

**ИСПИТИВАЊЕ ЕЛЕКТРИЧНОГ И МАГНЕТСКОГ ПОЉА У БЛИЗИНИ НАДЗЕМНИХ И
КАБЛОВСКИХ ВОДОВА У ДИСТРИБУТИВНОМ ПОДРУЧЈУ БЕОГРАД С ЦИЉЕМ ОЦЕНЕ
ИЗЛОЖЕНОСТИ РАДНИКА**

**TESTING OF ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS IN THE VICINITY OF OVERHEAD AND
CABLE POWER LINES IN BELGRADE POWER DISTRIBUTION AREA FOR THE PURPOSE OF
ASSESSING THE EXPOSURE OF WORKERS**

Маја ГРБИЋ*, Електротехнички институт „Никола Тесла”, Република Србија
Александар ПАВЛОВИЋ, Електротехнички институт „Никола Тесла”, Република Србија
Дејан ХРВИЋ, Електротехнички институт „Никола Тесла”, Република Србија
Ненад РИСТОВИЋ, ЈП „Електропривреда Србије”, Технички центар Београд, Република Србија

КРАТАК САДРЖАЈ

У раду су анализирани нивои електричног и магнетског поља који се јављају у непосредној близини надземних водова напонских нивоа 0,4 kV, 10 kV и 35 kV и кабловских водова напонских нивоа 10 kV и 35 kV. Анализа је заснована на резултатима мерења јачине електричног поља и магнетске индукције у околини поменутих водова. Испитивања су спроведена ради оцене изложености радника електричном и магнетском пољу приликом обављања радова на поменутих водовима. Добијени резултати су упоређени с акционим вредностима које су прописане Правилником о превентивним мерама за безбедан и здрав рад при излагању електромагнетском пољу, из 2015. године. Закључено је да су добијене вредности електричног и магнетског поља ниже од прописаних акционих вредности и да рад на анализираним водовима може да се обавља без примене средстава за заштиту од електричног и магнетског поља.

Кључне речи: јачина електричног поља, магнетска индукција, дистрибутивни вод, изложеност радника.

ABSTRACT

The levels of electric and magnetic fields which occur in the immediate vicinity of 0.4 kV, 10 kV and 35 kV overhead lines, as well as 10 kV and 35 kV cable lines are analyzed in this paper. The analysis is based on the results of electric field strength and magnetic flux density measurements in the vicinity of the aforementioned power lines. The testings were conducted for the purpose of assessing the exposure of workers to electric and magnetic fields while performing work at these power lines. The obtained results were compared to the action levels prescribed by the Regulation on preventive measures to ensure the safety and health of workers exposed to the electromagnetic field from 2015. It was concluded that the obtained values of electric field strength and magnetic flux density were lower than the prescribed action levels and that work at the analyzed power lines can be performed without additional equipment for protection from electric and magnetic fields.

Keywords: electric field strength, magnetic flux density, distribution line, exposure of workers.

УВОД

У Републици Србији је у децембру 2015. године објављен Правилник о превентивним мерама за безбедан и здрав рад при излагању електромагнетском пољу [1], који се примењује од 1. јула 2018. године. Усвајањем овог правилника испуњени су захтеви Директиве 2013/35/EU [2], која је обавезујућа за државе чланице Европске уније. Према Правилнику [1] и Директиви [2], за индустријску фреквенцију од 50 Hz ниске акционе вредности за јачину електричног поља и магнетску индукцију износе 10 kV/m и 1000 μ T, док високе акционе вредности износе 20 kV/m и 6000 μ T.

У раду су анализирани резултати испитивања јачине електричног поља и магнетске индукције, која су спроведена у близини надземних водова напонских нивоа 0,4 kV, 10 kV и 35 kV и кабловских водова напонских нивоа 10 kV и 35 kV у саставу ОДС „ЕПС Дистрибуција”, Дистрибутивно подручје Београд.

