима. То су изложеност опште популације (24 сата/дан) и професионална изложеност (до 8 сати/дан). За сваку од ових категорија посебно се одређују границе излагања (референтни гранични нивои), при чему су за изложеност опште популације препоручене строже границе излагања.

Препоруком Савета Европе из 1999 године (7) границе излагања за општу популацију, које је дефинисао ICNIRP, узимају се као минимални захтев за ограничавање изложености становништва електромагнетским пољима. Земљама чланицама се препоручује да границе излагања у националним законодавствима не смеју бити блаже од граница ICNIRP-а, а допушта се да национална законодавства (у складу с принципом предострожности) пропишу строже границе излагања.

У нашој земљи. је после вишегодишње припреме, у мају 2009., усвојен (у Народној Скупштини Србије) Закон о заштити од нејонизујућих зрачења (8). Овим Законом је коначно започето правно регулисање заштите здравља становништва од утицаја електромагнетских поља. Закон (у чл. 6) предвиђа да референтни гранични нивои буду прописане у посебном правилнику који је и донет у децембру 2009 (9). Овај Правилник за општу популацију и за индустријску фреквенцију 50 Hz, дефинише референтни гранични ниво од:  $40 \mu\text{T}$  (односно 2,5 пута нижу вредност границе излагања).

У Табели 1 дате су границе излагања људи (референтни гранични нивои) временски променљивом магнетском пољу према препорукама наведеним у (4) и (7) и Правилнику (9), и то оне које се односе на општу популацију и за фреквенцију поља 50 Hz.

ТАБЕЛА 1 - Упоредни преглед граница излагања према релевантним документима, за поља фреквенције 50 Hz

Документ:	$B$ [ $\mu T$ ]
Guidelines ICNIRP 98.	100
Препоруке Савета Европе 1999/519/ЕС, 1999.	100
Правилник о границама излагања нејонизујућим зрачењима децембра 2009.	40

Пратећи документ наведеног Закона (8) је и Правилник о изворима нејонизујућих зрачења од посебног интереса, врстама извора, начину и периоду њиховог испитивања (10). Овим Правилником се дефинишу извори нејонизујућих зрачења од посебног интереса као они извори електромагнетног зрачења који могу да буду штетни по здравље људи и чије електромагнетно поље у зони повећане осетљивости достиже најмање 10% износа референтне граничне вредности прописане за ту фреквенцију ( $4 \mu T$  за магнетско поље индустријске фреквенције 50 Hz). Према Правилнику у зоне повећане осетљивости спадају: подручја стамбених зона у којима се особе могу задржавати и 24 сата дневно, школе, домови, предшколске установе, породилишта, болнице, туристички објекти, дења игралишта или парцеле предвиђене за градњу горепомнутих објеката.

## РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА И АНАЛИЗА

Мерења магнетске индукције спроведена су у десет зграда у склопу којих се налазе ТС 10/0.4 kV и 20/0.4 kV (11). Мерења су спроведена у просторијама које се налазе непосредно изнад или непосредно поред трансформаторских станица, (станови, предшколске установе и канцеларије).

У свакој контролисаној просторији извршено је мерење магнетске индукције на великом броју мерних места (такозвана „спот“ мерења) на висини 1 m од пода, са циљем да се пронађе максимална вредност за дату просторију. У табели 2 су дате максималне измерене вредности магнетске индукције  $B_{max}$  за сваку од просторија, као и однос максималне измерене вредности магнетне индукције и граничне вредности излагања из Табеле 1  $B_{max\%}$  (граница излагања  $40 \mu T$  за јавну безбедност према домаћем Правилнику). Пошто су резултати спот мерења магнетског поља у корелацији са тренутним струјама оптерећења извора зрачења, у Табели 2 су дате и тренутне вредности струја оптерећења трансформатора (I) у време мерења (прочитане са амперметара у нисконапонским постројењима ТС), као и максималне забележене вредности ових струја оптерећења  $I_{MAX}$  (прочитане са максиграфа на амперметрима), али само за ТС где су ови подаци били доступни. На основу ових струја и на основу теоријски познате зависности дате су и процене нивоа магнетског поља за максимална струјна оптерећења  $B_{MAX}$  и  $B_{MAX\%}$ .

