

## АНАЛИЗА ИЗЛОЖЕНОСТИ РАДНИКА ЕЛЕКТРИЧНОМ И МАГНЕТСКОМ ПОЉУ У УНУТРАШЊОСТИ И НЕПОСРЕДНОЈ БЛИЗИНИ ТРАНСФОРМАТОРСКИХ СТАНИЦА 10/0,4 КV

### ANALYSIS OF THE EXPOSURE OF WORKERS TO ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS INSIDE AND IN THE IMMEDIATE VICINITY OF 10/0.4 KV SUBSTATIONS

Маја ГРБИЋ\*, Електротехнички институт „Никола Тесла“, Република Србија  
Александар ПАВЉОВИЋ, Електротехнички институт „Никола Тесла“, Република Србија

#### КРАТАК САДРЖАЈ

У раду су приказани резултати испитивања електричног и магнетског поља у унутрашњости и непосредној близини трансформаторских станица 10/0,4 kV, која су спроведена ради оцене изложености радника овим пољима. Оцена изложености радника електричном и магнетском пољу представља захтев Правилника о превентивним мерама за безбедан и здрав рад при излагању електромагнетском пољу, који је у Републици Србији усвојен 2015. године. Ради спровођења свеобухватне анализе, испитивањима су обухваћени различити типови трансформаторских станица 10/0,4 kV. Вредности јачине електричног поља и магнетске индукције добијене мерењем упоређене су с акционим вредностима из поменутог правилника, чиме је потврђена усаглашеност са прописаним захтевима.

**Кључне речи:** јачина електричног поља, магнетска индукција, електромагнетско поље, изложеност радника, трансформаторска станица.

#### ABSTRACT

The paper presents the results of electric and magnetic field testing inside and in the immediate vicinity of 10/0.4 kV substations, which were performed in order to assess the exposure of workers to these fields. The assessment of workers' exposure to electric and magnetic fields is required by the Regulation on preventive measures to ensure safety and health of workers exposed to electromagnetic field, which was adopted in the Republic of Serbia in 2015. In order to conduct a comprehensive analysis, the testings were carried on different types of 10/0.4 kV substations. The values of electric field strength and magnetic flux density obtained by the measurements were compared to the action levels specified in the aforementioned regulation, whereby the compliance with the prescribed requirements was confirmed.

**Keywords:** electric field strength, magnetic flux density, electromagnetic field, exposure of workers, substation.

#### УВОД

Директива 2013/35/EU [1], којом се утврђују минимални захтеви за безбедност и здравље радника услед изложености електромагнетским пољима, ступила је на снагу у јуну 2013. године. Државе чланице Европске уније имале су обавезу да имплементирају захтеве ове директиве усвајањем националних прописа најкасније до 1. јула 2016. године. У Републици Србији је током децембра 2015. године објављен Правилник о превентивним мерама за безбедан и здрав рад при излагању електромагнетском пољу [2], који се примењује од 1. јула 2018. године. Правилник [2] утврђује границе излагања радника електромагнетским пољима учестаности до 300 GHz и прописује захтеве које је послодавац дужан да испуни ради отклањања или смањења ризика од настанка оштећења здравља запослених који настају или могу да настану приликом излагања електромагнетским пољима на радном месту. Према Правилнику [2], за индустријску учестаност од 50 Hz, ниске акционе вредности за јачину електричног поља и магнетску индукцију износе 10 kV/m и 1000  $\mu$ T, док високе акционе вредности износе 20 kV/m и 6000  $\mu$ T.

У раду је спроведена анализа изложености радника електричном и магнетском пољу у унутрашњости и непосредној близини трансформаторских станица 10/0,4 kV, која је заснована на резултатима мерења.

\* maja.grbic@ieent.org

## ИСПИТИВАЊА У УНУТРАШЊОСТИ И НЕПОСРЕДНОЈ БЛИЗИНИ ТРАНСФОРМАТОРСКИХ СТАНИЦА

### Мерене величине и мерна опрема

Испитивања су спроведена мерењем ефективних вредности јачине електричног поља ( $E$ ) и магнетске индукције ( $B$ ). Интензитет ових векторских физичких величина мерен је изотропски, истовременим мерењем све три просторне компоненте вектора у дискретним временским тренуцима. Истовремено са вредностима јачине електричног поља и магнетске индукције мерена је и фреквенција поља, која је у свим случајевима износила 50 Hz. За мерење јачине електричног поља и магнетске индукције коришћени су мерни системи које чине детектори и мерне сонде [3].

### Поступак испитивања

Испитивања су спровођена у зонама које су доступне радницима док је трансформаторска станица у погону, при чему је циљ одређивање зона у којима су вредности електричног и магнетског поља највише. Мерна места су изабрана након прелиминарног скенирања простора, чији је циљ било утврђивање зона с највишим вредностима поља.