* maja.grbic@ieent.org

ПОСТУПАК ИСПИТИВАЊА

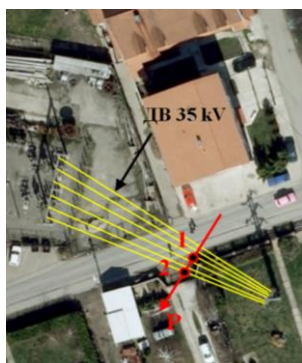
Испитивања су спроведена изотропским мерењем ефективних вредности јачине електричног поља (E) и магнетске индукције (B). На сваком мерном месту спроведено је по 12 мерења јачине електричног поља и магнетске индукције са кораком од 5 s, при чему средња вредност ових резултата представља коначан резултат мерења на датом мерном месту. Такође је мерена и фреквенција поља, која је у свим случајевима износила 50 Hz. За мерење је коришћен мерни систем који чине детектор и мерна сонда [3]. Испитивања су спроведена у складу са захтевима стандарда [4–7]. Ради одређивања максималне изложености радника, испитивања су спроведена на местима на којима се јављају највише вредности електричног и магнетског поља. У случају изолованих проводника испитивања су спроведена на растојању од приближно 0,2 m од проводника [7]. У случају неизолованих проводника испитивања су спроведена на растојању које приближно одговара минималном безбедносном размаку за дати напонски ниво. Минимални безбедносни размак за напонске нивое до 1 kV износи 0,2 m, за напонски ниво 10 kV износи 0,4 m у просторији, а 0,7 m на отвореном, док за напонски ниво 35 kV износи 0,7 m и у просторији и на отвореном простору [8, 9]. Код надземних водова испитивања су спровођена уз коришћење возила с корпом, тако што се током испитивања мерна сонда налазила у корпи, на одговарајућем растојању од проводника. Корпа с мерном сондом се постепено подиже до максималне висине за коју је на лицу места процењено да је безбедна за њено позиционирање. Након позиционирања сонде на описани начин, спроводи се мерење јачине електричног поља и магнетске индукције. У ситуацијама када су мерења вршена из корпе, растојања између сонде и проводника вода су у неким случајевима била већа од безбедносног размака, због процене руководиоца радова у погледу безбедности. За свако мерно место се евидентира његова висина изнад тла (h), а у случају мерења из корпе, и висина на којој се налази дно корпе (h_k), као и висина мерног места у односу на стајну тачку у корпи (h_s). Под висином мерног места подразумева се висина на којој се налази центар мерне сонде. У случају када су мерења вршена из корпе, висина мерног места је одређена мерењем помоћу ласерског даљиномера и помоћу мерне траке причвршћене за дно корпе, ради провере добијених резултата. Висине проводника надземних водова на месту на коме се врше испитивања мерене су ласерским даљиномером. Током мерења магнетске индукције бележи се и податак о струји оптерећења вода (I).

РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА У БЛИЗИНИ НАДЗЕМНИХ ВОДОВА

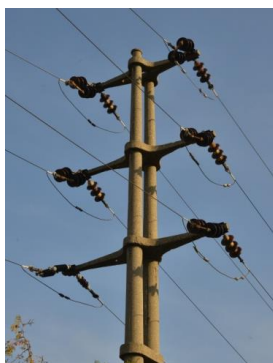
У овом поглављу су приказани резултати испитивања која су спроведена у непосредној близини надземних водова напонских нивоа 0,4 kV, 10 kV и 35 kV. Резултати ових испитивања дати су у [10].

Надземни вод напонског нивоа 35 kV бр. 316АБ ТС 110/35 kV „Београд 7” – ТС 35/10 kV „Крњача”

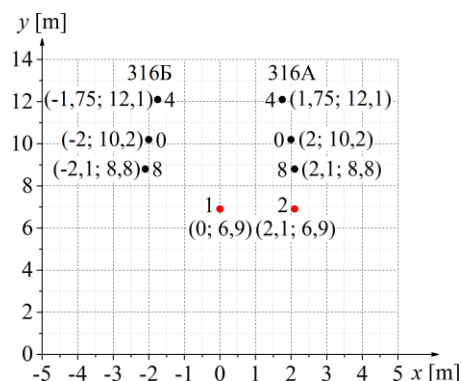
Испитивања електричног поља и магнетске индукције који потичу од двосистемског надземног вода бр. 316АБ спроведена су у непосредној близини ТС „Крњача”, на месту латералног профила Р, који је приказан на слици 1. Стуб у чијој близини је спроведено мерење приказан је на слици 2, а x и y координате проводника и мерних места на латералном профилу Р, приказане су на слици 3.