ТАБЕЛА 2 - Резултати мерења магнетске индукције у просторијама у близини ТС 10/0.4 kV и 20/0.4 kV

просторија:	$B_{max}$ [ $\mu T$ ]	$B_{max\%}$ [%]	I [A]	$I_{MAX}$ [A]	$B_{MAX}$ [ $\mu T$ ]	$B_{MAX\%}$ [%]	напомена
просторија 1	3.63	9.07	-	-	-	-	изнад ТС 10/0.4 kV
просторија 2	3.64	9.10	250	1000	14.56	36.4	изнад ТС 10/0.4 kV
просторија 3	1.94	4.85	200	400	3.88	18.2	поред ТС 10/0.4 kV
просторија 4	2.10	5.25	300	-	-	-	поред ТС 10/0.4 kV
просторија 5	1.48	3.70	370	720	2.88	7.2	поред ТС 10/0.4 kV
просторија 6	0.88	2.20	100	600	5.28	13.2	изнад ТС 20/0.4 kV
просторија 7	5.60	14.0	200	-	-	-	изнад ТС 10/0.4 kV
просторија 8	3.67	9.17	-	-	-	-	изнад ТС 10/0.4 kV
просторија 9	1.55	3.87	100	440	6.82	17.03	изнад ТС 10/0.4 kV
просторија 10	1.62	4.05	138	-	-	-	изнад ТС 10/0.4 kV

На основу резултата мерења датих у Табели 2, може се констатовати да су максимални измерени нивои магнетског поља нижи од референтних (40  $\mu\text{T}$ ), дефинисаних домаћим Правилником (9). Међутим, на основу процењених вредности магнетског поља (на основу могућих струја оптерећења трансформатора), може се закључити да вредности магнетског поља у посматраним просторијама лако могу да пређу границу од 4  $\mu\text{T}$  (10% референтног граничног нивоа), што ТС 10/0.4 kV и 20/0.4 kV у зградама сврстава у изворе нејонизујућих зрачења од посебног интереса.

Истовремено, на основу просторне анализе свих резултата мерења може се констатовати да је утицај разводних постројења средњег и ниског напона значајнији од утицаја самих трансформатора. Утицај разводних постројења ниског напона је доминантнији од утицаја разводних постројења средњег напона захваљујући већим струјама на нижем напонском нивоу. Параметар који највише доприноси нивоима магнетског поља је положај разводног постројења ниског напона и нисконапонских каблова и сабирница у односу на просторије у којима бораве људи.

## ЗАКЉУЧАК

Достигнути ниво научних сазнања у претходних неколико деценија омогућио је израду међународних препорука за заштиту становништва од нејонизујућих зрачења (4) и (7), чија је најважнија заједничка карактеристика да су засноване на тренутним (краткотрајним) биолошким ефектима електромагнетског поља на људски организам.

Препорука Савета Европске Уније (7) је сугерисала потребу усвајања хармонизоване правне регулативе у државама чланицама и кандидатима за придруживање Европској Унији. Усвајањем Закона о заштити од нејонизујућих зрачења (8) и пратећих Правилника (9) и (10), започет је процес правног регулисања заштите од нејонизујућих зрачења у нашој земљи.

За процену утицаја нејонизујућих зрачења на животну средину у околини ТС 10/0.4 kV и 20/0.4 kV су најважнији нивои магнетског поља индустријске учестаности. На основу анализе резултата мерења магнетског поља може се закључити да су максимални измерени нивои магнетског поља нижи од референтних граничних нивоа (40  $\mu\text{T}$ ), дефинисаних домаћим Правилником (9). Међутим, на основу измерених као и процењених вредности магнетског поља (на основу могућих струја оптерећења трансформатора), може се закључити да вредности магнетског поља у посматраним просторијама лако могу да пређу границу од 4  $\mu\text{T}$  (10% референтног граничног нивоа), што ТС 10/0.4 kV и 20/0.4 kV у зградама сврстава у изворе нејонизујућих зрачења од посебног интереса и за које су према домаћем Правилнику (10) предвиђена периодична испитивања.

## ЛИТЕРАТУРА

1. 1998, „Measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings-Special requirements for instruments and guidance for measurements”, CEI/IEC 61786:1998
2. 1987, “Measurement of power frequency electric fields”, CEI/IEC 833:1987
3. 1987, “IEEE Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines”, ANSI/IEEE Std 644-1987
4. 1998, „Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)“, ICNIRP Guidelines, 1998
5. 1995, „Human exposure to electromagnetic fields Low frequency (0 Hz to 10 kHz)“, European prestandard, ENV 50166-1, January 1995., European Committee for Electrotechnical Standardization
6. 2001, „Limits for human exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields in the frequency range up to 300 GHz”, World Health Organization, November 2001
7. 1999, „Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 Hz)”, 1999/519/EC, 1999
8. 2009, „Закон о заштити од нејонизујућих зрачења“, Сл. гласник РС бр. 36/09 од 15.05.2009.
9. 2009, „Правилник о границама излагања нејонизујућим зрачењима“, Службени гласник број 104 од 16. децембра 2009.

10. 2009, „Правилник о изворима нејонизујућих зрачења од посебног интереса, врстама извора, начину и периоду њиховог испитивања“, *Службени гласник број 104* од 16. децембра 2009.
11. 2009, „Утицај електричног и магнетског поља индустријске учестаности објеката ЈП ЕПС на животну средину, електродистрибуције“, Електротехнички институт „Никола Тесла“, 2009.