

# ANALIZA MAGNETSKIH POLJA OKO ZRAČNIH PRIJENOSNIH LINIJA I MOGUĆA RJEŠENJA SMANJENJA NJIHOVIH VRIJEDNOSTI

## ANALYSIS OF MAGNETIC FIELD AROUND THE OVERHEAD TRANSMISSION LINES AND POSSIBLE SOLUTIONS TO MITIGATE THEIR IMPACT

Mario Kokorus<sup>1</sup>, Sead Delić<sup>2</sup>, Mahir Muratović<sup>2</sup>

**Sažetak:** Javnost je zabrinuta oko uticaja visokonaponskih zračnih linija po ljudsko zdravlje. ELF (eng. Extra Low Frequency) elektromagnetska polja su prema Međunarodnoj agenciji za istraživanje karcinoma (IARC) klasificirana kao potencijalno kancerogena po ljude koji su duže vremena izloženi njihovom djelovanju. U radu su prezentirani rezultati mjerenja ELF magnetskih polja ispod 400 kV zračne prijenosne linije i usporedba sa dopuštenim vrijednostima od strane Međunarodne komisije za zaštitu od neionizirajućeg zračenja (ICNIRP). Provedeni su proračuni na 400 kV zračnoj liniji i izvršena je usporedba sa rezultatima mjerenja. Razmatrane su metode za smanjenje vrijednosti ELF magnetskog polja i dat prijedlog najefikasnijeg rješenja.

**Ključne riječi:** Zračna prijenosna linija, ELF magnetska polja, smanjenje vrijednosti ELF magnetskog polja

**Abstract:** The public is concerned about the effects of high-voltage overhead lines to human health. ELF electromagnetic field is classified by the International Agency for Research on Cancer (IARC) as possible cancerogenic to humans who are exposed for a long time their effects. The paper presents the results of measurements of ELF magnetic fields below 400 kV overhead line and comparison with values allowed by the ICNIRP. The computer calculation on 400 kV transmission lines and comparison with results of measurements were performed. Mitigation techniques of power-frequency magnetic fields originated from transmission lines are discussed and most efficient solution for mitigation of ELF magnetic field is proposed.

**Keywords:** Transmission lines, ELF magnetic field, Mitigation of ELF magnetic field

### UVOD

Magnetska polja koja nastaju kao posljedica rada elektroenergetskih objekata su vrlo bitna, kako s aspekta uticaja na ljude i ostale žive organizme, tako i njihovog uticaja na okolne objekte (vodovodne cijevi, telekomunikacijske linije, itd.). Zračne prijenosne linije nazivnog napona 110, 220 i 400 kV predstavljaju veoma značajan dio elektroenergetskog sistema u cjelini. Neminovna je činjenica da prijenosne linije u nekim situacijama moraju proći i kroz naseljena područja (iznad puteva, vrlo blizu ili direktno kroz naselja, blizu stambenih i privrednih objekata, i sl.). U javnosti postoji mišljenje o negativnom uticaju različitih elektroenergetskih objekata, posebno zračnih prijenosnih linija na okolinu s obzirom na emitovanje elektromagnetskih zračenja. Iz tog razloga veoma

je bitno registrovati stvarne vrijednosti magnetskih polja veoma niskih frekvencija. Za preciznije određivanje vrijednosti magnetskog polja u blizini visokonaponskih objekata neophodno je poznavanje podataka o samom objektu, ali i o objektima koji se nalaze u njegovoj neposrednoj blizini. Kada se vrše proračuni magnetskog polja zračne prijenosne linije, stepen tačnosti proračuna u velikoj mjeri ovisi o poznavanju tačnog rasporeda vodiča posmatrane zračne linije. Vrijednost magnetskog polja u tački ispod zračne linije je konstantna, ali vrijednosti magnetskog polja se mijenjaju u ovisnosti od vremenskih promjena struja kroz liniju. Za proračun magnetskog polja zračnih linija obično se koristi maksimalna vrijednost struje opterećenja za posmatranu liniju [1]-[4].