Испитивања су спроведена у складу са захтевима стандарда [4–7]. Пошто нивои магнетске индукције зависе од тренутног оптерећења извора, током мерења магнетске индукције бележи се и податак о струји оптерећења трансформатора. На основу резултата мерења магнетске индукције и односа максималног (назначеног) оптерећења трансформатора и његовог оптерећења у време мерења, могу се проценити највиши нивои магнетске индукције који би се јавили приликом оптерећења трансформатора назначеном струјом. На тај начин се може оценити усаглашеност ових нивоа с акционим вредностима које су утврђене Правилником [2].

Испитивања се најчешће изводе на висини од 1 m у односу на стајну тачку. На тај начин се добијају вредности електричног и/или магнетског поља које одговарају средњој изложености човека у стојећем положају. Међутим, у неким случајевима, када је позиција извора поља таква да се веће вредности поља јављају на већим висинама изнад тла, мерења се могу спровести на висини од 1,7 m, која одговара висини главе човека, како би добијени резултати били на страни сигурности. У случајевима када се очекује изражена нехомогеност поља по висини, уместо једног мерења на висини од 1 m може се спровести мерење на три висине (0,5 m, 1 m и 1,5 m), према стандарду [7]. У том случају се израчунава средња вредност резултата мерења на поменутиим висинама и тако добијена вредност користи се за оцену изложености. Према захтевима стандарда [7], када се електроенергетска опрема налази унутар развода 0,4 kV и 10 kV у трансформаторским станицама 10/0,4 kV, мерења се спроводе на растојању од 20 cm од развода.

У раду су приказана испитивања која су спроведена у унутрашњости или непосредној близини шест трансформаторских станица 10/0,4 kV. Испитивања су спроведена у једној трансформаторској станици која се налази у стамбеној згради, једној трансформаторској станици типа „кула”, као и у непосредној близини три стубне и једне порталне трансформаторске станице. У зависности од типа трансформаторске станице, постоје одређене разлике у поступку испитивања, као и броју и позицији мерних места.

Испитивања у трансформаторској станици која се налази у стамбеној згради спроведена су у трансформаторском боксу и просторији с разводима напонског нивоа 0,4 kV и 10 kV. Испитивања испред развода напонског нивоа 0,4 kV и 10 kV спроведена су на висинама 0,5 m, 1 m и 1,5 m, а на осталим мерним местима на висини од 1 m од пода просторије.

Испитивања у трансформаторској станици типа „кула” спроведена су на мерном месту које се налази на растојању од приближно 20 cm од трансформатора. Мерно место је одређено након прелиминарног скенирања простора и на њему су измерене највише вредности поља. На овом мерном месту извршено је по 12 мерења јачине електричног поља и магнетске индукције са кораком од 5 s, при чему средња вредност ових резултата представља коначан резултат мерења.

Испитивања у непосредној близини порталне трансформаторске станице и стубних трансформаторских станица извођена су уз коришћење возила с корпом. Испитивања су спроведена из корпе, на растојању које приближно одговара граници између друге и треће зоне заштите. На сваком мерном месту извршено је по 12 мерења јачине електричног поља и магнетске индукције са кораком од 5 s, а средња вредност овако добијених резултата представља коначан резултат мерења на датом мерном месту.

У неким случајевима испитивања су извођена на растојању од извора поља које је мање од онога на коме би радник реално могао да се нађе. Резултати добијени на овај начин су на страни сигурности, пошто би се на већим растојањима добиле ниже вредности електричног и магнетског поља.

## РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА

У овом поглављу приказани су резултати испитивања која су спроведена у унутрашњости или непосредној близини следећих трансформаторских станица (ТС) 10/0,4 kV [8]:

- 1) ТС „Ц1” (ТС у стамбеној згради);
- 2) ТС „Лучица” (тип „кула”);
- 3) ТС „Лучица” (стубна ТС);
- 4) ТС „Ковачи 9” (стубна ТС);
- 5) ТС „3-1584” (стубна ТС);
- 6) ТС „Ковачи 4” (портална ТС).

Ознаке које су коришћене у овом поглављу имају следеће значење:

$S_n$  [kVA] – назначена снага трансформатора;

$I_n$  [A] – назначена струја трансформатора;

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

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

$n$  – редни број мерења јачине електричног поља или магнетске индукције;

$B$  [ $\mu$ T] – ефективна вредност магнетске индукције добијена мерењем;

$B_{sr}$  [ $\mu$ T] – средња вредност резултата мерења магнетске индукције на одређеном мерном месту;

$E$  [kV/m] – ефективна вредност јачине електричног поља добијена мерењем;

$E_{sr}$  [kV/m] – средња вредност резултата мерења јачине електричног поља на одређеном мерном месту.

