

## АНАЛИЗА НИВОА МАГНЕТСКЕ ИНДУКЦИЈЕ У ЗОНАМА ПОВЕЋАНЕ ОСЕТЉИВОСТИ ИЗНАД ТРАНСФОРМАТОРСКИХ СТАНИЦА НАПОНСКОГ НИВОА 10/0,4 kV

### ANALYSIS OF MAGNETIC FLUX DENSITY LEVELS IN THE INCREASED SENSITIVITY AREAS LOCATED ABOVE THE 10/0.4 kV SUBSTATIONS

Маја ГРБИЋ, Електротехнички институт „Никола Тесла”, Република Србија  
Александар ПАВЛОВИЋ, Електротехнички институт „Никола Тесла”, Република Србија

#### КРАТАК САДРЖАЈ

Претходна истраживања су показала да трансформаторске станице напонског нивоа 10/0,4 kV у зградама, у којима се шине напонског нивоа 0,4 kV које повезују трансформатор и развод напонског нивоа 0,4 kV налазе у непосредној близини плафона, представљају значајан извор магнетског поља. Уколико се зона повећане осетљивости налази непосредно изнад, тада се трансформаторска станица категорише као извор нејонизујућих зрачења од посебног интереса. У раду је на реалним примерима из праксе показано колики се нивои магнетске индукције јављају у оваквим случајевима. Вредности магнетске индукције које би се јавиле при оптерећењу трансформатора назначеном струјом одређене су путем прорачуна. Модел шинских веза који је коришћен за прорачун је претходно верификован поређењем са резултатима мерења. Прорачун је поновљен за различита растојања између шинских веза и плафона, различита међуфазна растојања између шинских веза и за различите вредности назначене струје трансформатора. Добијени резултати су упоређени са границом излагања становништва у зонама повећане осетљивости која је прописана важећом националном регулативом из области заштите од нејонизујућег зрачења.

**Кључне речи:** зона повећане осетљивости, магнетска индукција, нејонизујуће зрачење, трансформаторска станица.

#### ABSTRACT

Previous research has shown that 10/0.4 kV substations located inside buildings, where the 0.4 kV busbars connecting the transformer and 0.4 kV switchboard are located in the immediate vicinity of the ceiling, represent a significant source of magnetic field. If an increased sensitivity area is located immediately above, the substation is categorized as a non-ionizing radiation source of special interest. The paper shows, on real examples, which levels of magnetic flux density occur in these cases. The values of magnetic flux density that would occur in the case of the transformer rated load are determined by calculations. The model of the busbars used for calculations was previously verified by comparison with the measurement results. The calculations are repeated for different distances between the busbars and the ceiling, different distances between the busbars and for different values of the transformer rated load. The obtained results are compared with the reference level prescribed by the national legislation on protection against non-ionizing radiation for the increased sensitivity areas.

**Keywords:** increased sensitivity area, magnetic flux density, non-ionizing radiation, substation.

Маја Грбић, [maja.grbic@ieent.org](mailto:maja.grbic@ieent.org)

#### 1. УВОД

Заштита становништва од нејонизујућег зрачења у Републици Србији правно је регулисана током 2009. године, када је усвојен Закон о заштити од нејонизујућих зрачења [1] и пратећи правилници [2]–[7]. Референтни гранични нивои излагања електромагнетском пољу у зонама повећане осетљивости утврђени су Правилником [2]. Према дефиницији датој у правилницима [2] и [3] зоне повећане осетљивости су

„подручја стамбених зона у којима се особе могу задржавати и 24 сата дневно; школе, домови, предшколске установе, породилишта, болнице, туристички објекти, те деčја игралишта; површине неизграђених парцела намењених, према урбанистичком плану, за наведене намене, у складу са препорукама Светске здравствене организације”. Правилником [2] утврђен је референтни гранични ниво излагања који за магнетску индукцију индустријске учестаности (50 Hz) у зонама повећане осетљивости износи 40  $\mu\text{T}$ . Правилником [3] дефинисан је и појам извора нејонизујућег зрачења од посебног интереса. Изворима од посебног интереса се, према Правилнику [3], сматрају извори чије електромагнетско поље у зони повећане осетљивости достиже најмање 10% износа референтне, граничне вредности прописане за ту фреквенцију, што у случају магнетске индукције индустријске учестаности износи 4  $\mu\text{T}$ .

