

# НИВОИ МАГНЕТСКЕ ИНДУКЦИЈЕ У ЗОНАМА ПОВЕЋАНЕ ОСЕТЉИВОСТИ У ОКОЛИНИ ТРАНСФОРМАТОРСКИХ СТАНИЦА НАПОНСКОГ НИВОА 10/0,4 kV И 20/0,4 kV

Маја ГРБИЋ<sup>1</sup>, Александар ПАВЛОВИЋ, Дејан ХРВИЋ, Момчило ПЕТРОВИЋ  
Универзитет у Београду, Електротехнички институт „Никола Тесла”, Београд, Република Србија

## КРАТАК САДРЖАЈ

У раду су анализирани нивои магнетске индукције индустријске учестаности који се јављају у зонама повећане осетљивости у околини трансформаторских станица напонског нивоа 10/0,4 kV и 20/0,4 kV. Анализа је заснована на резултатима мерења магнетске индукције у зонама повећане осетљивости у околини већег броја трансформаторских станица поменутих напонских нивоа, која су спроведена у периоду након ступања на снагу Закона о заштити од нејонизујућих зрачења и пратећих правилника. У циљу процене изложености становништва нејонизујућем зрачењу, добијени резултати су упоређени са референтним граничним нивоом прописаним за зоне повећане осетљивости, који за магнетску индукцију износи 40  $\mu\text{T}$ . Циљ спроведене анализе је доношење општих закључака о нивоима магнетске индукције који се могу јавити у околини поменутих трансформаторских станица, као и оцењивање усаглашености ових нивоа са националном регулативом из области заштите становништва од нејонизујућих зрачења.

**Кључне речи:** трансформаторска станица 10/0,4 kV и 20/0,4 kV, нејонизујуће зрачење, магнетска индукција, зона повећане осетљивости.

## ABSTRACT

The levels of power frequency magnetic flux density which occur in areas of increased sensitivity located near 10/0.4 kV and 20/0.4 kV substations are analyzed in this paper. The analysis is based on the results of magnetic flux density measurements in areas of increased sensitivity in the vicinity of a considerable number of substations of the aforementioned voltage levels carried out after the Law on Protection from Non-Ionizing Radiation and accompanying regulations had come into effect. With the purpose of estimating the exposure of the general public to non-ionizing radiation, the obtained results were compared to the reference level prescribed for areas of increased sensitivity, which amounts to 40  $\mu\text{T}$  for magnetic flux density. The objective of the performed analysis is reaching general conclusions on the levels of magnetic flux density which may occur in the vicinity of the abovementioned substations, as well as an evaluation of compliance with the national regulations on protection of the general public from non-ionizing radiation.

**Keywords:** 10/0.4 kV and 20/0.4 kV substation, non-ionizing radiation, magnetic flux density, area of increased sensitivity.

## УВОД

Трансформаторске станице напонског нивоа 10/0,4 kV и 20/0,4 kV представљају значајне изворе нејонизујућег зрачења, имајући у виду њихов број и чињеницу да су врло често смештене у унутрашњости или у непосредној близини стамбених, пословних и других објеката у којима људи бораве у дужем временском периоду. Због тога испитивање нивоа нејонизујућег зрачења које емитују захтева посебну пажњу.

У раду су анализирани нивои магнетске индукције индустријске учестаности који се јављају у околини трансформаторских станица поменутих напонских нивоа. Анализа је заснована на резултатима већег броја мерења магнетске индукције у њиховој околини, која су спроведена у периоду након усвајања националних прописа из области заштите становништва од нејонизујућих зрачења. Циљ спроведене анализе је доношење општих закључака о нивоима магнетске индукције који се могу јавити у околини поменутих трансформаторских станица, као и оцењивање усаглашености ових нивоа са нивоима прописаним националном регулативом.

<sup>1</sup> [maja.grbic@ieent.org](mailto:maja.grbic@ieent.org)

## КРАТАК ПРЕГЛЕД НАЦИОНАЛНЕ РЕГУЛАТИВЕ У ОБЛАСТИ ЗАШТИТЕ СТАНОВНИШТВА ОД НЕЈОНИЗУЈУЋИХ ЗРАЧЕЊА

Током 2009. године у Републици Србији је усвојен Закон о заштити од нејонизујућих зрачења [1] и шест пратећих правилника, од којих су најзначајнији [2] и [3]. На тај начин је правно регулисана област заштите становништва од нејонизујућег зрачења, а испуњени су и захтеви Препоруке 1999/519/ЕС [4], којих би требало да се придржавају све земље Европске уније при доношењу националних прописа.