### Трансформаторска станица 10/0,4 kV „Ц1”

Трансформаторска станица 10/0,4 kV „Ц1”, која се налази у приземљу стамбене зграде, приказана је на слици 1. Подаци о назначеној снази и струји трансформатора, као и о струји оптерећења трансформатора у време мерења дати су у табели 1. У трансформаторској станици се налазе следеће три просторије: трансформаторски бокс 1 (у коме се налази трансформатор Т1), трансформаторски бокс 2 (без трансформатора – резерва) и просторија са разводима напонских нивоа 0,4 kV и 10 kV.



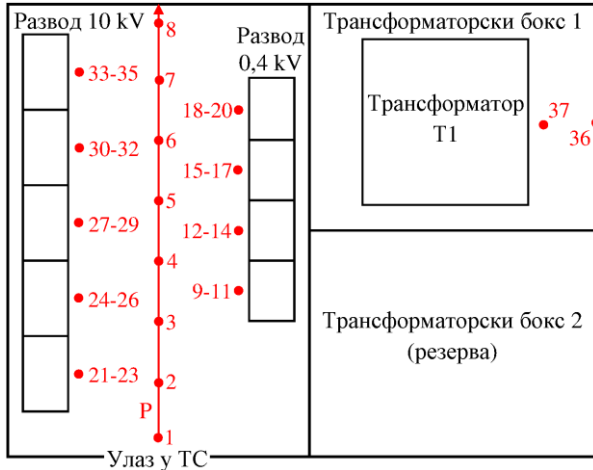
СЛИКА 1 – ТС „Ц1”

ТАБЕЛА 1 – ОСНОВНИ ПОДАЦИ  
О ТС И ОПТЕРЕЂЕЊУ У ВРЕМЕ  
МЕРЕЊА

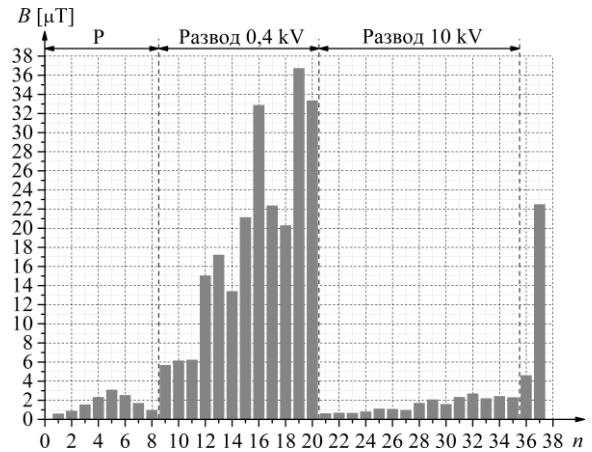
Дистрибутивно подручје	Краљево
Локација	Краљево
$S_n$ [kVA]	630
$I_n$ [A]	910
$I_A, I_B, I_C$ [A]	300; 307; 311
$I_A, I_B, I_C$ [%]	33; 33,7; 34,2

Испитивања су спроведена мерењем магнетске индукције. Нивои електричног поља су занемарљиви због ефекта екранизације, тј. чињенице да су доминантни извори поља оклопљени. Испитивања су извођена у просторији с разводима 0,4 kV и 10 kV и у трансформаторском боксу 1. Распоред мерних места приказан је на слици 2, а резултати мерења на слици 3. Мерења дуж правца Р на средини просторије с разводима (мерна места 1–8) спроведена су на висини од 1 m од пода. Мерења испред развода 0,4 kV (мерна места 9–20) и 10 kV (мерна места 21–35) спроведена су на растојању од 20 cm од развода, и то на три висине (0,5 m, 1 m и 1,5 m), при чему средња вредност резултата добијених мерењем на овим висинама представља коначан резултат мерења на сваком од наведених мерних места. Мерења на улазу у трансформаторски бокс 1 (мерно место 36) и поред трансформатора (мерно место 37) извођена су на висини од 1 m од пода просторије. Мерно место 37 се налази на растојању од 20 cm од трансформатора. Највећа вредност магнетске индукције од 36,73  $\mu$ T измерена је на мерном месту 19, које се налази на висини од 1 m на растојању од 20 cm од развода напонског нивоа 0,4 kV. Средња вредност резултата мерења на мерним местима 18, 19 и 20, која се налазе на висинама 0,5 m, 1 m и 1,5 m, износи 30,11  $\mu$ T. Пошто је мерењем на висини од 1 m добијена већа вредност магнетске индукције од 36,73  $\mu$ T, ова

вредност ће бити коришћена у даљој анализи, што је на страни сигурности.



СЛИКА 2 – РАСПОРЕД МЕРНИХ МЕСТА



СЛИКА 3 – РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА

### Трансформаторска станица 10/0,4 kV „Лучица” (тип „кула”)

Трансформаторска станица 10/0,4 kV „Лучица” (тип „кула”) приказана је на слици 4. Основни подаци о овој трансформаторској станици дати су у табели 2.