У периоду након усвајања законске регулативе спроведен је велики број испитивања на терену, у околини извора нејонизујућих зрачења, као и низ студијских истраживања. Резултати студијских истраживања, у којима су анализирани и трансформаторске станице напонских нивоа 10/0,4 kV и 20/0,4 kV, дати су у студијама [8] и [9]. Збирни приказ и анализа резултата 34 испитивања спроведених у периоду од 2010. до 2017. године у околини трансформаторских станица напонских нивоа 10/0,4 kV и 20/0,4 kV дат је у [10]. У [8]–[10] је закључено да је са аспекта изложености људи магнетском пољу најнеповољнија ситуација када се трансформаторска станица налази у згради, а непосредно поред или изнад ње је зона повећане осетљивости. Неповољну околност у овом случају представља близина трансформаторске станице зони повећане осетљивости. Пошто магнетско поље знатно опада са повећањем растојања од извора, у зонама повећане осетљивости које су од трансформаторске станице удаљене свега неколико метара нивои магнетске индукције су знатно нижи. Овакав случај се јавља када су трансформаторске станице издвојене као засебни објекти и удаљене неколико метара од зона повећане осетљивости. У случају када се трансформаторска станица напонског нивоа 10/0,4 kV налази у згради, а непосредно поред или изнад ње је зона повећане осетљивости нивои магнетске индукције у зони повећане осетљивости у неким случајевима могу прекорачити референтни ниво од 40  $\mu\text{T}$ , док у великом броју случајева могу прекорачити ниво од 4  $\mu\text{T}$  [10]–[13]. Ниво магнетске индукције у зони повећане осетљивости примарно зависи од распореда опреме у трансформаторској станици, типа трансформатора, као и од снаге трансформатора, тј. његове назначене струје. Према резултатима досадашњих испитивања [10]–[13], трансформаторске станице код којих се шинске везе напонског нивоа 0,4 kV, које повезују трансформатор и развод напонског нивоа 0,4 kV, налазе непосредно уз плафон или зид трансформаторске станице представљају најнеповољнију конфигурацију са аспекта изложености магнетском пољу, уколико се са друге стране зида, односно плафона, налази зона повећане осетљивости. Из наведеног разлога је тема рада усмерена управо на анализу нивоа магнетске индукције у оваквим случајевима.

## 2. ИСПИТИВАЊА МАГНЕТСКОГ ПОЉА У ОКОЛИНИ ТРАНСФОРМАТОРСКИХ СТАНИЦА СА ШИНСКИМ РАЗВОДОМ НАПОНСКОГ НИВОА 0,4 kV У БЛИЗИНИ ПЛАФОНА

На сликама 1–3 приказане су трансформаторске станице напонског нивоа 10/0,4 kV са шинским разводом који се налази у близини плафона. У сва три случаја се изнад трансформаторске станице налази зона повећане осетљивости. Резултати испитивања спроведених у зонама повећане осетљивости које се налазе изнад приказаних трансформаторских станица детаљно су анализирани у [11]–[13].

Испитивања магнетског поља у зонама повећане осетљивости спроводе се у складу са захтевима стандарда [14]–[17]. Испитивања се у пракси заснивају на мерењима магнетске индукције. У зависности од конкретне ситуације мерења се могу вршити на различитим висинама. Уколико је потребно извршити оцену изложености особе која се налази у стојећем положају мерења се спроводе на висини од 1 m од тла или пода просторије. Уколико постоји изражена нехомогеност поља, тј. уколико се вредност поља знатно мења по висини, спроводи се метода мерења у три тачке, која је описана у стандарду [17]. Мерење у три тачке спроводи се на висинама од 0,5 m, 1 m и 1,5 m од тла или пода просторије, а затим се израчунава средња вредност овако добијених резултата. Мерење у пет тачака се врши на висини од 0,2 m од пода просторије испод које се налази извор магнетског поља 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, према методи описаној у стандарду [17].

У периоду спровођења мерења оптерећење трансформатора је у већини случајева знатно ниже од назначеног оптерећења. Због тога је неопходно одредити ниво магнетске индукције који би се у зони повећане осетљивости јавио при оптерећењу трансформатора назначеном струјом. Највећа вредност магнетске индукције која би се јавила при оптерећењу трансформатора назначеном струјом може се одредити путем прорачуна или екстраполацијом резултата мерења. Уколико се највећа вредност магнетске индукције одређује путем прорачуна неопходно је да модел који се користи за прорачун претходно буде верификован поређењем са резултатима мерења [13].



Слика 1 – Трансформаторска станица у сутерену школе (10/0,4 kV, 1 × 1000 kVA) [11]



Слика 2 – Трансформаторска станица у подруму стамбене зграде (10/0,4 kV, 1 × 1000 kVA) [12]

Слика 3 – Трансформаторска станица у сутерену стамбене зграде (10/0,4 kV, 1 × 630 kVA) [13]

Трансформаторска станица напонског нивоа 10/0,4 kV приказана на слици 1 налази се у сутерену школе [11]. У трансформаторској станици се налази један трансформатор чија назначена снага износи 1000 kVA, а назначена струја на страни 0,4 kV износи 1443 А. Приликом испитивања спроведеног у учионици која се налази директно изнад трансформаторске станице оптерећење трансформатора се налазило у опсегу од 24% до 38% од назначеног. Највећа вредност магнетске индукције измерена на висини од 0,2 m изнад пода учионице износила је 84,10  $\mu\text{T}$ . Екстраполацијом ове вредности израчунато је да би приликом оптерећења трансформатора назначеном струјом вредност магнетске индукције на овом месту износила око 270  $\mu\text{T}$ .

