

Испитивања електричних и магнетских поља у животној средини у околини трансформаторске станице 400/110 kV

Маја Грбић¹, Александар Павловић¹

¹Универзитет у Београду, Електротехнички институт „Никола Тесла”,
Косте Главинића 8а, 11000 Београд, Србија
maja.grbic@ieent.org

Кратак садржај: Рад се бави актуелном проблематиком изложености људи електричним и магнетским пољима. На примеру трансформаторске станице 400/110 kV дат је детаљан приказ испитивања електричних и магнетских поља индустријске учестаности. Добијени резултати су анализирани и упоређени са референтним граничним нивоима прописаним националном регулативом из области заштите становништва од нејонизујућег зрачења.

Кључне речи: трансформаторска станица 400/110 kV, електрично поље, магнетска индукција, нејонизујуће зрачење, зона повећане осетљивости.

1. Увод

Рад се бави актуелном темом испитивања изложености људи електричним и магнетским пољима индустријске учестаности (50 Hz) у животној средини. Проблематика изложености људи овим пољима у Републици Србији је регулисана Законом о заштити од нејонизујућих зрачења из 2009. године [1] и пратећим правилницима, од којих су најважнији [2] и [3].

Правилником [2] прописана су ограничења излагања становништва електричним и магнетским пољима искључиво у тзв. „зонама повећане осетљивости”, које су дефинисане као „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”. Референтни гранични нивои

излагања становништва у зонама повећане осетљивости за поље учестаности 50 Hz износе 2 kV/m за јачину електричног поља и 40 μ T за магнетску индукцију.

Извори нејонизујућег зрачења од посебног интереса дефинисани су Правилником [3] као „извори електромагнетног 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”. Власници ових извора имају обавезу вршења периодичних мерења једном у четири године.

Правилником [3] дефинисана је и обавеза спровођења првог испитивања нејонизујућег зрачења, које се врши у околини новог или реконструисаног извора зрачења.

Најзначајније изворе електричног и магнетског поља индустријске учестаности у животној средини представљају надземни водови и трансформаторске станице различитих напонских нивоа. Методологија испитивања, као и нивои поља који се јављају у пракси приказани су на примеру првих испитивања у околини нове трансформаторске станице 400/110 kV „Београд 20”, која су спроведена у циљу процене изложености становништва овим пољима.

2. Испитивања електричних и магнетских поља

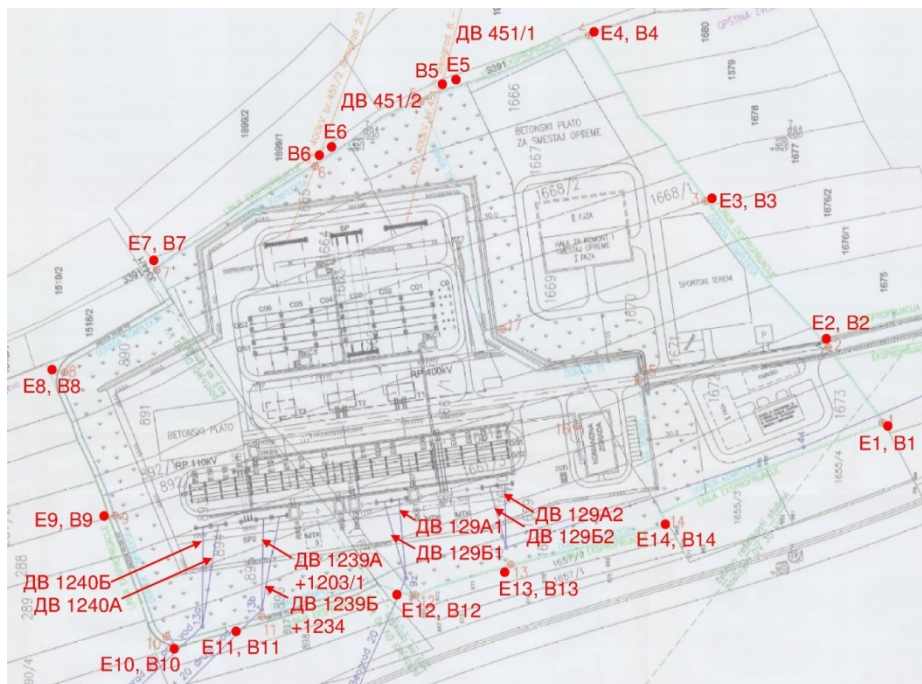
Испитивања су спроведена мерењем тренутних ефективних вредности јачине електричног поља (E) и магнетске индукције (B). Интензитет ових векторских физичких величина мери се изотропски, истовременим мерењем све три просторне компоненте вектора поља у дискретним временским тренуцима. Истовремено са вредностима јачине електричног поља и магнетске индукције мерена је и фреквенција поља, која је у свим случајевима износила 50 Hz.