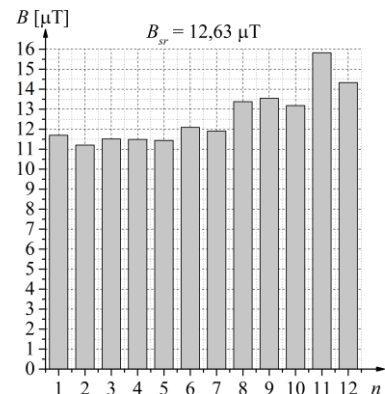
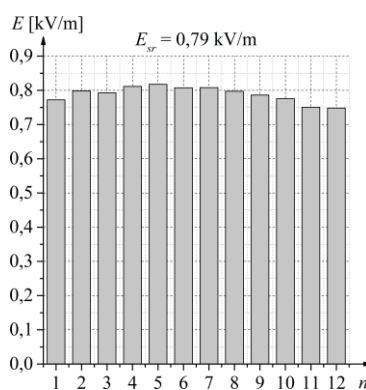


СЛИКА 4 – ТС „ЛУЧИЦА”

ТАБЕЛА 2 – ОСНОВНИ ПОДАЦИ  
О ТС И ОПТЕРЕЂЕЊУ У ВРЕМЕ  
МЕРЕЊА

Дистрибутивно подручје	Крагујевац
Локација	Лучица
$S_n$ [kVA]	400
$I_n$ [A]	580
$I_A, I_B, I_C$ [A]	60; 57; 51
$I_A, I_B, I_C$ [%]	10,3; 9,8; 8,8

Највеће вредности јачине електричног поља и магнетске индукције добијене су на мерном месту чија је позиција приказана на слици 5. Мерно место се налази на висини од 1,7 m изнад тла и на растојању од око 20 cm од трансформатора. Резултати мерења јачине електричног поља и магнетске индукције на овом мерном месту такође су приказани на слици 5.



СЛИКА 5 – ПОЗИЦИЈА МЕРНОГ МЕСТА И РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА

## Стубна трансформаторска станица 10/0,4 kV „Лучица”

Стубна трансформаторска станица 10/0,4 kV „Лучица” приказана је на слици 6. Основни подаци о овој трансформаторској станици дати су у табели 3.

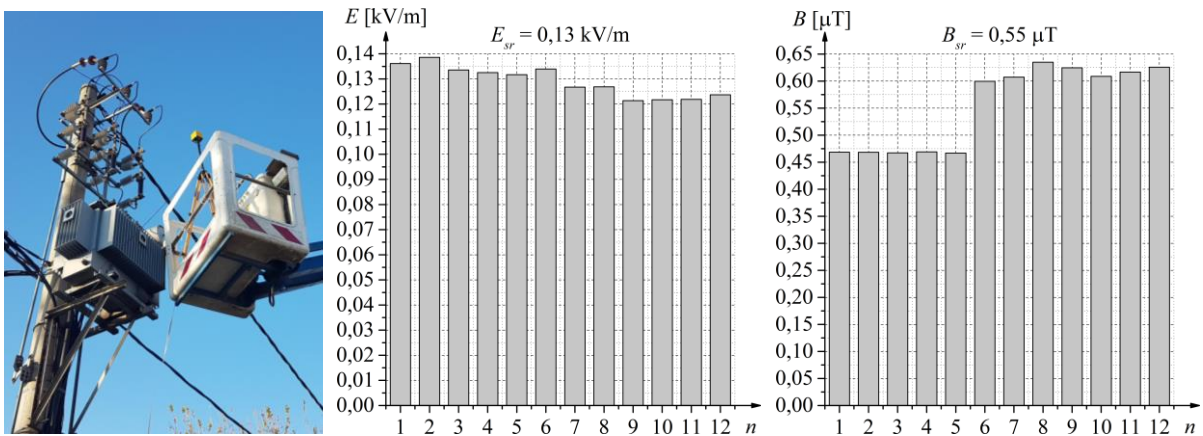


СЛИКА 6 – ТС „ЛУЧИЦА”