S aspekta sigurnosti ljudi zaposlenih u visokonaponskim postrojenjima, veoma je važno znati vrijednosti magnetskih polja nastalih od zračnih vodova i ostale opreme u tim postrojenjima. Rastuća zabrinutost javnosti po pitanju uticaja magnetskih polja dovela je do izrade evropskih smjernica i veoma strogih standarda u pojedinim

<sup>1</sup> BH K CIGRE, Bosna i Hercegovina  
mkokorus@yahoo.com

<sup>2</sup> EnergoBos ILJIN, Bosna i Hercegovina  
Rad dostavljen: 31.10.2013; Rad prihvaćen: 03.02.2014

zemljama. Svi ovi standardi zahtijevaju ograničeno izlaganje stručnog osoblja i ostale populacije elektromagnetskim poljima. Iz tog razloga, veoma je važno vršiti mjerenja magnetskih polja i porediti ih sa vrijednostima koje su definisane standardima. Uz primjenu savremene mjerne opreme i računarskih tehnika moguće je utvrditi stvarne vrijednosti magnetskog polja uključujući i načine za njihovo smanjenje, a koji uključuju i konstruktivne zahvate na zračnim prijenosnim linijama i visokonaponskim postrojenjima [5]-[7].

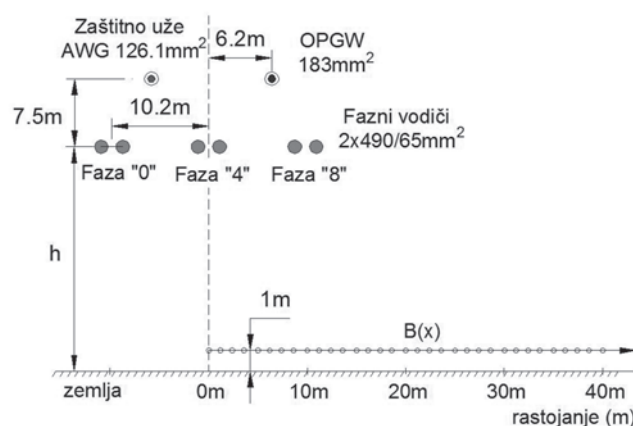
U radu su obrađene izmjerene i proračunate vrijednosti magnetskog polja ispod 400 kV zračne prijenosne linije Sarajevo 10 - Sarajevo 20. Budući da Bosna i Hercegovina još uvijek nema definisane standarde u ovoj oblasti, veoma je važno sagledati stanje u zemljama regije i Evropi i inicirati kreiranje standarda u ovoj oblasti i kod nas. Tokom ovog procesa vrlo je važno uzeti u obzir preporuke Međunarodne komisije za zaštitu od neionizirajućeg zračenja (ICNIRP) i Evropskog parlamenta koji preporučuju referentnu vrijednost magnetskog polja od 100  $\mu$ T. Pojedine zemlje su prihvatile ili imaju namjeru prihvatiti pristup da se kao standardne uvedu niže vrijednosti od onih koje propisuje ICNIRP. Stalni razvoj društva sa sobom dovodi i do razvoja prijenosnog sistema, a to opet ima za posljedicu jako veliki uticaj na okolinu. Iz tih razloga potpuno je opravdana težnja za projektovanje i izgradnju kompaktnih zračnih prijenosnih linija koje mogu prenijeti više energije prema raspoloživom prostoru (MW/m), uz smanjenje negativnih uticaja na okolinu [8]-[11].