За мерење јачине електричног поља користи се изотропна мерна сонда облика коцке, чија је ивица дужине 10 cm [4]. Током мерења сонда се налази на изолационом сталку и повезана је са мерним уређајем помоћу оптичког кабла дужине неколико метара, чиме се елиминише утицај испитивача на резултате мерења. За мерење магнетске индукције користи се исти мерни уређај и изотропна сонда сферног облика, површине попречног пресека 100 cm² [4]. Приликом мерења одабран је режим са пропусним филтром у фреквентном опсегу 5 Hz – 2 kHz. Несигурност мерења јачине електричног поља и магнетске индукције износи 5% и примарно потиче од грешке коришћених мерних система.

Мерења електричног и магнетског поља спроводе се на висини од 1 m изнад тла [5–7]. Пошто је магнетско поље директно сразмерно струји која протиче кроз проводнике, неопходно је забележити оптерећења доминантних извора магнетског поља у време мерења.

3. Резултати мерења јачине електричног поља и магнетске индукције у околини трансформаторске станице 400/110 kV „Београд 20”

Мерења јачине електричног поља и магнетске индукције извршена су на укупно 14 репрезентативних мерних места, која су приказана на слици 1 [8].

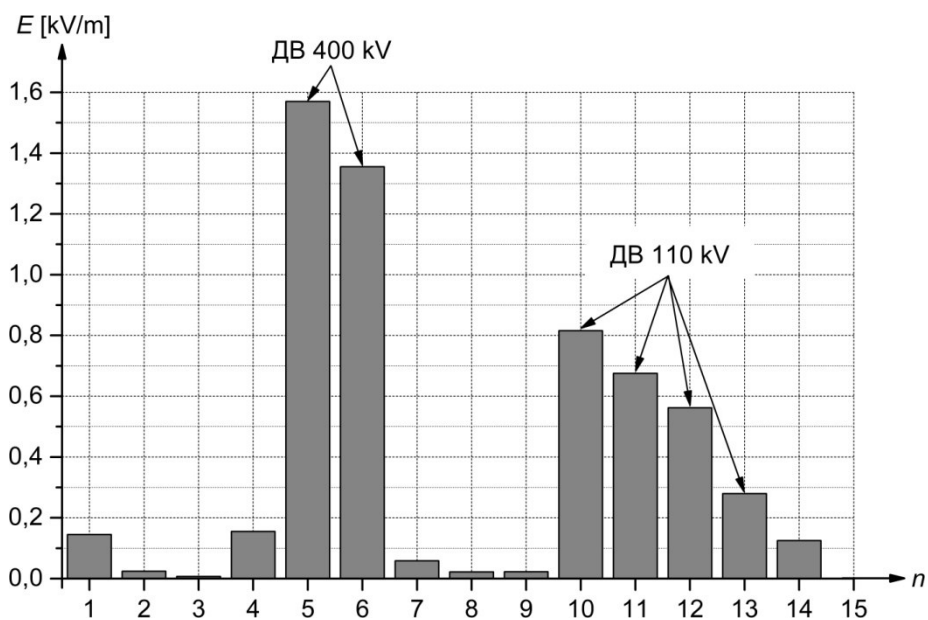


Слика 1. Распоред мерних места у околини ТС 400/110 kV „Београд 20”

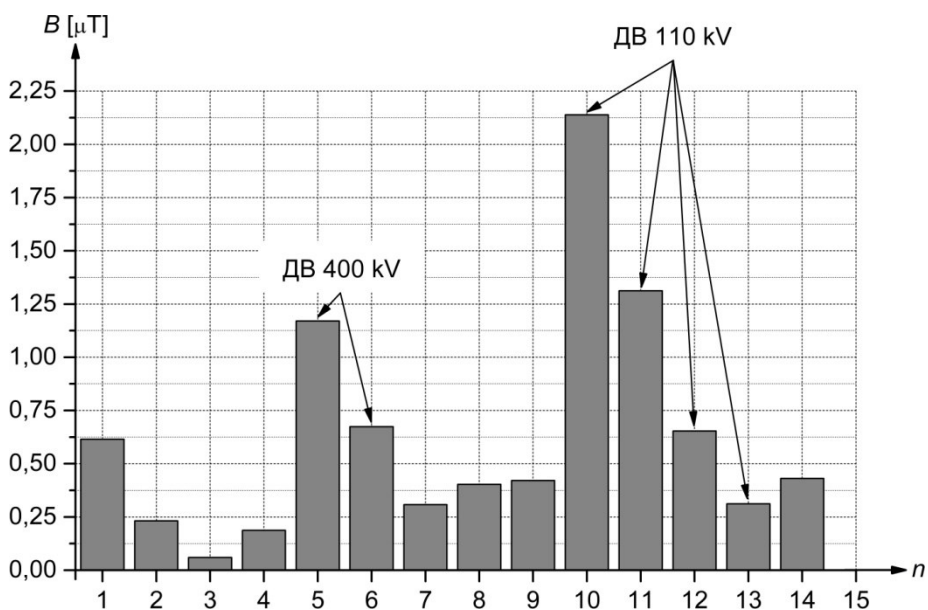
Места на којима је извршено мерење јачине електричног поља означена су са Е1–Е14, а места на којима је извршено мерење магнетске индукције са В1–В14.