СЛИКА 1 – ЛОКАЦИЈА НА КОЈОЈ ЈЕ ИЗВРШЕНО МЕРЕЊЕ



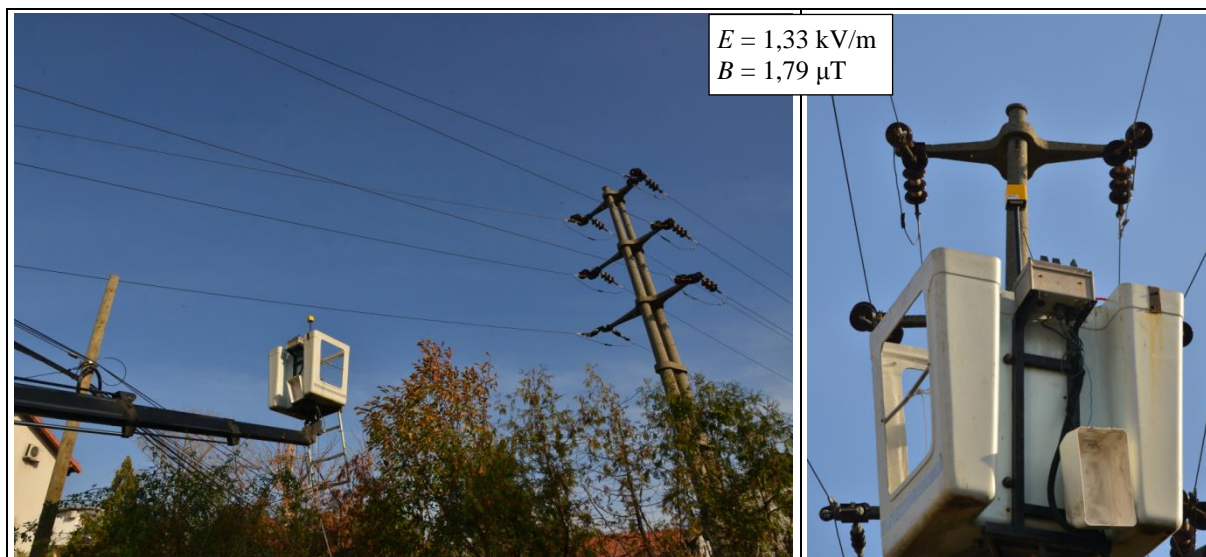
СЛИКА 2 – СТУБ У ЧИЈОЈ БЛИЗИНИ ЈЕ ИЗВРШЕНО МЕРЕЊЕ



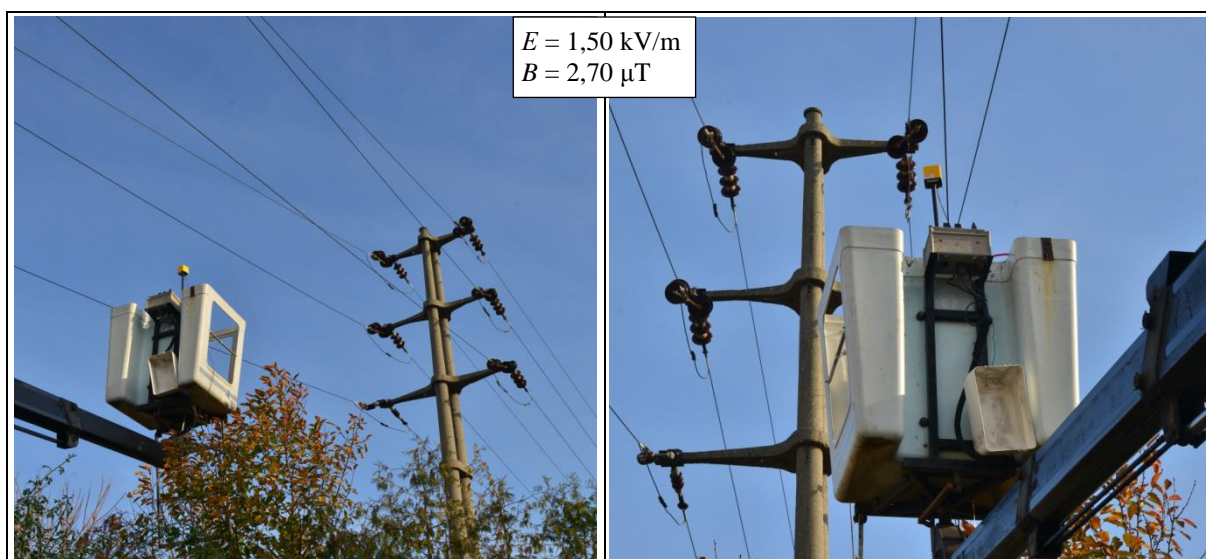
СЛИКА 3 – ГЕОМЕТРИЈА ВОДА НА МЕСТУ ЛАТЕРАЛНОГ ПРОФИЛА Р

На слици 3 позиција $x = 0$ m одговара оси двосистемског вода, а у координате проводника и мерних места одговарају њиховим висинама изнад тла.