Међутим, предмет уређивања Правилника [2] представља ограничење излагања становништва нејонизујућем зрачењу искључиво у тзв. „зонама повећане осетљивости”. Према [2,3] зоне повећане осетљивости су „подручја стамбених зона у којима се особе могу задржавати и до 24 сата дневно; школе, домови, предшколске установе, породилишта, болнице, туристички објекти, дечја игралишта; површине неизграђених парцела намењених, према урбанистичком плану, за наведене намене, у складу са препорукама Светске здравствене организације”. Према Правилнику [2] референтни гранични ниво излагања за јачину електричног поља износи 2 kV/m, а за магнетску индукцију 40  $\mu$ T. Ови референтни гранични нивои излагања се односе на електрично и магнетско поље индустријске учестаности (50 Hz) у зонама повећане осетљивости.

Правилником [3] дефинисани су извори нејонизујућег зрачења од посебног интереса као „извори електромагнетског зрачења који могу да буду штетни по здравље људи, а одређени су као стационарни и мобилни извори чије електромагнетно поље у зони повећане осетљивости достиже најмање 10% износа референтне, граничне вредности прописане за ту фреквенцију”. Правилником [3] такође је прописана обавеза власника извора од посебног интереса да обезбеди периодично испитивање нивоа нејонизујућих зрачења које овај извор емитује на сваке четири године.

## ИСПИТИВАЊА У ЗОНАМА ПОВЕЋАНЕ ОСЕТЉИВОСТИ

### Мерене величине

Испитивања нејонизујућих зрачења спроведена су путем мерења ефективних вредности магнетске индукције  $B$ . Интензитет ове векторске физичке величине мерен је изотропски, истовременим мерењем све три просторне компоненте вектора у дискретним временским тренуцима. Истовремено са вредностима магнетске индукције мерена је и фреквенција магнетског поља, која је у свим случајевима износила 50 Hz. Вредности јачине електричног поља нису мерене, пошто је теоријски познато да су у оваквим случајевима занемарљиве.

### Мерна опрема

За мерење магнетске индукције коришћен је мерни уређај повезан са сондом за мерење магнетске индукције. Сонда је сферног облика, површине попречног пресека 100 cm<sup>2</sup>. Оваква сонда обезбеђује изотропско мерење, тј. истовремено мерење све три просторне компоненте вектора магнетске индукције, на основу чега инструмент приказује њихову резултантну вредност [5].

### Поступак испитивања

Испитивања су спроведена у складу са захтевима стандарда [6,7]. У свакој зони повећане осетљивости испитивања су спроведена на великом броју мерних места. У циљу утврђивања просторне расподеле и одређивања локације на којој магнетска индукција има максималну вредност, велики број мерних места је распоређен дуж хоризонталних мерних праваца који се налазе на висини од 1 m изнад тла или пода просторије. Након одређивања места на коме се јавља максимум магнетског поља, на овом месту је у неким случајевима вршено детаљније мерење, према процедурама мерења у три или у пет тачака, које су детаљно описане у [7]. Мерење у три тачке најчешће се врши на висинама од 0,5 m, 1 m и 1,5 m од тла или од пода просторије. На тај начин се узима у обзир нехомогеност поља, тј. промена поља по висини. Затим се израчунава средња вредност овако добијених резултата  $B_{sr}$ , која се екстраполира према максималном оптерећењу трансформатора и пореди са референтним нивоом. Код мерења у пет тачака прво мерно место представља место на коме је лоциран максимум, а остала четири се налазе на кружници полупречника 0,5 m описаној око првог мерног места. Мерење у пет тачака се врши на висини од 0,2 m од пода просторије испод које се налази извор нејонизујућег зрачења и спроводи се у случајевима када је потребно извршити оцену изложености особе која се налази у лежећем положају. Након спровођења мерења, од пет измерених вредности издвајају се три највеће и израчунава се њихова средња вредност  $B_{sr}$ , која се затим екстраполира и пореди са референтним нивоом.