Трансформаторска станица напонског нивоа 10/0,4 kV приказана на слици 2 налази се у подруму стамбене зграде [12]. У трансформаторској станици се налази један трансформатор чија назначена снага износи 1000 kVA. Током испитивања у стану оптерећење трансформатора се налазило у опсегу од 16% до 28,2% од назначеног. Мерењем у пет тачака које је спроведено на висини од 0,2 m изнад пода просторије у стану добијена је средња вредност магнетске индукције од 12,1  $\mu\text{T}$ . Екстраполацијом резултата мерења израчунато је да би приликом оптерећења трансформатора назначеном струјом највећа вредност магнетске индукције на висини од 0,2 m изнад пода просторије износила 55  $\mu\text{T}$ .

Трансформаторска станица напонског нивоа 10/0,4 kV приказана на слици 3 налази се у сутерену стамбене зграде [13]. У трансформаторској станици се налази један трансформатор чија назначена снага износи 630 kVA, а назначена струја на страни 0,4 kV износи 910 А. Највећа вредност магнетске индукције измерена на висини од 0,2 m изнад пода просторије у стану износила је 43,34  $\mu\text{T}$ . У тренутку када је измерена ова вредност магнетске индукције, струје оптерећења трансформатора на нисконапонској страни износиле су 329,8 А, 297,7 А и 315 А. Највећа вредност магнетске индукције у истој тачки добијена прорачуном за случај када би трансформатор био оптерећен назначеном струјом износила је 124,1  $\mu\text{T}$ .

Приказани резултати показују да вредности магнетске индукције у зонама повећане осетљивости могу да прекораче референтни гранични ниво од 40  $\mu\text{T}$  чак и при оптерећењима трансформатора која су знатно нижа од назначених. Такође, у сва три приказана случаја измерене вредности магнетске индукције су прекорачиле вредност од 4  $\mu\text{T}$ , па је испуњен услов из Правилника [3] да разматране трансформаторске станице буду категорисане као извор од посебног интереса. Из наведених разлога је значајно анализирати нивое магнетске индукције који би се јавили у зонама повећане осетљивости изнад трансформаторских станица напонског нивоа 10/0,4 kV у случају оптерећења трансформатора назначеном струјом. Вредности магнетске индукције које би се јавиле у случају оптерећења трансформатора назначеном струјом могу се одредити путем прорачуна.

### 3. ПРОРАЧУН МАГНЕТСКЕ ИНДУКЦИЈЕ

#### 3.1 Поступак прорачуна

Прорачун се заснива на моделовању шинских веза које повезују трансформатор и развод напонског нивоа 0,4 kV. Овакав модел је применљив у свим ситуацијама када шински развод напонског нивоа 0,4 kV представља доминантан извор магнетског поља у зони повећане осетљивости, што је најчешћи случај код трансформаторских станица у зградама. Прорачун магнетске индукције,  $B$ , спроведен је применом одговарајућег комерцијалног софтвера, [18], [19]. Модел за прорачун је верификован на примеру трансформаторске станице приказане на слици 3. Као што је већ наведено, при струјама оптерећења трансформатора од 329,8 А, 297,7 А и 315 А мерењем је добијена вредност магнетске индукције од 43,34  $\mu\text{T}$ , док је прорачуном добијена вредност од 45,29  $\mu\text{T}$ . Резултати мерења и прорачуна детаљно су приказани у [13].

Модел шинских веза коришћен приликом прорачуна приказан је слици 4. Ознаке на слици 4 имају следеће значење:

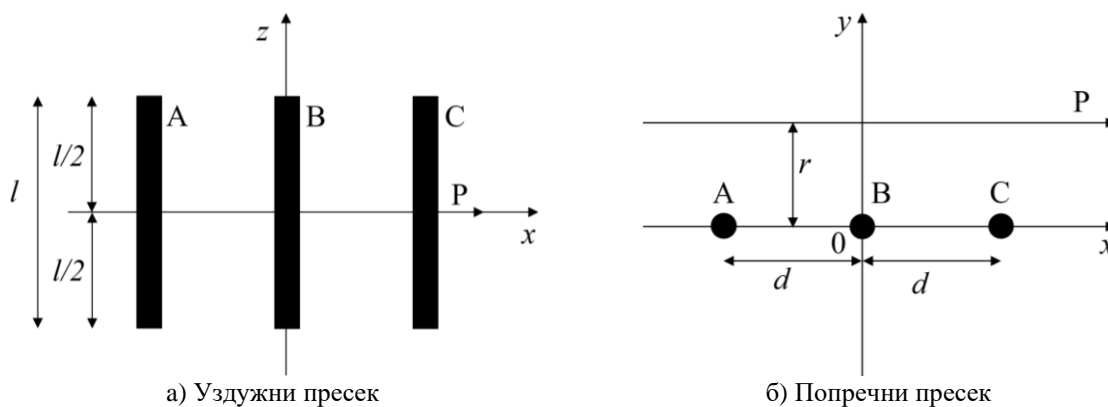
A, B, C – ознаке шина које одговарају фазама A, B и C,