## 1. MJERENJE MAGNETSKIH POLJA

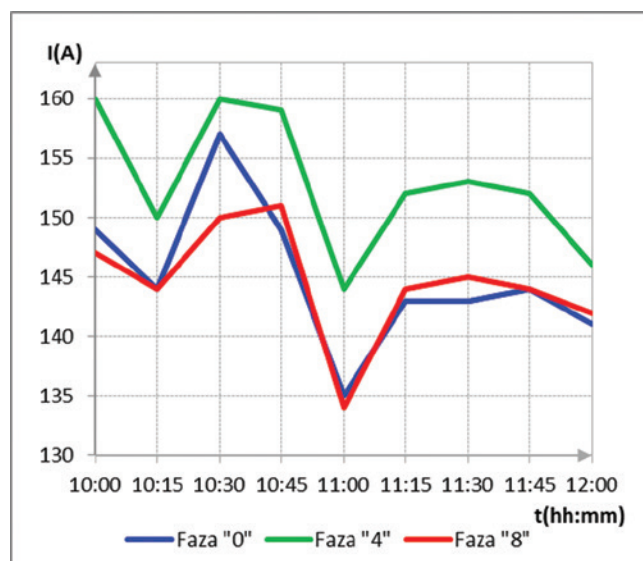
Mjerenje jakosti magnetskog polja obavljeno je u blizini 400kV dalekovoda Sarajevo 10 – Sarajevo 20 (Reljevo-Lukavica). Mjerenja su vršena na visini od 1 m iznad

površine zemlje. Obavljena su mjerenja u dva navrata sa različitim vremenskim i pogonskim uslovima, što je prikazano u Tabeli I (mjerenje „A“ i mjerenje „B“). Mjerenja su vršena instrumentom NARDA ELT-400.

Izgled poprečnog presjeka predmetne zračne prijenosne linije sa geometrijskim rasporedom vodiča dat je na Slici 1. Mjerenja magnetskog polja vršena su počevši od ose zračne linije (faza „4“), pa do udaljenosti od 40 m u smjeru faze „8“ na svakih 1 m. Istovremeno sa mjerenjem magnetskog polja vršena su i mjerenja struje na liniji u intervalima od po 15 minuta. Mjerenja „A“ obavljena su u periodu od 10:25-10:35 sati (Slika 2), dok su mjerenja „B“ obavljena u periodu 09:45-10:00 sati (Slika 3). Na Slici 2 i Slici 3 prikazana je vremenska promjena struje kroz faze u nešto širem vremenskom periodu, samo zbog informacije.



Slika 1: Poprečni presjek zračne prenosne linije sa geometrijskim rasporedom vodiča

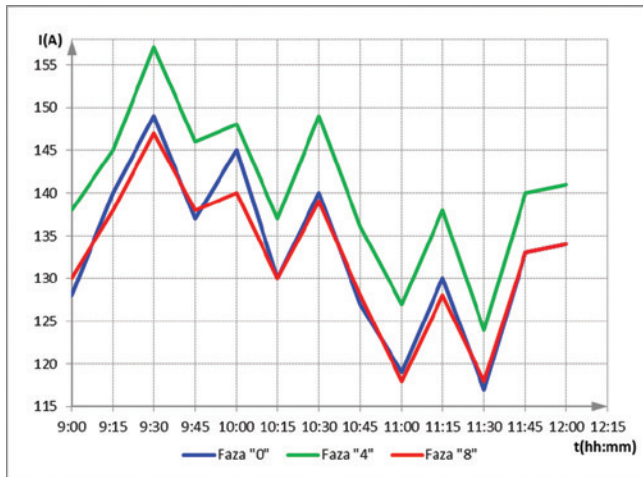


Slika 2: Vrijednost struje (Mjerenje „A“)

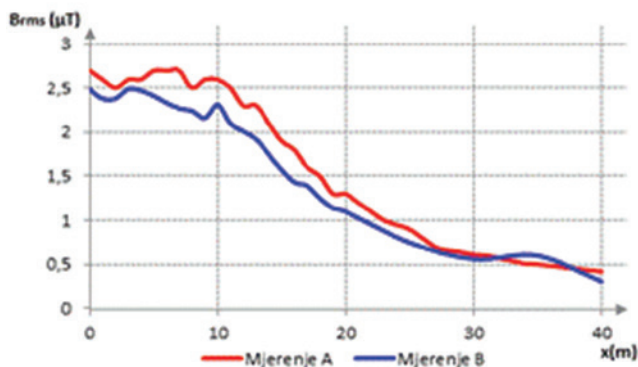
Rezultati mjerenja magnetskog polja za dva seta mjerenja, odnosno mjerenja „A“ i mjerenja „B“ prikazani su na Slici 4, a prema konfiguraciji sa Slike 1.