## Избор локација на којима су спроведена испитивања

Испитивања су спроведена у зонама повећане осетљивости које се налазе у непосредној близини трансформаторских станица напонских нивоа 10/0,4 kV и 20/0,4 kV. У раду је дат збирни приказ резултата 34 испитивања у поменутих зонама повећане осетљивости. Највећи број испитивања се односи на ситуације у којима је трансформаторска станица лоцирана унутар објекта, а зона повећане осетљивости се налази непосредно изнад или поред ње. Овакве ситуације су уједно и најнеповољније са аспекта изложености нејонизујућем зрачењу, због близине простора у коме се врши испитивање извору зрачења.

Основни подаци о трансформаторским станицама у чијој околини су вршена испитивања, као и о њиховом положају у односу на зоне повећане осетљивости, дати су у табели 1. Ознака  $n$  у табели 1 се односи на редни број испитивања. У неким случајевима су у околини исте трансформаторске станице вршена мерења у две или три зоне повећане осетљивости (испитивања бр. 19, 20, 23, 24 и 25). У три случаја су мерења вршена у истим зонама повећане осетљивости, пре и после примене мера за смањење нивоа магнетске индукције који емитује трансформаторска станица (испитивања бр. 27, 28, 31, 32, 33 и 34).

**ТАБЕЛА 1** – Основни подаци о трансформаторским станицама (ТС) у чијој околини су вршена испитивања и подаци о њиховом положају у односу на зоне повећане осетљивости (ЗПО)

$n$	Напонски ниво	Снага [kVA]	Положај ТС у односу на ЗПО
1	20/0,4	160	Стубна ТС се налази у близини стамбене куће са двориштем. Највећа вредност магнетске индукције измерена је у делу дворишта који је најближи ТС и налази се на око 3,4 m од ТС.
2	10/0,4	250	ТС типа „кула” се налази у дворишту стамбене куће. Највећа вредност магнетске индукције је измерена у дворишту, непосредно поред ТС.
3	10/0,4	250	Стубна ТС се налази у дворишту стамбене куће. Највећа вредност магнетске индукције измерена је у дворишту поред ТС.
4	10/0,4	400	ТС се налази у приземљу стамбене зграде испод стана. Шинске везе напонског нивоа 0,4 kV се налазе на растојању од око 0,2 m од плафона ТС.
5	10/0,4	2×400	ТС се налази у сутерену стамбене зграде испод стана. Закључено је да оба трансформатора подједнако доприносе нивоу магнетске индукције у стану.
6	10/0,4	630	ТС се налази у стамбеној згради непосредно испод стана.
7	10/0,4	630	ТС се налази у стамбеној згради непосредно испод стана.
8	10/0,4	630	ТС се налази у приземљу стамбене зграде испод стана.
9	10/0,4	630	ТС се налази у сутерену школе. Школске просторије се налазе непосредно поред и изнад ТС. Највећа вредност магнетске индукције измерена је у просторији изнад ТС.
10	10/0,4	630	ТС се налази у сутерену предшколске установе. Просторије се налазе непосредно поред и изнад ТС. Највећа вредност магнетске индукције измерена је у просторији која се налази поред ТС.
11	10/0,4	630	ТС се налази у приземљу школе. Школске просторије се налазе непосредно поред и изнад ТС. Највећа вредност магнетске индукције измерена је у учионици изнад ТС.
12	10/0,4	630	ТС се налази у сутерену школе. Школске просторије се налазе непосредно поред и изнад ТС. Највећа вредност магнетске индукције измерена је у канцеларији поред ТС.
13	10/0,4	630	ТС се налази у приземљу стамбене зграде непосредно поред стана.
14	10/0,4	630	ТС се налази испод стана.
15	10/0,4	630	ТС се налази у приземљу стамбене зграде испод стана.
16	10/0,4	630	ТС се налази у приземљу стамбене зграде испод стана.
17	10/0,4	630	ТС се налази у приземљу стамбене зграде испод стана.
18	10/0,4	630	ТС се налази у стамбеној згради испод стана.
19	10/0,4	630	ТС се налази у приземљу непосредно поред ординације.
20			ТС се налази у приземљу непосредно испод стана.
21	10/0,4	630	ТС се налази поред стамбене зграде. Највећа вредност магнетске индукције је измерена у дворишту зграде.
22	20/0,4	2×630	ТС се налази на јавној површини и окружена је са две ЗПО. На месту на коме је измерена највећа вредност магнетске индукције утицај трансформатора T2 је занемарљив.