P – правац дуж кога се врши прорачун магнетске индукције,

$l$  – дужина шина,

$d$  – растојање између шина,

$r$  – растојање између праве која пролази кроз средину шина и правца P.



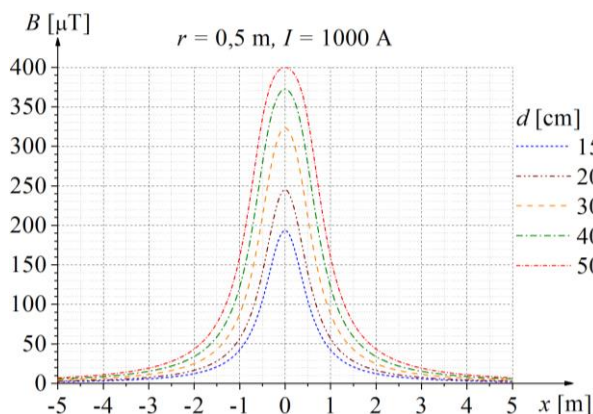
Слика 4 – Шинске везе напонског нивоа 0,4 kV

Прорачун је прво спроведен за различите дужине шина које износе 5 m, 10 m, 20 m и 30 m, при чему су струје у сва три проводника износиле 910 А, док је растојање  $r$  износило 0,5 m, а растојање  $d$  0,2 m. У свим случајевима се правац P дуж кога се врши прорачун налазио на средини шина, као што је приказано на слици 4a. Највећа вредност је добијена у тачки  $x = 0$  m и износила је 225  $\mu\text{T}$ . Прорачун је затим поновљен применом модела који се заснива на моделовању шинских веза бесконачно дугим праволинијским проводницима. У овом случају је добијена највећа вредност магнетске индукције од 223,12  $\mu\text{T}$ . Пошто релативно одступање између добијених резултата износи свега 0,84% даљи прорачуни су спроведени применом једноставнијег модела који је заснован на моделовању шинских веза бесконачно дугачким праволинијским проводницима. Прорачун је спроведен за уравнотежен трофазни систем, тј. под претпоставком да су струје у сва три фазна проводника једнаке и да фазни померај износи  $120^\circ$  ( $I = I_A = I_B = I_C$ ,  $\theta_A = 0^\circ$ ,  $\theta_B = 120^\circ$ ,  $\theta_C = 240^\circ$ ).

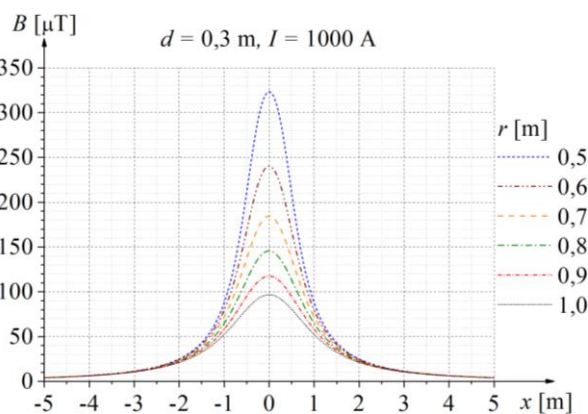
#### 3.2 Анализа утицаја растојања између шина и растојања од шина на вредности магнетске индукције

У првом случају је анализиран утицај растојања између шина на вредности магнетске индукције. Прорачун магнетске индукције спроведен је на растојању од шина  $r = 0,5$  m и при струји  $I = 1000$  А. Растојање између шина,  $d$ , варирано је у опсегу од 15 cm до 50 cm. Добијени резултати су приказани на слици 5. Показано је да са повећањем растојања између шина вредности магнетске индукције расту.

У другом случају је анализиран утицај растојања од шина на вредности магнетске индукције. Прорачун је спроведен за растојање између шина  $d = 0,3$  m и струју  $I = 1000$  А. Растојање од шина,  $r$ , варирано је у опсегу од 0,5 m до 1 m. Добијени резултати су приказани на слици 6. Показано је да се са повећањем растојања од шина вредности магнетске индукције смањују.