Мерења су спроведена на мерним местима која су на сликама 1 и 3 означена бројевима 1 и 2. Мерно место 1 се налази у оси вода, а мерно место 2 испод најнижег фазног проводника вода бр. 316А. Оба мерна места се налазе на висини од 6,9 m изнад тла, тј. 1,9 m испод најнижих фазних проводника. На сликама 4 и 5 приказане су позиције мерних места 1 и 2 и резултати добијени мерењем. Струја оптерећења вода 316А у време мерења износила је 57 А, док је струја оптерећења вода 316Б износила 56 А. Проводници оба вода су типа А1/С $3 \times 70/12$ mm², тако да трајно дозвољена струја износи 269 А.



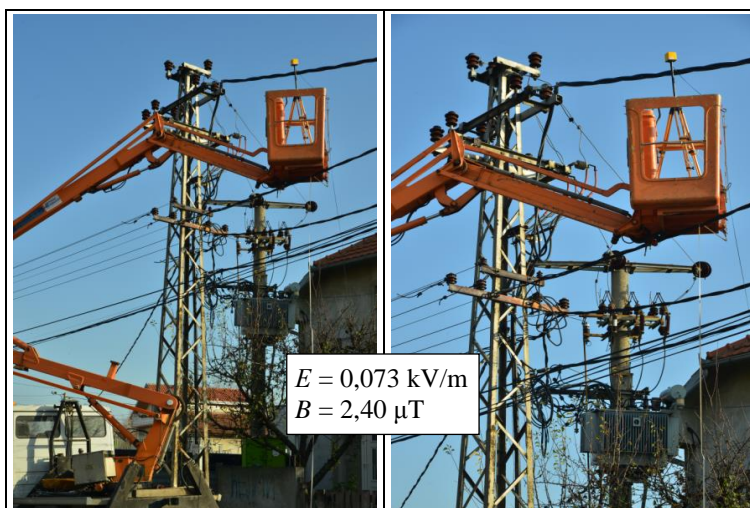
СЛИКА 4 – ПОЗИЦИЈА МЕРНОГ МЕСТА 1 (ОСА ДВОСИСТЕМСКОГ ВОДА) И РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА ($I = 57$ А (316А); $I = 56$ А (316Б); $H = 6,9$ М; $H_K = 5,2$ М; $H_S = 1,7$ М)



СЛИКА 5 – ПОЗИЦИЈА МЕРНОГ МЕСТА 2 (ИСПОД НАЈНИЖЕГ ПРОВОДНИКА ВОДА БР. 316А) И РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА ($I = 57$ А (316А); $I = 56$ А (316Б); $H = 6,9$ М; $H_K = 5,2$ М; $H_S = 1,7$ М)

Надземни вод напонског нивоа 10 kV код стубне ТС 10/0,4 kV „К-119”

Испитивања су спроведена у непосредној близини надземног вода напонског нивоа 10 kV из ТС 35/10 kV „Крњача”, прва деоница, од хелије бр. 10 до ТС „К-119”. Тип проводника овог вода је СКС ХНЕ 48/О-А $3 \times (1 \times 70) + 50/8$ mm². Максимална струја вода износи 220 А, док је струја у време мерења износила 55,5 А. Висина вода на месту на којем су вршена мерења износи 8 m. Мерења су спроведена на висини од 7,8 m изнад тла, тј. 0,2 m испод СКС-а. Позиција мерног места и резултати мерења приказани су на слици 6.