<i>n</i>	Напонски ниво	Снага [kVA]	Положај ТС у односу на ЗПО
23	10/0,4	1000	ТС се налази у приземљу стамбене зграде непосредно поред стана.
24			ТС се налази у приземљу стамбене зграде испод стана.
25			ТС се налази у приземљу стамбене зграде испод стана.
26	10/0,4	1000	ТС се налази у приземљу стамбене зграде. Стан се налази на другом спрату изнад ТС. Између ТС и стана постоји једна етажа, која се не може категорисати као зона повећане осетљивости.
27	10/0,4	1000	ТС се налази у сутерену школе непосредно испод учионице. Мерења су вршена пре и после примене мера заштите.
28			
29	10/0,4	1000	ТС се налази у приземљу школе. Школске просторије се налазе непосредно поред и изнад ТС. Највећа вредност магнетске индукције измерена је у просторији поред ТС.
30	10/0,4	1000	ТС се налази на растојању од неколико метара од стамбене куће (са друге стране улице). Највећа вредност магнетске индукције је измерена у делу дворишта који је најближи ТС.
31	10/0,4	1000	ТС се налази у приземљу непосредно испод стана. Мерења су вршена пре и после примене мера заштите.
32			
33	10/0,4	1000	ТС се налази у подруму зграде непосредно испод стана. Мерења су вршена пре и после примене мера заштите.
34			

### Резултати испитивања

Резултати спроведених испитивања збирно су приказани у табели 2. За свако испитивање приказана је највећа вредност магнетске индукције добијена мерењима у анализираној зони повећане осетљивости, као и израчуната максимална вредност магнетске индукције која би се јавила при оптерећењу трансформатора назначеном струјом. Детаљни резултати приказаних испитивања дати су у [8].

Ознаке у табели 2 имају следеће значење:

*n* – редни број испитивања;

$B_m$  [ $\mu\text{T}$ ] – највећа вредност магнетске индукције у анализираној зони повећане осетљивости, која може бити добијена мерењем на висини од 1 m, усредњавањем након мерења у три или у пет тачака или као средња вредност резултата дуготрајног мерења на месту максимума;

*h* [m] – висина на којој је измерена вредност  $B_m$ ; ако је вредност  $B_m$  добијена усредњавањем вредности магнетске индукције измерених у три тачке, у табели 2 су наведене све три висине;

$I_A, I_B, I_C$  [A] – вредности фазних струја трансформатора које су измерене на напонском нивоу 0,4 kV у тренутку мерења  $B_m$ ;

$I_n$  [A] – назначена струја трансформатора;

$I_A, I_B, I_C$  [%] – вредности фазних струја трансформатора у тренутку мерења  $B_m$ , изражене као проценат од назначене струје трансформатора;

$B_{max}$  [ $\mu\text{T}$ ] – максимална вредност магнетске индукције добијена екстраполацијом, која је меродавна за поређење са референтним нивоом.

Максимална вредност магнетске индукције  $B_{max}$  може се једноставно израчунати на следећи начин:

$$B_{max} [\mu\text{T}] = \frac{I_n [\text{A}]}{I [\text{A}]} \cdot B_m [\mu\text{T}] \quad (1)$$

где  $I$  [A] представља вредност фазних струја трансформатора у тренутку мерења  $B_m$ .

У случају да су фазне струје међусобно различите  $I_A \neq I_B \neq I_C$ , могу се одредити минимална и максимална вредност фазне струје у тренутку мерења као  $I_{min} = \min\{I_A, I_B, I_C\}$  и  $I_{max} = \max\{I_A, I_B, I_C\}$ . Понављањем претходно описаног поступка за струје  $I_{min}$  и  $I_{max}$  добија се опсег вредности у коме се налази  $B_{max}$ .

Оваква поједностављена анализа обезбеђује довољну тачност у већини практичних случајева где је вредност  $B_{max}$ , или опсег у коме се ова вредност налази, знатно испод референтног нивоа.