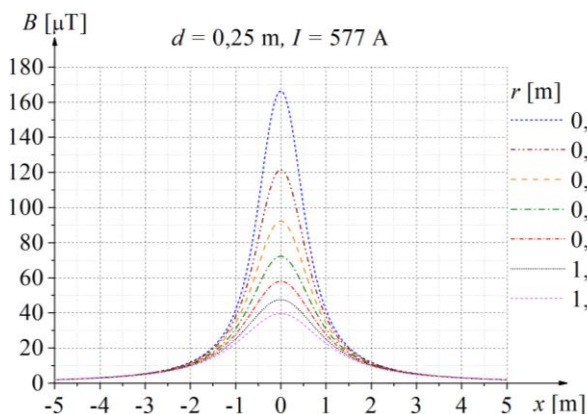
Слика 5 – Израчунате вредности магнетске индукције за различита растојања између шина ( $d$ )



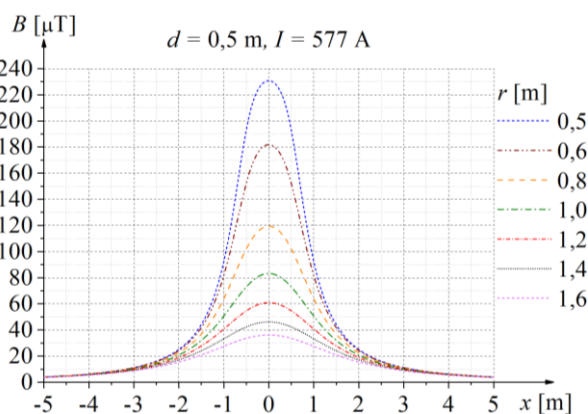
Слика 6 – Израчунате вредности магнетске индукције за различита растојања од шина ( $r$ )

### 3.3 Прорачун за трансформатор назначене снаге 400 kVA

Прорачун је спроведен за случај трансформаторске станице у којој се налази трансформатор назначене снаге 400 kVA. Назначена струја трансформатора на нисконапонској страни износи 577 A. Прорачун је спроведен за случај када је трансформатор оптерећен назначеном струјом и када растојање између шина  $d$  износи 25 cm и 50 cm. Прорачун је спроведен за различите вредности растојања од шина. Најмање растојање износи 0,5 m, што одговара случају када се шинске везе налазе у непосредној близини плафона трансформаторске станице, а прорачун се врши у зони повећане осетљивости која се налази директно изнад трансформаторске станице, на висини од 0,2 m изнад пода просторије. Вредности растојања  $r$  су постепено повећаване до растојања при коме се добијају вредности магнетске индукције које не прекорачују референтни гранични ниво од 40  $\mu\text{T}$ . Резултати прорачуна магнетске индукције приказани су на сликама 7 и 8. У случају када растојање између шина износи 0,25 m вредности магнетске индукције при назначеној струји трансформатора опадају испод референтног граничног нивоа од 40  $\mu\text{T}$  при растојању од шинских веза које износи 1,1 m. Када растојање између шина износи 0,5 m вредности магнетске индукције опадају испод 40  $\mu\text{T}$  при растојању од шинских веза од 1,6 m.



Слика 7 – Израчунате вредности магнетске индукције за трансформатор назначене снаге 400 kVA ( $d = 0,25$  m)

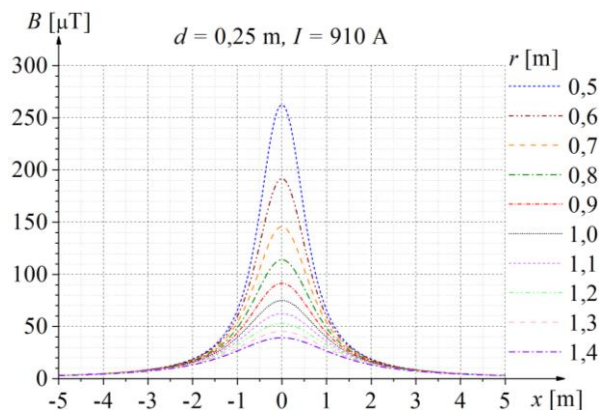


Слика 8 – Израчунате вредности магнетске индукције за трансформатор назначене снаге 400 kVA ( $d = 0,5$  m)

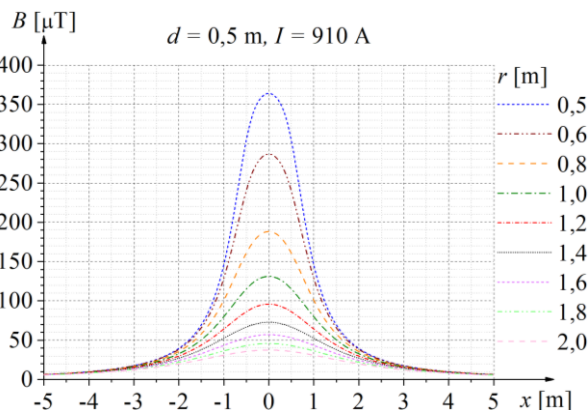
### 3.4 Прорачун за трансформатор назначене снаге 630 kVA