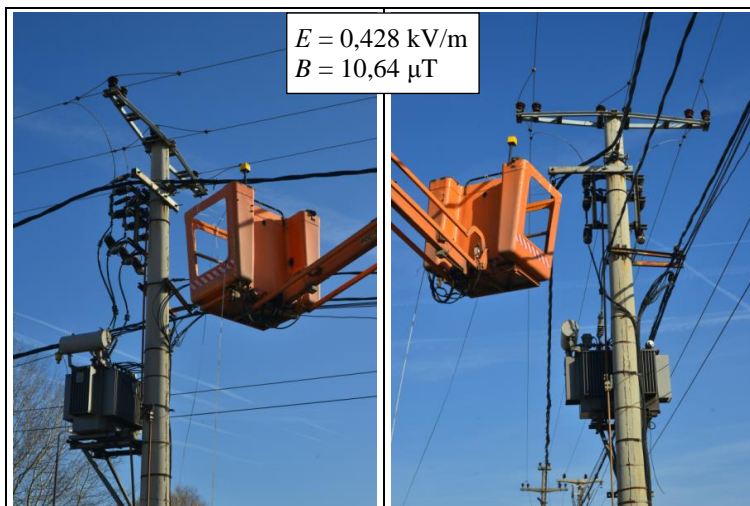


СЛИКА 6 – ПОЗИЦИЈА МЕРНОГ МЕСТА И РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА
($I = 55,5 \text{ A}$; $H = 7,8 \text{ M}$; $H_K = 6,1 \text{ M}$; $H_S = 1,7 \text{ M}$)

Надземни водови напонских нивоа 0,4 kV и 10 kV код стубне ТС 10/0,4 kV „Б-1773”

Испитивања су спроведена у близини два вода напонског нивоа 10 kV и два вода напонског нивоа 0,4 kV, код стубне ТС „Б-1773”.

На слици 7 приказан је положај мерног места и резултати мерења у близини надземног вода 10 kV из ТС 35/10 kV „Калуђерица”, 10 kV ћелија 4 до линијског растављача ВР-222 и стубне ТС „Б-1773”. Проводници вода су типа АI/Ѓ 35/6 mm², а трајно дозвољена струја износи 170 А. Фазни проводници вода се налазе на висини од 9 m. Мерење је спроведено испод крајњег фазног проводника, на висини од 7,2 m изнад тла, тј. 1,8 m испод проводника. Мерење у оси вода није спроведено због постојања других водова, што значи да ни у реалним условима рада корпа не би могла да се нађе у том положају.

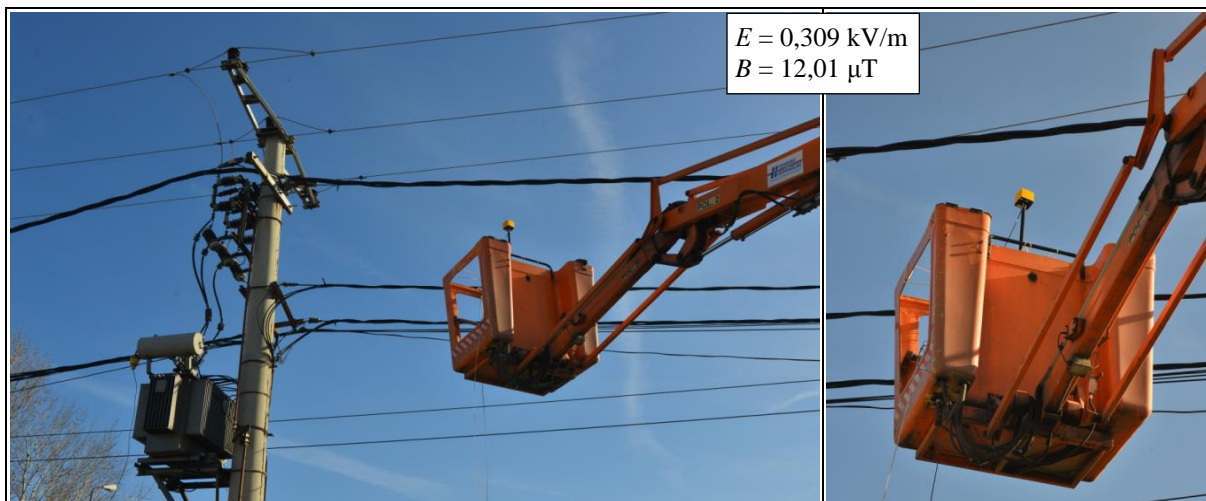


СЛИКА 7 – ПОЗИЦИЈА МЕРНОГ МЕСТА (ИСПОД КРАЈЊЕГ ФАЗНОГ ПРОВОДНИКА) И
РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА
($H = 7,2 \text{ M}$; $H_K = 5,5 \text{ M}$; $H_S = 1,7 \text{ M}$)

На слици 8 приказан је положај мерног места и резултати мерења у близини СКС-а напонског нивоа 10 kV. Вод је типа СКС ХНЕ 48/О-А 3×(1×70/16)+50 mm², а његова максимална струја износи 220 А. Висина вода на месту мерења износи 7,7 m. Мерење је спроведено на висини од 7 m изнад тла, тј. 0,7 m испод СКС-а.