У случају када постоји могућност да вредност  $B_{max}$  прекорачи референтни ниво, на месту максимума се врше мерења магнетске индукције у трајању од неколико минута са унапред задатим временским кораком, који обично износи 5 s. На основу тако добијених резултата може се успоставити корелација између вредности магнетске индукције у тачки максимума и фазних струја оптерећења трансформатора и на тај начин тачније израчунати  $B_{max}$ .

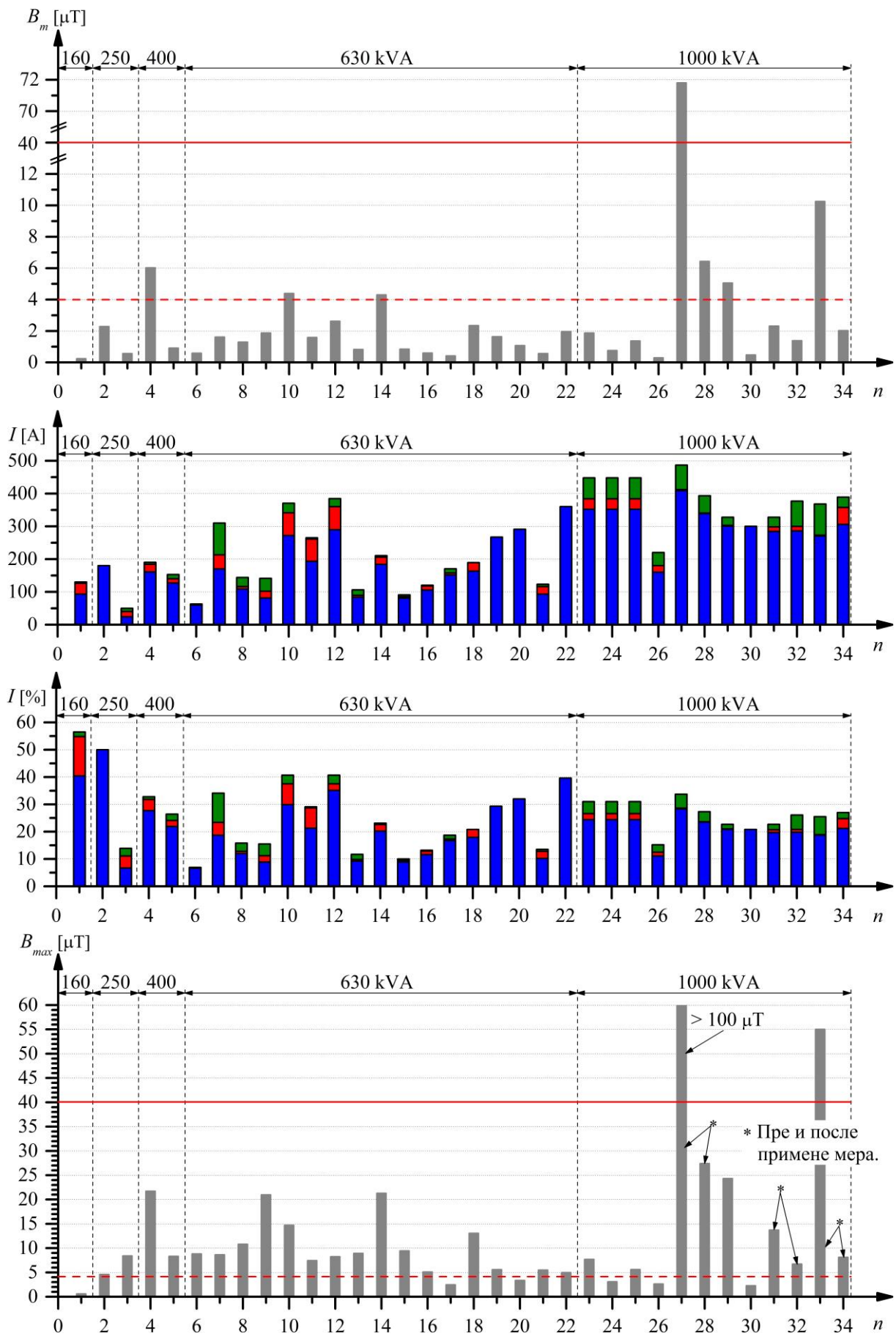
ТАБЕЛА 2 – Резултати испитивања

$n$	$B_m$ [ $\mu\text{T}$ ]	$h$ [m]	$I_A, I_B, I_C$ [A]	$I_A, I_B, I_C$ [%]	$I_n$ [A]	$B_{max}$ [ $\mu\text{T}$ ]	Напомена
1	0,23	0,5; 1; 1,5	130; 126; 93	56,5; 54,8; 40,4	230	0,41–0,57	/
2	2,28	1	180; 180; 180	50; 50; 50	360	4,56	/
3	0,56	1	24; 40; 50	6,7; 11,1; 13,9	360	4,03–8,40	/
4	6,02	0,2	184,4; 160,9; 190	31,8; 27,7; 32,8	580	18,38–21,70	Шине 0,4 kV на 0,2 m од плафона ТС.
5	0,91	0,5; 1; 1,5	T1: 0; 0; 0 T2: 127; 140; 153	T1: 0; 0; 0 T2: 21,9; 24,1; 26,4	580	<8,31	/
6	0,58	1	62,8; 60; 60	6,9; 6,6; 6,6	910	8,4–8,8	/
7	1,61	0,5; 1; 1,5	170; 213; 310	18,7; 23,4; 34,1	910	4,73–8,62	/
8	1,29	0,2	116,3; 143,9; 108,8	12,8; 15,8; 12	910	8,16–10,79	/
9	1,87	0,5; 1; 1,5	141,2; 81,2; 102	15,5; 8,9; 11,2	910	12,05–20,96	/
10	4,39	1	341,1; 370,3; 272	37,5; 40,7; 29,9	910	10,79–14,69	/
11	1,58	0,5; 1; 1,5	193,4; 260,9; 265,1	21,3; 28,7; 29,1	910	5,42–7,43	/
12	2,62	1	384,5; 360,1; 289,6	40,7; 37,5; 35,1	910	6,20–8,23	/
13	0,82	1	89,5; 106,3; 83,7	9,8; 11,7; 9,2	910	7,02–8,92	/
14	4,30	0,2	210,5; 183,9; 205,8	23,1; 20,2; 22,6	910	18,59–21,28	/