Претходна анализа је поновљена за случај трансформаторске станице у којој се налази трансформатор назначене снаге 630 kVA. Назначена струја трансформатора на нисконапонској страни износи 910 A. Прорачун је спроведен за случај када је трансформатор оптерећен назначеном струјом и када растојање између шина  $d$  износи 25 cm и 50 cm. Растојање од шина је постепено повећавано од 0,5 m до растојања при коме се добијају вредности магнетске индукције које не прекорачују референтни гранични ниво од 40  $\mu\text{T}$ . Резултати прорачуна магнетске индукције приказани су на сликама 9 и 10. У случају када растојање између шина износи 0,25 m вредности магнетске индукције при назначеној струји

трансформатора опадају испод референтног граничног нивоа при растојању од шинских веза које износи 1,4 m. Када растојање између шина износи 0,5 m вредности магнетске индукције опадају испод 40  $\mu\text{T}$  при растојању од шинских веза од 2 m.



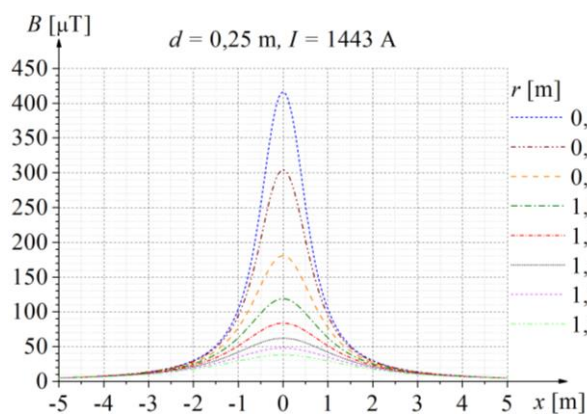
Слика 9 – Израчунате вредности магнетске индукције за трансформатор назначене снаге 630 kVA ( $d = 0,25$  m)



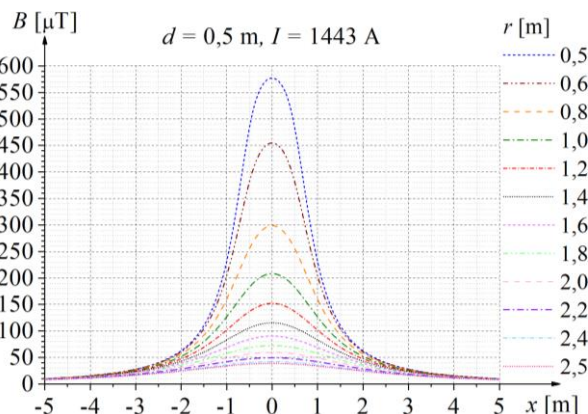
Слика 10 – Израчунате вредности магнетске индукције за трансформатор назначене снаге 630 kVA ( $d = 0,5$  m)

### 3.5 Прорачун за трансформатор назначене снаге 1000 kVA

Анализа је спроведена и за трансформаторску станицу са трансформатором назначене снаге 1000 kVA, чија назначена струја на нисконапонској страни износи 1443 A. Прорачун је спроведен за случај када је трансформатор оптерећен назначеном струјом, за растојања између шина од 25 cm и 50 cm и за различита растојања од шина. Добијени резултати су приказани на сликама 11 и 12. У случају растојања између шина од 0,25 m вредности магнетске индукције при назначеној струји трансформатора опадају испод референтног граничног нивоа при растојању од шинских веза које износи 1,8 m. Када растојање између шина износи 0,5 m вредности магнетске индукције опадају испод 40  $\mu\text{T}$  при растојању од шинских веза од 2,5 m.



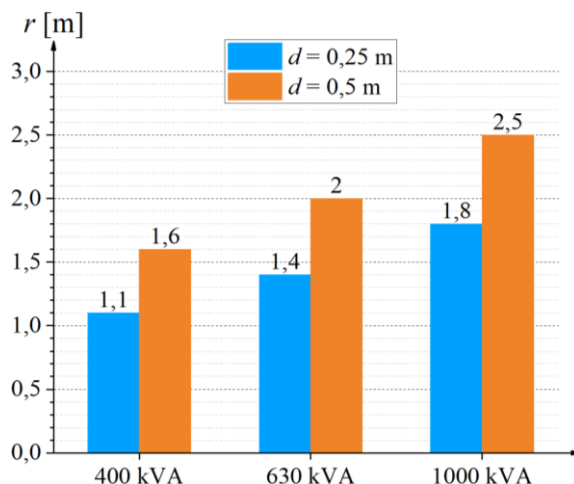
Слика 11 – Израчунате вредности магнетске индукције за трансформатор назначене снаге 1000 kVA ( $d = 0,25$  m)