Tabela I: Uvjeti tokom mjerenja

| Radni uvjeti i uvjeti okoliša tokom mjerenja |                                                                                                         |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mjerenje „A“                                 |                                                                                                         |
| Visina vodiča h(m)                           | Faza „0“: 10,94 m<br>Faza „4“: 10,99 m<br>Faza „8“: 11,33 m<br>Zaštitni vodič: 17,27 m<br>OPGW: 17,53 m |
| Temperatura okoline                          | 8 °C                                                                                                    |
| Relativna vlažnost                           | 81 %                                                                                                    |
| Pritisak zraka                               | 1003 hPa                                                                                                |
| Mjerenje „B“                                 |                                                                                                         |
| Visina vodiča h(m)                           | Faza „0“: 11,18 m<br>Faza „4“: 11,27 m<br>Faza „8“: 11,58 m<br>Zaštitni vodič: 17,46 m<br>OPGW: 17,71 m |
| Temperatura okoline                          | -5 °C                                                                                                   |
| Relativna vlažnost                           | 68 %                                                                                                    |
| Pritisak zraka                               | 1020 hPa                                                                                                |



Slika 3: Vrijednost struje (Mjerenje "B")



Slika 4. Rezultati mjerenja magnetskih polja na 400 kV prijenosnoj liniji Sarajevo 10 – Sarajevo 20

Značajno niža temperatura okoline tokom mjerenja „B,” u odnosu na temperaturu okoline tokom mjerenja „A,” rezultirala je povećanjem rastojanja između faznih vodiča i zemlje pri mjerenju „B” u odnosu na mjerenje „A”. Također, strujno opterećenje vodiča u toku mjerenja „A” za oko 10 A je veće u usporedbi s opterećenjem u toku mjerenja „B”. Kao rezultat ovih činjenica, vrijednosti magnetske indukcije pri mjerenju „A” su veće od vrijednosti pri mjerenju „B”.

## 2. PRORAČUN MAGNETSKIH POLJA I USPOREDBA REZULTATA

Jedan od glavnih ciljeva ovoga rada jeste verifikacija modela proračuna magnetskog polja ispod zračnih prijenosnih linija visokog napona, na osnovi rezultata provedenih mjerenja. Nakon zadovoljavajućeg slaganja proračunatih vrijednosti magnetske indukcije ispod prijenosnih linija visokog napona s izmjerenim, moguće je potvrditi uticaj predloženih mjera za smanjenje ELF magnetskog polja [1], [4], [5].

U nastavku je dat matematski model za proračun jačine magnetske indukcije na kojem je zasnovan računarski program korišten za proračun ELF magnetskih polja [1], [3], [7].

### 2.1. Matematski model

Elektromagnetska polja opisana su Maxwellovim jednačinama, gdje su magnetsko i električno polje definisani operatorom divergencije i operatorom rotora. Maxwellove jednačine opisuju kako se električno i magnetsko polje generira i mijenja pri promjeni struje, naboja i magnetskog, odnosno električnog polja [1]:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho \quad (2)$$

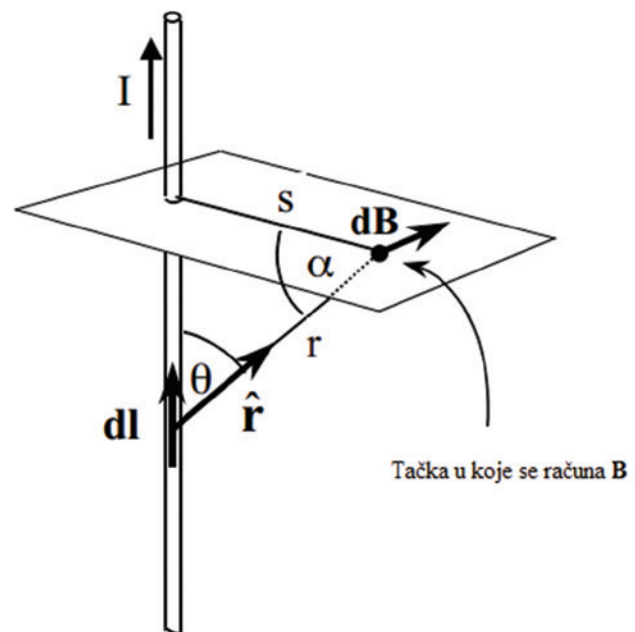
$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (3)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (4)$$