15	0,84	1	81,1; 90,7; 85,4	8,9; 10; 9,4	910	8,43–9,43	/
16	0,59	1	105,4; 120,3; 117,8	11,6; 13,2; 12,9	910	4,46–5,09	/
17	0,41	0,2	157,8; 170,5; 151,6	17,3; 18,7; 16,7	910	2,19–2,46	/
18	2,34	1	163,2; 189,1; 189,2	17,9; 20,8; 20,8	910	11,25–13,05	/
19	1,63	1	267; 267; 267	29,3; 29,3; 29,3	910	5,57	/
20	1,07	1	291; 291; 291	32; 32; 32	910	3,35	/
21	0,56	1	93; 116,3; 123,3	10,2; 12,8; 13,5	910	4,13–5,48	/
22	1,96	0,5; 1; 1,5	T1: 360; 360; 360 T2: 0; 0; 0	T1: 39,6; 39,6; 39,6 T2: 0; 0; 0	910	4,95	/
23	1,87	1	448; 352; 384	31; 24,4; 26,6	1443	6,02–7,67	/
24	0,75	1				2,41–3,07	/
25	1,36	0,5; 1; 1,5				4,38–5,58	/
26	0,29	1	220; 180; 160	15,2; 12,5; 11,1	1443	1,90–2,62	/
27	71,8	0,2	486,7; 408,8; 412,2	33,7; 28,3; 28,6	1443	>100	Пре и после примене мера.
28	6,43	0,2	393,3; 340,3; 338,9	27,3; 23,6; 23,5	1443	23,6–27,4	
29	5,05	1	303; 300,5; 327,6	21; 20,8; 22,7	1443	22,2–24,3	/
30	0,47	1	300; 300; 300	20,8; 20,8; 20,8	1443	2,26	/
31	2,31	0,2	298,2; 327,8; 284,4	20,7; 22,7; 19,7	1443	13,7	Пре и после примене мера.
32	1,38	0,2	286,1; 376,9; 299,7	19,8; 26,1; 20,8	1443	6,71	
33	10,25	0,2	272,9; 367,9; 270,4	18,9; 25,5; 18,7	1443	55	Пре и после примене мера.
34	2,02	0,2	389; 357,8; 305,8	27; 24,8; 21,2	1443	8,1	

Резултати испитивања графички су приказани на слици 1, где је за све анализираних случајеве дат упоредни приказ максималних измерених вредности магнетске индукције  $B_m$ , струја у време мерења  $I$  и максималних вредности магнетске индукције добијених екстраполацијом  $B_{max}$  (горња граница опсега).