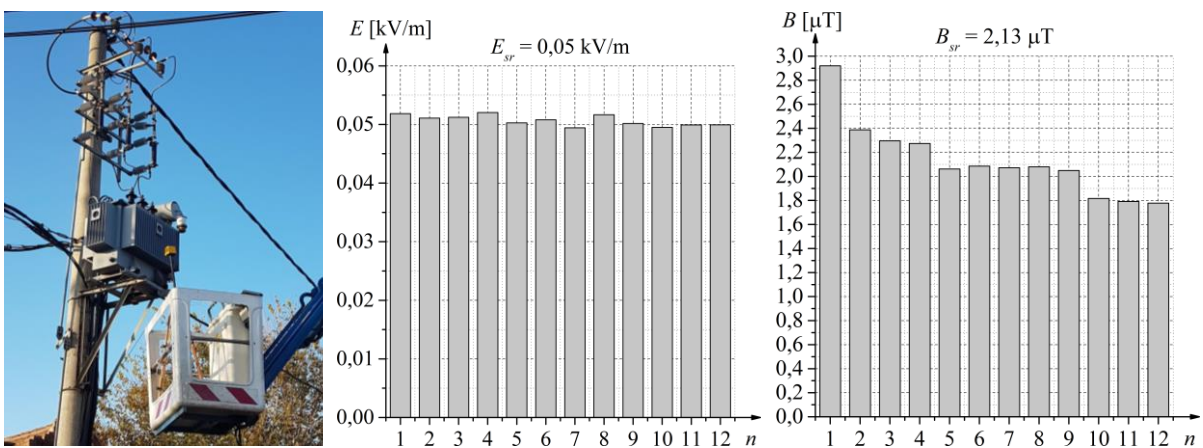
ТАБЕЛА 3 – ОСНОВНИ ПОДАЦИ  
О ТС И ОПТЕРЕЋЕЊУ У ВРЕМЕ  
МЕРЕЊА

Дистрибутивно подручје	Крагујевац
Локација	Лучица
$S_n$ [kVA]	250
$I_n$ [A]	360
$I_A, I_B, I_C$ [A]	91; 111; 98
$I_A, I_B, I_C$ [%]	25,3; 30,8; 27,2

Највећа вредност јачине електричног поља добијена је на мерном месту 1 (слика 7), док је највећа вредност магнетске индукције добијена на мерном месту 2 (слика 8). Мерно место 1 се налази на висини од 6,6 m, а мерно место 2 на висини од 5,1 m изнад гла. Висина мерног места у односу на стајну тачку у корпи у оба случаја износи 1,7 m.



СЛИКА 7 – ПОЗИЦИЈА МЕРНОГ МЕСТА 1 И РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА



СЛИКА 8 – ПОЗИЦИЈА МЕРНОГ МЕСТА 2 И РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА

## Стубна трансформаторска станица 10/0,4 kV „Ковачи 9”

Трансформаторска станица 10/0,4 kV „Ковачи 9” приказана је на слици 9, а подаци о назначеној снази, назначеној струји и струји у време мерења дати су у табели 4.

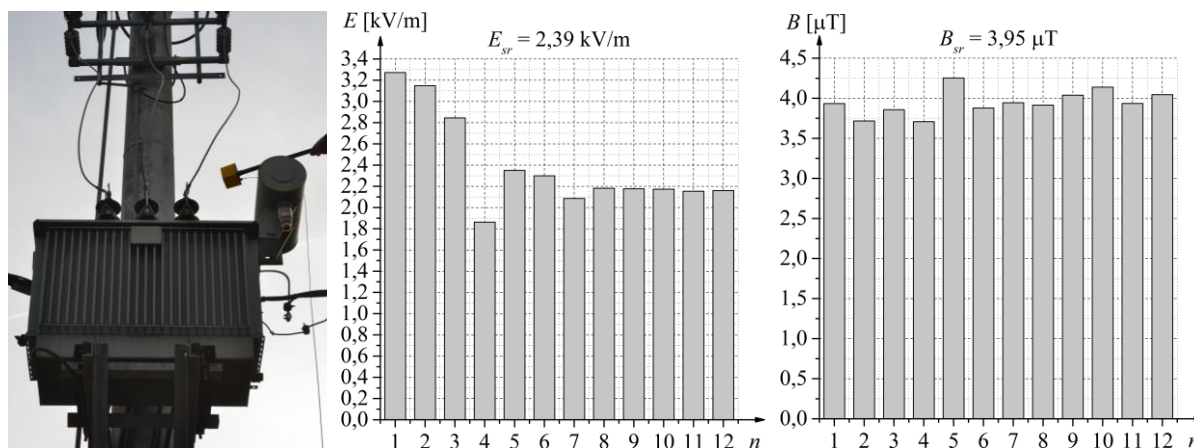


СЛИКА 9 – ТС „КОВАЧИ 9”