На сликама 9 и 10 приказан је положај мерних места и резултати мерења у близини водова 0,4 kV. Висина ближег вода на месту мерења износи 6,3 m, а висина даљег 6,2 m. Мерење испод ближег вода је спроведено на висини од 6 m, а испод даљег вода на висини од 5,9 m изнад тла, тј. на растојању од 0,3 m од ових водова. Водови су типа СКС Х00/О-А 3×70+61/10+2×16 mm², а њихова максимална струја износи 205 А.

Вредности јачине електричног поља измерене у непосредној близини водова 0,4 kV и 10 kV који су изведени самоносећим кабловским снопом потичу од надземног вода напонског нивоа 10 kV са неизолованим проводницима и проводника за везу овог вода и трансформаторске станице.



СЛИКА 8 – ПОЗИЦИЈА МЕРНОГ МЕСТА (ИСПОД 10 KV СКС-А) И РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА
($H = 7 \text{ M}$; $H_K = 5,3 \text{ M}$; $H_S = 1,7 \text{ M}$)



СЛИКА 9 – ПОЗИЦИЈА МЕРНОГ МЕСТА (ИСПОД БЛИЖЕГ 0,4 KV СКС-А) И РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА
($H = 6 \text{ M}$; $H_K = 4,3 \text{ M}$; $H_S = 1,7 \text{ M}$)



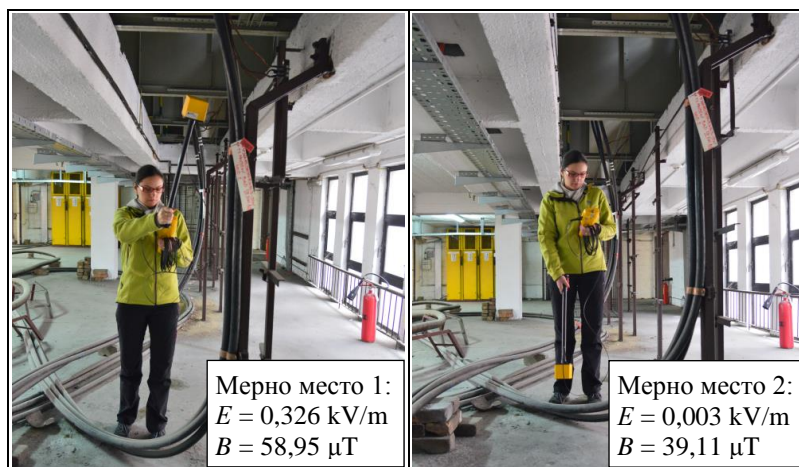
СЛИКА 10 – ПОЗИЦИЈА МЕРНОГ МЕСТА (ИСПОД ДАЉЕГ 0,4 KV СКС-А) И РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА
($H = 5,9 \text{ M}$; $H_K = 4,2 \text{ M}$; $H_S = 1,7 \text{ M}$)

РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА У БЛИЗИНИ КАБЛОВСКИХ ВОДОВА

У овом поглављу су приказани резултати испитивања која су спроведена у непосредној близини кабловских водова напонских нивоа 10 kV и 35 kV. Резултати ових испитивања дати су у [11]. У складу са захтевима стандарда [7], мерења су спроведена на растојању од 0,2 m од кабловских водова, при чему се растојање мери од центра мерне сонде до најближе тачке на површини кабла.

Кабловски вод напонског нивоа 35 kV у ТС 35/10 kV „Зелени венац”

Испитивања су спроведена у кабловском простору ТС „Зелени венац”, код кабловског вода напонског нивоа 35 kV ТС 35/10 kV „Зелени венац” – ТС 110/35 kV „Београд 6”. Овај кабл је изабран због тога што је у његовој близини измерена највећа вредност магнетске индукције у кабловском простору. Кабл је типа ХНЕ 49А 3×(1×185 mm²) Al / IPO 13 3×95 mm² Cu, а његова максимална струја износи 250 А. Струја је у време мерења износила 100 А. Позиције мерних места 1 и 2, као и резултати мерења, приказани су на слици 11. На мерном месту 1 добијена је већа вредност магнетске индукције него на мерном месту 2, пошто се на мерном месту 1 жиле кабла међусобно удаљавају. Вредност јачине електричног поља измерена на мерном месту 1 потиче од неизоловане опреме која се налази изнад мерног места.