Мерења су спроведена у циљу процене највећих нивоа поља који се могу јавити у зонама повећане осетљивости. Међутим, пошто у близини трансформаторске станице „Београд 20” нема објеката који спадају у зоне повећане осетљивости, мерења су вршена на репрезентативним мерним местима распоређеним око оgrade трансформаторске станице. На тај начин су добијени резултати који су на страни сигурности, пошто су на свим другим местима која се налазе на већем растојању од оgrade трансформаторске станице вредности поља које потичу од инсталиране опреме ниже него на репрезентативним мерним местима.

Резултати мерења јачине електричног поља и магнетске индукције приказани су на сликама 2 и 3, као и у табели 1. На сликама 2 и 3 је са n означен редни број мерног места.



Слика 2. Резултати мерења јачине електричног поља



Слика 3. Резултати мерења магнетске индукције

Пошто надземни водови уведени у трансформаторску станицу представљају доминантне изворе магнетског поља у њеној околини, њихове струје оптерећења бележене су у време мерења магнетске индукције. Уколико се у непосредној близини мерног места налази надземни вод, у табели 1 је поред датог мерног места наведена ознака и напонски ниво (U_n) овог далековода, његова струја у тренутку мерења магнетске индукције на датом мерном месту (I), као и максимална, тј. краткотрајно дозвољена струја у зимском периоду (I_{kd}), према [9], која је значајна за процену максималне вредности магнетске индукције. Такође је наведен тип првог стуба надземног вода изван трансформаторске станице и висина најнижег фазног проводника изнад тла на месту мерења (h_{min}).

Табела 1. Резултати мерења јачине електричног поља и магнетске индукције у околини ТС 400/110 kV „Београд 20”

Мерно место	E [kV/m]	B [μ T]	Ознака надземног вода	U_n [kV]	I [A]	I_{kd} [A]	Тип првог стуба	h_{min} [m]
E1, B1	0,15	0,61	/	/	/	/	/	/
E2, B2	0,02	0,23	/	/	/	/	/	/
E3, B3	0,01	0,06	/	/	/	/	/	/
E4, B4	0,16	0,19	/	/	/	/	/	/
E5, B5	1,57	1,17	451/1	400	230, 190, 195	2740	Портал	25
E6, B6	1,36	0,67	451/2	400	208, 218, 187	2740	Портал	26
E7, B7	0,06	0,31	/	/	/	/	/	/
E8, B8	0,02	0,40	/	/	/	/	/	/
E9, B9	0,02	0,42	/	/	/	/	/	/
E10, B10	0,82	2,14	1240А и 1240Б	110	<u>ДВ 1240А:</u> 220, 218, 220. <u>ДВ 1240Б:</u> 220, 223, 220.	1370	Буре	20
E11, B11	0,67	1,31	1239А+1203/1 и 1239Б+1234	110	<u>ДВ 1239А</u> + 1203/1: 190, 192, 192. <u>ДВ 1239Б</u> + 1234: 225, 226, 226.	1370	Буре	20
E12, B12	0,56	0,65	129А1 и 129Б1	110	<u>ДВ 129А1:</u> 95, 96, 90. <u>ДВ 129Б1:</u> 85, 86, 90.	1370	Буре	18,1
E13, B13	0,28	0,31	129А2 и 129Б2	110	<u>ДВ 129А2:</u> 132, 125, 128. <u>ДВ 129Б2:</u> 131, 124, 127.	1370	Буре	/
E14, B14	0,12	0,43	/	/	/	/	/	/

Струје оптерећења трансформатора на 110 kV страни, на почетку и на крају испитивања приказане су у табели 2.