На основу приказаних резултата може се закључити да је у једном случају мерењем добијена вредност магнетске индукције која прекорачује референтни ниво. У овом случају мерење је вршено у просторији која се налази директно изнад трансформаторске станице. Снага трансформатора је износила 1000 kVA, а доминантан извор магнетске индукције представљале су шинске везе, које су повезивале трансформатор и развод напонског нивоа 0,4 kV, а налазиле су се непосредно уз плафон трансформаторске станице. Након уклањања ових шина и њихове замене кабловским водовима који се простиру по поду просторије трансформаторске станице ниво магнетске индукције у зони повећане осетљивости вишеструко је смањен. Детаљан приказ резултата мерења пре и после примене мера заштите дат је у [9].

У свим осталим анализираним примерима измерене вредности магнетске индукције нису прекорачиле 40  $\mu\text{T}$ , али су у неколико случајева прекорачиле 4  $\mu\text{T}$ . Измерене вредности зависе од тренутног оптерећења трансформаторских станица, које се у анализираним ситуацијама кретало од 6,6% до 56,5%.



СЛИКА 1 – Резултати испитивања

Осим претходно поменутог случаја, где је мерењем добијена вредност која прекорачује референтни ниво, у још једном случају је закључено да референтни ниво може да буде прекорачен при оптерећењу трансформатора назначеном струјом. Максимална вредност магнетске индукције добијена мерењем износила је 10,25  $\mu\text{T}$ , а максимална вредност добијена екстраполацијом 55  $\mu\text{T}$ . Снага трансформатора је износила 1000 kVA, а разлог високог нивоа магнетске индукције поново су биле шинске везе напонског нивоа 0,4 kV, које су биле постављене у непосредној близини плафона трансформаторске станице. Након замене шина кабловским водовима и постављања заштитних екрана унутар трансформаторске станице ниво магнетске индукције је знатно снижен.

У осталим анализираним случајевима закључено је да вредности магнетске индукције не могу прекорачити референтни ниво од 40  $\mu\text{T}$ . Међутим, израчунате максималне вредности магнетске индукције у највећем броју случајева прекорачују ниво од 4  $\mu\text{T}$ . Према одредбама Правилника [3], извор чије електромагнетско поље у зони повећане осетљивости достиже најмање 10% износа референтног нивоа категорише се као извор нејонизујућег зрачења од посебног интереса. Дакле, трансформаторске станице напонских нивоа 10/0,4 kV и 20/0,4 kV могу бити извори од посебног интереса, што првенствено зависи од њиховог растојања до најближе зоне повећане осетљивости.

Пошто магнетско поље знатно опада са повећањем растојања од извора, на ниво поља у зони повећане осетљивости пресудно утиче њена удаљеност од трансформаторске станице. У том смислу, са аспекта заштите од нејонизујућег зрачења знатно повољније решење представљају трансформаторске станице које су издвојене као засебни објекти и удаљене неколико метара од зона повећане осетљивости. Типичан је пример бр. 30, где је трансформаторска станица изведена као засебан објекат и налази се на растојању од неколико метара од стамбене куће, са друге стране улице. Највећа вредност магнетске индукције од 0,47  $\mu\text{T}$  измерена је при оптерећењу од око 20% у делу дворишта који је најближи трансформаторској станици. У примеру бр. 1 стубна трансформаторска станица је удаљена око 3,4 m од ивице дворишта. Највећа вредност магнетске индукције од свега 0,23  $\mu\text{T}$  измерена је у дворишту при оптерећењу трансформаторске станице од 50%.