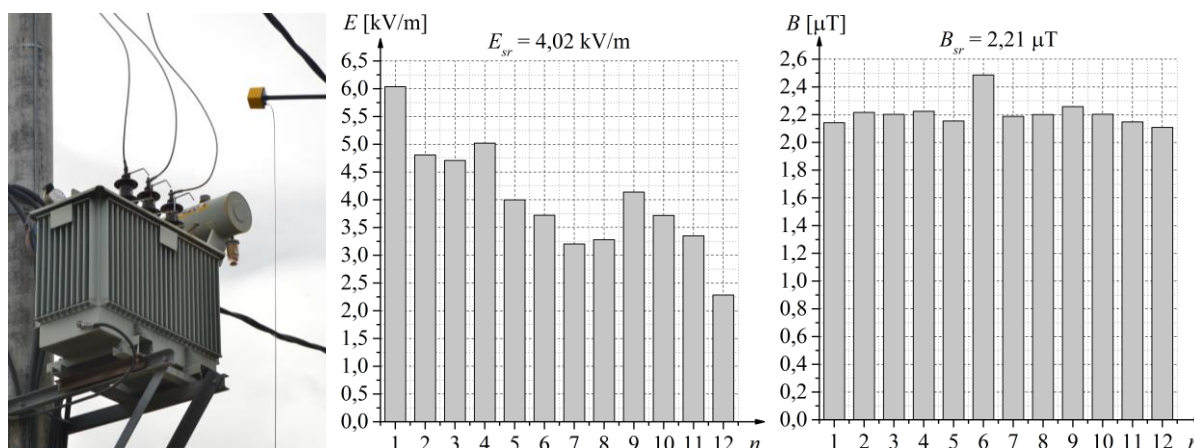
ТАБЕЛА 4 – ОСНОВНИ ПОДАЦИ О ТС И ОПТЕРЕЂЕЊУ У ВРЕМЕ МЕРЕЊА

Дистрибутивно подручје	Краљево
Локација	Ковачи
$S_n$ [kVA]	250
$I_n$ [A]	360
$I_A, I_B, I_C$ [A]	104; 100; 110
$I_A, I_B, I_C$ [%]	28,9; 27,8; 30,6

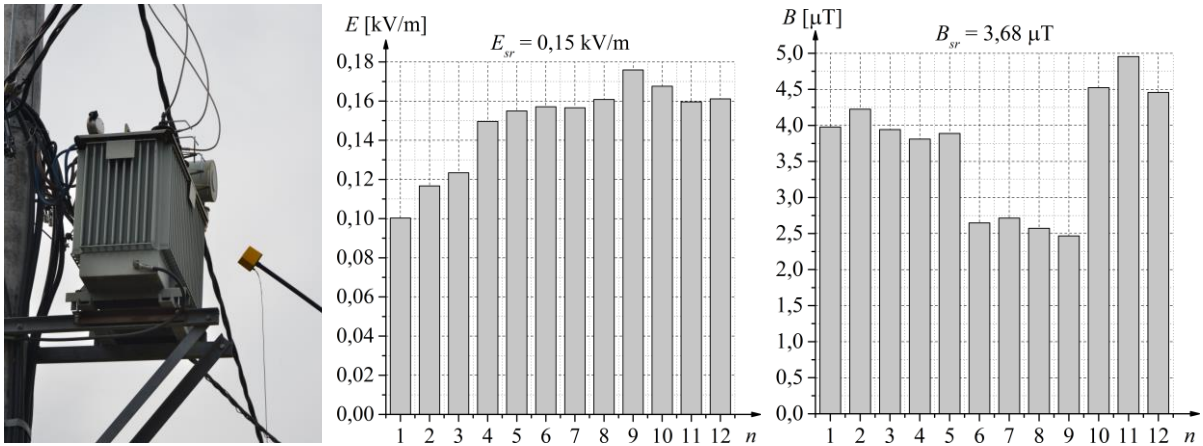
Позиције мерних места 1, 2 и 3, као и резултати добијени на овим мерним местима, приказани су на сликама 10, 11 и 12. Мерно место 1 налази се бочно од трансформатора, док се мерна места 2 и 3 налазе с предње стране трансформатора, приближно на средини. При томе се мерно место 2 налази изнад трансформатора, док је мерно место 3 у равни са средином трансформатора.



СЛИКА 10 – ПОЗИЦИЈА МЕРНОГ МЕСТА 1 И РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА



СЛИКА 11 – ПОЗИЦИЈА МЕРНОГ МЕСТА 2 И РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА



СЛИКА 12 – ПОЗИЦИЈА МЕРНОГ МЕСТА 3 И РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА

### Стубна трансформаторска станица 10/0,4 kV „3-1584”

Трансформаторска станица 10/0,4 kV „3-1584” приказана је на слици 13. Основни подаци о овој трансформаторској станици дати су у табели 5.