СЛИКА 11 – ПОЗИЦИЈЕ МЕРНИХ МЕСТА 1 И 2 И РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА ($I = 100 \text{ A}$)

Кабловски вод напонског нивоа 10 kV у ТС 35/10 kV „Калуђерица”

Испитивања су спроведена у близини кабловског вода 10 kV за везу трансформатора Т-1, који се налази у ТС „Калуђерица” (слика 12). Назначена струја трансформатора на страни 10 kV износи 550,2 А. Струја на 10 kV страни трансформатора у време мерења магнетске индукције износила је 500 А.



СЛИКА 12 – ПОЗИЦИЈА МЕРНОГ МЕСТА И РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА ($I = 500 \text{ A}$; $H = 1,5 \text{ M}$)

Кабловски вод напонског нивоа 10 kV у ТС 35/10 kV „Крњача”

Испитивања су спроведена у близини кабловског вода 10 kV за везу трансформатора Т-3, који се налази у ТС „Крњача” (слика 13). Кабл је типа ХНЕ 49А 3×(1×150 mm²) А1. Максимална струја кабловског вода износи 283 А. Струја је у време мерења износила 221 А. На слици 13 приказане су позиције мерних места 1, 2 и 3. Мерно место 1 се налази непосредно уз кабловски вод, док се мерна места 2 и 3 налазе на растојању од 0,2 m. Према стандарду [7], за оцену изложености радника меродавна су испитивања на растојању од 0,2 m, тј. резултати добијени на мерним местима 2 и 3. Мерење на мерном месту 1 спроведено је да би се показале разлике у резултатима мерења у зависности од растојања од кабловског вода.



СЛИКА 13 – ПОЗИЦИЈЕ МЕРНИХ МЕСТА 1, 2 И 3 И РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА ($I = 221 \text{ A}$; $H = 1,7 \text{ M}$)

ЗБИРНИ ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА ИСПИТИВАЊА

Збирни приказ резултата испитивања у близини надземних и кабловских водова дат је у табели 1. За сваки вод код којег су вршена испитивања, у табели 1 су приказани резултати мерења јачине електричног поља и магнетске индукције. У случају када су мерења извођена на више од једног мерног места, у табели 1 су дате највеће измерене вредности јачине електричног поља и магнетске индукције, E_m и B_m , које су меродавне за оцену изложености радника. Такође су дати подаци о назначеном напону вода U_n , максималној струји I_{max} , као и струји у време мерења I , која је изражена у амперима и процентима од максималне струје, и то за водове за које су наведени подаци били расположиви. У табели 1 је дата и израчуната максимална вредност магнетске индукције, B_{max} , која би се јавила приликом оптерећења вода максималном струјом. Вредност B_{max} се израчунава на следећи начин:

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

На основу израчунате вредности B_{max} може се проценити вредност магнетске индукције приликом максималног оптерећења вода. У случајевима када на малом међусобном растојању постоји више водова, који при томе имају и различита оптерећења, израчунавање B_{max} на описани начин није спроведено, пошто би овако добијени резултат имао значајну несигурност, због суперпозиције поља која потичу од различитих извора.

Међутим, израчунавање B_{max} на описани начин спроведено је на местима где поље доминантно потиче од једног извора, што је управо случај с водовима где су мерењем добијени највиши нивои магнетске индукције.