## ЗАКЉУЧАК

Спроведена анализа је показала да нивои магнетске индукције у зонама повећане осетљивости које се налазе у непосредној близини трансформаторских станица 10/0,4 kV и 20/0,4 kV у неким случајевима могу прекорачити референтни ниво од 40  $\mu\text{T}$ , као и да у највећем броју случајева могу прекорачити ниво од 4  $\mu\text{T}$ . Овај закључак се првенствено односи на најнеповољнију ситуацију са аспекта изложености нејонизујућем зрачењу, а то је ситуација када се трансформаторска станица налази у згради, а непосредно поред или изнад ње је зона повећане осетљивости. У оваквим случајевима ниво магнетске индукције у зони повећане осетљивости примарно зависи од распореда опреме у трансформаторској станици, и то првенствено од положаја шина које повезују трансформатор и развод напонског нивоа 0,4 kV, али и од снаге трансформатора, тј. од његове назначене струје. Досадашња испитивања су показала да трансформаторске станице код којих се шинске везе напонског нивоа 0,4 kV налазе непосредно уз плафон или зид трансформаторске станице представљају најнеповољнију конфигурацију са аспекта изложености нејонизујућем зрачењу, уколико се са друге стране зида, односно плафона, налази зона повећане осетљивости. Из тог разлога би оваква техничка решења требало избегавати приликом изградње нових трансформаторских станица унутар објеката, и то првенствено унутар школа, предшколских установа, стамбених и других зграда које представљају зоне повећане осетљивости, али и унутар пословних и других објеката где се очекује боравак људи у дужем временском периоду. Будућа испитивања нејонизујућих зрачења би првенствено требало да буду усмерена на трансформаторске станице са описаном конфигурацијом опреме.

На основу спроведене анализе закључено је да трансформаторске станице напонских нивоа 10/0,4 kV и 20/0,4 kV могу бити извори од посебног интереса, што првенствено зависи од њиховог растојања до најближе зоне повећане осетљивости.

Неповољну околност код већине разматраних ситуација изложености представља близина трансформаторских станица зонама повећане осетљивости. Важно је истаћи да магнетско поље брзо опада са повећањем растојања од извора, тако да су у зонама повећане осетљивости које су од трансформаторске станице удаљене свега неколико метара нивои магнетске индукције знатно нижи. Због тога трансформаторске станице које су издвојене као засебни објекти и удаљене неколико метара од зона повећане осетљивости представљају знатно повољније решење са аспекта нејонизујућег зрачења. Уколико се трансформаторска станица уграђује унутар објекта неопходно је водити рачуна о распореду опреме у њеној унутрашњости у односу на оближње зоне повећане осетљивости.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Закон о заштити од нејонизујућих зрачења, „Службени гласник Републике Србије”, бр. 36/09 од 15.05.2009.
- [2] Правилник о границама излагања нејонизујућим зрачењима, „Службени гласник Републике Србије”, бр. 104/09 од 16.12.2009.
- [3] Правилник о изворима нејонизујућих зрачења од посебног интереса, врстама извора, начину и периоду њиховог испитивања, „Службени гласник Републике Србије”, бр. 104/09 од 16.12.2009.
- [4] 1999/519/ЕС: “Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)”, OJ L 199, 30.7.1999, p. 59–70.
- [5] IEC 61786-1: “Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings – Part 1: Requirements for measuring instruments”, 2013.
- [6] IEC 61786-2: “Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings – Part 2: Basic standard for measurements”, 2014.
- [7] EN 62110: “Electric and magnetic field levels generated by AC power systems – Measurement procedures with regard to public exposure”, 2009.
- [8] Извештаји Електротехничког института „Никола Тесла” бр. 3410281-Л, 3410314-Л, 3410329-Л, 3411023-Л, 3411026-Л, 3411034-Л, 3411037-Л, 3411042-Л, 3411049-Л, 3411056-Л, 3411066-Л, 3411070-Л, 3411091-Л, 3411130-Л, 3411194-Л, 3411195-Л, 3411256-Л, 3412017-Л, 3412077-Л, 3412123-Л, 3412147-Л, 3413157-Л, 3413235-Л, 3414108-Л, 315100-Л, 315378-Л, 316045-Л, 316265-Л, 316585-Л, 317308-Л, 317571-Л, 2010–2017. година.
- [9] Маја Грбић, Александар Павловић, Милица Таушановић, Владимир Шилкут: „Примена мера за смањење вредности магнетске индукције дистрибутивне трансформаторске станице 10/0,4 kV”, Зборник радова, Р-1.19, IX саветовање о електродистрибутивним мрежама Србије са регионалним учешћем, Национални комитет *CIREД* Србија, Врњачка Бања, Република Србија, 22–26. септембар 2014. године, ISBN: 978-86-83171-18-7.