Табела 2. Струје оптерећења трансформатора

Трансформатор	Почетак испитивања	Крај испитивања
T1	650 A, 645 A, 650 A	613 A, 609 A, 609 A
T2	652 A, 644 A, 648 A	613 A, 608 A, 607 A

На основу резултата приказаних на слици 2 и у табели 1 закључује се да измерене вредности јачине електричног поља нису прекорачиле референтни гранични ниво од 2 kV/m. Највећа вредност јачине електричног поља од 1,57 kV/m измерена је на мерном месту Е5, које се налази испод спољашњег фазног проводника надземног вода бр. 451/1 напонског нивоа 400 kV. Вредности јачине електричног поља које прекорачују 10% референтног граничног нивоа, тј. 200 V/m, измерене су на мерним местима Е5, Е6, Е10–Е13, која се налазе у непосредној близини местâ увођења надземних водова напонских нивоа 110 kV и 400 kV у трансформаторску станицу. На преосталим мерним местима, у чијој близини нема увођења надземних водова у трансформаторску станицу, измерене вредности јачине електричног поља ниже су од 200 V/m.

На основу резултата мерења магнетске индукције приказаних на слици 3 и у табели 1 може се закључити да су измерене вредности на свим мерним местима знатно ниже од референтног граничног нивоа од 40 μ T, као и да ове вредности нису прекорачиле ни вредност од 10% референтног граничног нивоа, која износи 4 μ T. Највећа вредност магнетске индукције од 2,14 μ T измерена је на мерном месту В10, које се налази у оси двоструког надземног вода бр. 1240АБ напонског нивоа 110 kV, који је у време мерења био оптерећен струјом од око 220 А. Виши нивои магнетске индукције јављају се на местима увођења надземних водова у трансформаторску станицу у односу на остала мерна места, у чијој близини нема надземних водова. Пошто измерене вредности магнетске индукције одговарају струјама оптерећења надземних водова у време мерења, неопходно је извршити процену максималних нивоа. Ако се имају у виду резултати мерења магнетске индукције, као и однос максималних, тј. краткотрајно дозвољених струја оптерећења надземних водова и струја у време мерења, може се закључити да вредности магнетске индукције у околини анализираних трансформаторске станице не могу прекорачити прописани референтни гранични ниво чак ни у случају максималних оптерећења ових водова.

4. Закључак

На основу приказаних резултата може се закључити да се највеће вредности електричног и магнетског поља јављају у непосредној близини места увођења надземних водова напонских нивоа 110 kV и 400 kV у трансформаторску станицу, док су на осталим мерним местима ове вредности готово занемарљиве, пошто се високонапонска опрема инсталирана у трансформаторској станици налази на довољно великом растојању од њене ограде. Такође се закључује да су на свим мерним местима у околини анализирани трансформаторске станице вредности јачине електричног поља и магнетске индукције ниже од референтних граничних нивоа прописаних националном регулативом.

Захвалница

Рад је настао као резултат истраживања у оквиру пројекта бр. 42009, који је финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Закон о заштити од нејонизујућих зрачења, *Службени гласник Републике Србије*, бр. 36/09 од 15.05.2009. године.
- [2] Правилник о границама излагања нејонизујућим зрачењима, *Службени гласник Републике Србије*, бр. 104/09 од 16.12.2009. године.
- [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. године.
- [4] SRPS EN 61786-1: „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”, 2014. година.
- [5] 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.
- [6] SRPS EN 62110: „Нивои електричних и магнетских поља која стварају системи за напајање наизменичном струјом – Поступци мерења у погледу опште изложености”, 2011. година.
- [7] SRPS EN 50413: „Основни стандард за процедуре мерења и израчунавања излагања људи електричним, магнетским и електромагнетским пољима (од 0 Hz до 300 GHz)”, 2010. година.

- [8] Извештај Електротехничког института „Никола Тесла” бр. 315425-Л: „Испитивања нивоа нејонизујућих зрачења ниских фреквенција у околини ТС 400/110 kV Београд 20”, 2015. година.
- [9] ТУ ДВ 04: „Дозвољене струје фазних проводника на далеководима ЈП ЕМС”, ЈП Електро mreжа Србије, Београд, 29.04.2011.

Abstract: The topic of the paper is related to the ongoing issue of human exposure to stray electric and magnetic fields. On the example of a 400/110 kV substation a detailed presentation of power frequency electric and magnetic field testing is provided. The obtained results are analyzed and compared with reference levels prescribed by the national legislation referring to the protection of the general public from non-ionizing radiation.

Keywords: 400/110 kV substation, electric field, magnetic flux density, non-ionizing radiation, area of increased sensitivity.

Testing of Electric and Magnetic Fields in the Environment in the Vicinity of 400/110 kV Substation

Maja Grbić, Aleksandar Pavlović

Рад примљен у уредништво: 21.11.2018. године
Рад прихваћен: 15.12.2018. године