ТАБЕЛА 1 – ЗБИРНИ ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА ИСПИТИВАЊА

Вод	U_n [kV]	I_{max} [A]	I [A]	I [%]	E_m [kV/m]	B_m [μ T]	B_{max} [μ T]
Двосистемски надземни вод бр. 316АБ ТС „Београд 7” – ТС „Крњача”	35	269	56; 57	20,8	1,50	2,70	12,97
Надземни вод код стубне ТС „К-119” (СКС)	10	220	55,5	25,2	0,073	2,40	9,51
Надземни вод код стубне ТС „Б-1773”	10	170	/	/	0,428	10,64	/
Надземни вод код стубне ТС „Б-1773” (СКС)	10	220	/	/	0,309	12,01	
Надземни вод код стубне ТС „Б-1773” (СКС)	0,4	205	/	/	0,149	8,96	
Надземни вод код стубне ТС „Б-1773” (СКС)	0,4	205	/	/	0,049	10,62	
Кабловски вод ТС „Зелени венац” – ТС „Београд 6”	35	250	100	40	0,326	58,95	147,38
Кабловски вод за везу трансформатора Т-1 у ТС „Калуђерица”	10	550,2	500	90,9	0,033	171,71	188,95
Кабловски вод за везу трансформатора Т-3 у ТС „Крњача”	10	283	221	78,1	0,098	46,11	59,05

ЗАКЉУЧАК

У раду су приказани резултати испитивања јачине електричног поља и магнетске индукције која су спроведена у непосредној близини надземних водова напонских нивоа 0,4 kV, 10 kV и 35 kV и кабловских водова напонских нивоа 10 kV и 35 kV, који су у саставу ОДС „ЕПС Дистрибуција”, Дистрибутивно подручје Београд. Испитивања су спроведена ради оцене изложености радника електричном и магнетском пољу и провере усаглашености нивоа поља с прописаним границама излагања. Измерене вредности јачине електричног поља код надземних водова налазе се у опсегу од 0,049 kV/m до 1,50 kV/m, а код кабловских водова у опсегу од 0,098 kV/m до 0,326 kV/m. Највећа вредност јачине електричног поља од 1,50 kV/m измерена је у непосредној близини двосистемског надземног вода напонског нивоа 35 kV. На основу добијених резултата закључује се да вредности јачине електричног поља не могу прекорачити ниску акциону вредност од 10 kV/m. Измерене вредности магнетске индукције се код надземних водова крећу од 2,40 μ T до 12,01 μ T, а код кабловских од 46,11 μ T до 171,71 μ T. Закључује се да измерене вредности магнетске индукције нису прекорачиле ниску акциону вредност од 1000 μ T ни на једном мерном месту. Измерене вредности магнетске индукције одговарају тренутним оптерећењима водова у време мерења. Највећа вредност магнетске индукције од 171,71 μ T измерена је на растојању од 0,2 m од кабловских водова чије је оптерећење у датом тренутку износило 90% од максималног оптерећења. Процењено је да би приликом максималног оптерећења водова вредност магнетске индукције на овом месту износила приближно 188,95 μ T. У ситуацијама где на малом растојању постоји утицај више водова, није извршена екстраполација резултата мерења магнетске индукције на максималну струју, пошто би овакав резултат имао значајну несигурност. Међутим, измерене вредности су се у овим случајевима налазиле у опсегу од 8,96 μ T до 12,01 μ T, што представља 0,9–1,2% ниске акционе вредности од 1000 μ T, због чега је основано закључити да ће на овим локацијама вредности магнетске индукције бити знатно ниже од ниске акционе вредности и приликом већих оптерећења водова. На основу приказаних резултата закључује се да приликом радова на анализираним водовима није потребна примена додатних мера и средстава за заштиту радника од електромагнетског поља. Даља истраживања ове теме биће усмерена на прорачуне јачине електричног поља и магнетске индукције у околини надземних и кабловских водова, као и на мерења у осталим дистрибутивним подручјима.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Правилник о превентивним мерама за безбедан и здрав рад при излагању електромагнетском пољу, „Службени гласник Републике Србије”, број 111/15, од 29. 12. 2015.
- [2] 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) (20th 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.
- [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] Интерни стандард ЕДБ-а Х.БЗ.1.300/01 „Безбедност при раду на електроенергетским објектима – радови на надземним водовима”, „Службени гласник ЕДБ – интерни стандарди ЕДБ”, 15. 4. 2006.
- [9] Интерни стандард ЕДБ-а Х.БЗ.1.200/01 „Безбедност при раду на електроенергетским објектима – радови у постројењима”, „Службени гласник ЕДБ – интерни стандарди ЕДБ”, 15. 4. 2006.
- [10] Извештаји Електротехничког института „Никола Тесла” бр. 320078-Л, 320079-Л, 320080-Л, 320081-Л, 2020.
- [11] Извештаји Електротехничког института „Никола Тесла” бр. 320082-Л, 320083-Л, 320084-Л, 2020.