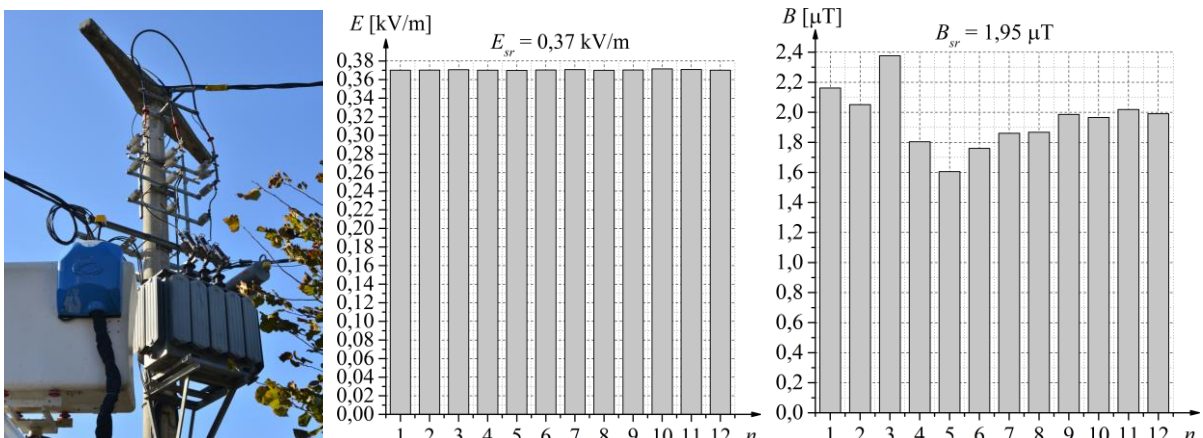


СЛИКА 13 – ТС „3-1584”

ТАБЕЛА 5 – ОСНОВНИ ПОДАЦИ О ТС И ОПТЕРЕЂЕЊУ У ВРЕМЕ МЕРЕЊА

Дистрибутивно подручје	Београд
Локација	Земун, Београд
$S_n$ [kVA]	400
$I_n$ [A]	580
$I_A, I_B, I_C$ [A]	180; 152; 178
$I_A, I_B, I_C$ [%]	31; 26,2; 30,7

Највеће вредности јачине електричног поља и магнетске индукције добијене су на мерном месту које је приказано на слици 14. Мерно место се налази на висини од 5,9 m изнад тла. Висина мерног места у односу на стајну тачку у корпи износи 1,7 m.



СЛИКА 14 – ПОЗИЦИЈА МЕРНОГ МЕСТА И РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА

## Портална трансформаторска станица 10/0,4 kV „Ковачи 4”

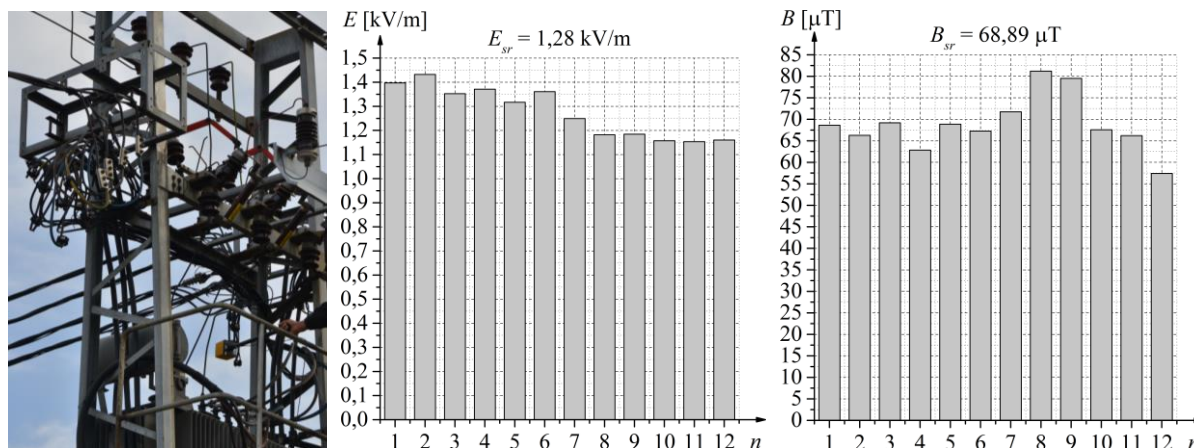
Трансформаторска станица 10/0,4 kV „Ковачи 4” приказана је на слици 15, а подаци о назначеној снази, назначеној струји и струји у време мерења дати су у табели 6. Највеће вредности јачине електричног поља и магнетске индукције добијене су на мерном месту чија је позиција приказана на слици 16.



СЛИКА 15 – ТС „КОВАЧИ 4”

ТАБЕЛА 6 – ОСНОВНИ ПОДАЦИ  
О ТС И ОПТЕРЕЂЕЊУ У ВРЕМЕ  
МЕРЕЊА

Дистрибутивно подручје	Краљево
Локација	Ковачи
$S_n$ [kVA]	400
$I_n$ [A]	580
$I_A, I_B, I_C$ [A]	200; 205; 210
$I_A, I_B, I_C$ [%]	34,5; 35,3; 36,2



СЛИКА 16 – ПОЗИЦИЈА МЕРНОГ МЕСТА И РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА

### Збирни приказ резултата испитивања

Резултати спроведених испитивања збирно су приказани у табели 7. За сваку трансформаторску станицу приказане су највеће вредности јачине електричног поља и магнетске индукције добијене мерењима,  $E_m$  и  $B_m$ . У општем случају, вредности  $E_m$  и  $B_m$  могу бити добијене мерењем на висини од 1 m, усредњавањем након мерења на три висине, или као средња вредност резултата више поновљених мерења на месту максимума. У табели 7 је такође дата и израчуната максимална вредност магнетске индукције,  $B_{max}$ , која би се јавила приликом оптерећења трансформатора назначеном струјом  $I_n$ , пошто је ова вредност магнетске индукције меродавна за поређење с прописаним акционим вредностима. Вредност  $B_{max}$  се може 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 случајевима где је вредност  $B_{max}$ , или опсег у коме се ова вредност налази, знатно испод прописане границе излагања.