Слика 12 – Израчунате вредности магнетске индукције за трансформатор назначене снаге 1000 kVA ( $d = 0,5$  m)

### 3.6 Збирни приказ резултата прорачуна

Збирни приказ добијених резултата дат је на слици 13. На овој слици су приказане вредности растојања од шина ниског напона, при којима су израчунате вредности магнетске индукције ниже од 40  $\mu\text{T}$  и то за различита растојања између шина (0,25 m и 0,5 m) и различите вредности назначене снаге трансформатора (400 kVA, 630 kVA и 1000 kVA). Вредности растојања  $r$  за које вредности магнетске индукције не прекорачују референтни ниво од 40  $\mu\text{T}$  веће су при већим растојањима између шина, као и при већим назначеним снагама, тј. назначеним струјама трансформатора.



Слика 13 – Растојања од шина ниског напона,  $r$  [m], при којима су израчунате вредности магнетске индукције ниже од  $40 \mu\text{T}$

#### 4. ЗАКЉУЧАК

У раду су анализирани нивои магнетске индукције у зонама повећане осетљивости које се налазе изнад трансформаторских станица напонског нивоа  $10/0,4 \text{ kV}$  код којих се шинске везе које повезују трансформатор и развод напонског нивоа  $0,4 \text{ kV}$  налазе у непосредној близини плафона и представљају доминантан извор магнетског поља у зони повећане осетљивости. Дат је кратак осврт на три оваква случаја код којих су испитивања, спроведена у претходном периоду, показала да постоји могућност прекорачења референтног граничног нивоа од  $40 \mu\text{T}$  или је већ приликом мерења добијена вредност магнетске индукције која прекорачује референтну вредност. Показано је да трансформаторске станице напонског нивоа  $10/0,4 \text{ kV}$  које се налазе у стамбеним зградама, школама и другим објектима који се категоришу као зоне повећане осетљивости могу бити извор од посебног интереса због могућности и велике вероватноће прекорачења вредности од 10% референтног граничног нивоа ( $4 \mu\text{T}$ ). Из наведених разлога спровођење првих испитивања у зонама повећане осетљивости које се налазе непосредно поред или изнад трансформаторских станица напонског нивоа  $10/0,4 \text{ kV}$  у зградама има изузетан значај. У случајевима када се утврди да постоји могућност прекорачења референтне вредности неопходна је примена мера за смањење нивоа магнетског поља. У раду су спроведени прорачуни магнетске индукције за случајеве трансформаторских станица са трансформаторима назначених снага  $400 \text{ kVA}$ ,  $630 \text{ kVA}$  и  $1000 \text{ kVA}$  који се најчешће примењују у стамбеним и другим објектима. Како би добијени резултати били на страни сигурности, прорачуни су спроведени за случај када би трансформатор био оптерећен назначеном струјом. Прорачуни су извршени за различита растојања између шина, као и за различита растојања између шинских веза и правца у зони повећане осетљивости дуж кога се врши прорачун. Добијени резултати показују да на нивое магнетске индукције у зони повећане осетљивости највише утичу струја оптерећења трансформатора, растојање од шинских веза до зоне повећане осетљивости, као и међусобно растојање између шина. Показано је да вредности магнетске индукције у зонама повећане осетљивости које се налазе директно изнад или поред трансформаторске станице могу знатно да прекораче референтну граничну вредност од  $40 \mu\text{T}$  уколико се шинске везе налазе у близини плафона или зида. У одређеним ситуацијама су, прорачуном за случај оптерећења трансформатора назначеном струјом, добијене вредности које неколико пута прекорачују референтну вредност. Такође су, за трансформаторе различитих назначених снага, израчуната и растојања од шинских веза при којима неће доћи до прекорачења вредности од  $40 \mu\text{T}$ . Растојања између шинских веза и тачке у зони повећане осетљивости у којој се израчунава магнетска индукција при којима неће доћи до прекорачења референтног нивоа од  $40 \mu\text{T}$  за трансформаторе назначених снага  $400 \text{ kVA}$ ,  $630 \text{ kVA}$  и  $1000 \text{ kVA}$  редом износе  $1,6 \text{ m}$ ,  $2 \text{ m}$  и  $2,5 \text{ m}$ , уколико се посматра критичнији случај када се шине налазе на међусобном растојању од  $0,5 \text{ m}$ . На основу добијених резултата следи да минимална растојања од шинских веза до плафона или зида трансформаторске станице са трансформаторима назначених снага  $400 \text{ kVA}$ ,  $630 \text{ kVA}$  и  $1000 \text{ kVA}$  редом износе  $1,3 \text{ m}$ ,  $1,7 \text{ m}$  и  $2,2 \text{ m}$  да би у тачки у зони повећане осетљивости која се налази на  $0,2 \text{ m}$  од плафона или зида вредности магнетске индукције биле ниже од  $40 \mu\text{T}$ , под претпоставком да дебљина зида или међуспратне плоче износи  $0,1 \text{ m}$ . Приликом пројектовања и изградње нових трансформаторских станица у зградама неопходно је водити рачуна о распореду опреме у трансформаторској станици и придржавати се наведених растојања, тако да се избегне појава високих вредности магнетског поља у зонама повећане осетљивости.