**ТАБЕЛА 7 – ЗБИРНИ ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА ИСПИТИВАЊА**

ТС 10/0,4 kV	Тип	$S_n$ [kVA]	$I_n$ [A]	$I_A, I_B, I_C$ [A]	$I_A, I_B, I_C$ [%]	$E_m$ [kV/m]	$B_m$ [ $\mu$ T]	$B_{max}$ [ $\mu$ T]
Ц1	у стамбеној згради	630	910	300; 307; 311	33; 33,7; 34,2	/	36,73	107,47–111,41
Лучица	„кула”	400	580	60; 57; 51	10,3; 9,8; 8,8	0,79	12,63	122,09–143,64
Лучица	стубна	250	360	91; 111; 98	25,3; 30,8; 27,2	0,13	2,13	6,91–8,43
Ковачи 9	стубна	250	360	104; 100; 110	28,9; 27,8; 30,6	4,02	3,95	12,93–14,22
3-1584	стубна	400	580	180; 152; 178	31; 26,2; 30,7	0,37	1,95	6,28–7,44
Ковачи 4	портална	400	580	200; 205; 210	34,5; 35,3; 36,2	1,28	68,89	190,27–199,78

## ЗАКЉУЧАК

У раду су приказани резултати испитивања која су спроведена у унутрашњости или непосредној близини шест трансформаторских станица 10/0,4 kV. Испитивања су спроведена у унутрашњости једне трансформаторске станице која се налази у стамбеној згради, једне трансформаторске станице типа „кула”, као и у непосредној близини три стубне и једне порталне трансформаторске станице. Највише измерене вредности јачине електричног поља налазе се у опсегу од 0,13 kV/m до 4,02 kV/m, а највише измерене вредности магнетске индукције у опсегу од 1,95  $\mu$ T до 68,89  $\mu$ T. Оптерећења трансформатора у време мерења магнетске индукције кретала су се од 8,8% до 36,2%, али су у већини случајева износила 20–30%. Израчунате максималне вредности магнетске индукције, које би се јавиле у случају када би трансформатори били оптерећени својим назначеним струјама, крећу се од 6,28  $\mu$ T до 199,78  $\mu$ T. Пошто су у неким случајевима испитивања извођена на растојањима од извора која су мања од оних на којима би радник реално могао да се нађе, значајно је напоменути да су резултати добијени на овај начин на страни сигурности и да би реална изложеност радника била нижа. На основу приказаних резултата закључује се да вредности јачине електричног поља и магнетске индукције у анализираним примерима не прекорачују ниске акционе вредности од 10 kV/m и 1000  $\mu$ T, које су прописане националном регулативом. Такође се закључује да су испуњени захтеви Правилника [2] и да није потребна примена додатних мера и средстава за заштиту радника од електромагнетског поља.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Directive 2013/35/EU of the European Parliament and of the Council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20<sup>th</sup> individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) and repealing Directive 2004/40/EC, Official Journal of the European Union, 29 June 2013.
- [2] Правилник о превентивним мерама за безбедан и здрав рад при излагању електромагнетском пољу, „Службени гласник Републике Србије”, број 111/15, од 29. 12. 2015.
- [3] SRPS EN 61786-1:2014 „Мерење једносмерних магнетских, наизменичних магнетских и наизменичних електричних поља у опсегу од 1 Hz до 100 kHz у погледу изложености људи – Део 1: Захтеви за мерне инструменте”.
- [4] IEC 61786-2:2014 “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”.
- [5] SRPS EN 50413:2010 „Основни стандард за процедуре мерења и израчунавања излагања људи електричним, магнетским и електромагнетским пољима (од 0 Hz до 300 GHz)”.
- [6] SRPS EN 50499:2010 „Процедура за оцењивање излагања радника електромагнетским пољима”.
- [7] SRPS EN 62110:2011 „Нивои електричних и магнетских поља која стварају системи за напајање наизменичном струјом – Поступци мерења у погледу опште изложености” и измена SRPS EN 62110:2011/AC:2015.
- [8] Извештаји Електротехничког института „Никола Тесла” бр. 320035-Л (ТС „Ц1”), 320038-Л (портална ТС „Ковачи 4”), 320041-Л (стубна ТС „Ковачи 9”), 320058-Л (стубна ТС „Лучица”), 320059-Л (ТС „Лучица” тип „кула”), 320076-Л (стубна ТС „3-1584”), 2020.