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Закон о заштити од нејонизујућих зрачења, „Службени гласник Републике Србије”, бр. 36/09 од 15. 5. 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] Правилник о садржини евиденције о изворима нејонизујућих зрачења од посебног интереса, „Службени гласник Републике Србије”, бр. 104/09 од 16. 12. 2009.
- [5] Правилник о условима које морају да испуњавају правна лица која врше послове испитивања нивоа зрачења извора нејонизујућих зрачења од посебног интереса у животној средини, „Службени гласник Републике Србије”, бр. 104/09 од 16. 12. 2009.
- [6] Правилник о условима које морају да испуњавају правна лица која врше послове систематског испитивања нивоа нејонизујућих зрачења, као и начин и методе систематског испитивања у животној средини, „Службени гласник Републике Србије”, бр. 104/09 од 16. 12. 2009.
- [7] Правилник о садржини и изгледу обрасца извештаја о систематском испитивању нивоа нејонизујућих зрачења у животној средини, „Службени гласник Републике Србије”, бр. 104/09 од 16. 12. 2009.
- [8] Студија Електротехничког института „Никола Тесла” бр. 311201: „Електрична и магнетна поља у и ван објеката ЕДБ д.о.о. Београд”, 2011. година, наручилац: ПД за дистрибуцију електричне енергије „Електродистрибуција Београд” д.о.о.
- [9] Студија Електротехничког института „Никола Тесла” бр. 311206: „Студија значаја постојећих извора нејонизујућих зрачења од посебног интереса у ЈП Електропривреда Србије”, 2011–2012. година, наручилац: ЈП „Електропривреда Србије”.
- [10] Маја Грбић, Александар Павловић, Дејан Хрвић, Момчило Петровић: „Нивои магнетске индукције у зонама повећане осетљивости у околини трансформаторских станица напонског нивоа 10/0,4 kV и 20/0,4 kV”, XI саветовање о електродистрибутивним мрежама Србије са регионалним учешћем, Национални комитет CIREC Србија, Копачик, Република Србија, 24–28. 9. 2018. године, Зборник радова, Р-1.26, СТК 1 – Компоненте мрежа.
- [11] Маја Грбић, Александар Павловић, Милица Таушановић, Владимир Шилкут: „Примена мера за смањење вредности магнетске индукције дистрибутивне трансформаторске станице 10/0,4 kV”, IX саветовање о електродистрибутивним мрежама Србије са регионалним учешћем, Национални комитет CIREC Србија, Врњачка Бања, Република Србија, 22–26. 9. 2014. године, Зборник радова, Р-1.19, СТК 1 – Електродистрибутивна постројења и водови.
- [12] Маја Грбић, Александар Павловић: „Анализа нивоа магнетске индукције у стану изнад дистрибутивне трансформаторске станице напонског нивоа 10/0,4 kV пре и после примене мера заштите”, XI саветовање о електродистрибутивним мрежама Србије са регионалним учешћем, Национални комитет CIREC Србија, Копачик, Република Србија, 24–28. 9. 2018. године, Зборник радова, Р-1.27, СТК 1 – Компоненте мрежа.
- [13] Маја Грбић, Александар Павловић: „Методологија за одређивање максималне вредности магнетске индукције у зонама повећане осетљивости у близини трансформаторских станица напонских нивоа 10/0,4 kV и 20/0,4 kV заснована на резултатима мерења и прорачуна”, XIII саветовање о електродистрибутивним мрежама Србије са регионалним учешћем, Национални комитет CIREC Србија, Копачик, Република Србија, 12–16. 9. 2022. године, Зборник радова, Р-1.14, СТК 1 – Компоненте мрежа.
- [14] SRPS EN 50413:2020 „Основни стандард за процедуре мерења и прорачуна изложености људи електричним, магнетским и електромагнетским пољима (од 0 Hz до 300 GHz)”.
- [15] 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”.
- [16] 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”.
- [17] 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.
- [18] XGSLab User’s Guide, Release 9.4.1 – 03/20, SINT Ingegneria Srl, March 2020.
- [19] XGSLab Tutorial XGSA\_FD, Release 9.4.1 – 03/20, SINT Ingegneria Srl, March 2020.