$$\mathbf{B} = \mu \cdot \mathbf{H} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \mathbf{H} \quad (5)$$

gdje je:  $\mathbf{B}$  - vektor magnetske indukcije,  $\mathbf{E}$  - vektor jačine električnog polja,  $\mathbf{D}$  - vektor gustoće električnog toka,  $\rho$  - gustoća naboja,  $\mathbf{H}$  - vektor jačine magnetskog polja,  $\mathbf{J}$  - vektor gustoće električne struje.

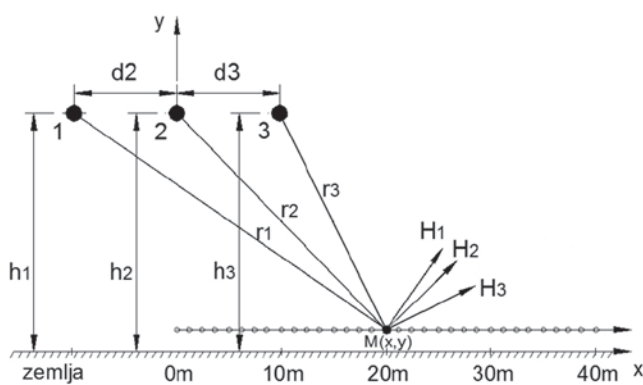
Jednačina (5) predstavlja vezu između vektora jakosti magnetskog polja  $\mathbf{H}$  i vektora magnetske indukcije  $\mathbf{B}$ .



Slika 5: Ilustracija Biot-Savartovog zakona za dugi provodnik kroz koji teče struja

Biot-Savartov zakon opisuje magnetsko polje generirano električnom strujom, odnosno povezuje jakost magnetskog polja s amplitudom i smjerom struje kroz vodič, te dužinom i udaljenošću tog vodiča. Za dugi provodnik kroz koji teče struja, kako je prikazano na Slici 5, Biot-Savartov zakon dat je jednačinom (6) [4], [6], [7].

$$\mathbf{B} = \frac{\mu}{4 \cdot \pi} \cdot I \cdot \int \frac{d\mathbf{l} \times \mathbf{r}}{r^3} \quad (6)$$



Slika 6: Model zračne linije

Na osnovi Biot-Savartovog zakona zapisanog u obliku (6) moguće je definisati model proračuna magnetske indukcije za posmatranu zračnu liniju. Efektivne vrijednosti komponenta magnetske indukcije su:

$$B_x = \frac{I \cdot \mu}{2 \cdot \pi} \cdot \left( \frac{h_1 - y}{r_1^2} + \frac{h_2 - y}{r_2^2} \cdot e^{-j\frac{2\pi}{3}} + \frac{h_3 - y}{r_3^2} \cdot e^{j\frac{2\pi}{3}} \right) \quad (7)$$

$$B_y = \frac{I \cdot \mu}{2 \cdot \pi} \cdot \left( \frac{x + d_2}{r_1^2} + \frac{x}{r_2^2} \cdot e^{-j\frac{2\pi}{3}} + \frac{x - d_3}{r_3^2} \cdot e^{j\frac{2\pi}{3}} \right) \quad (8)$$

a intenzitet magnetske indukcije je:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} \quad (9)$$

Jednačinu (9) moguće je napisati i u obliku [5]:

$$B = \frac{I \cdot \mu}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \theta_{ij} (A_i \cdot A_j + C_i \cdot C_j)} \quad (10)$$

gdje su:

$$A_1 = \frac{h_1 - y}{r_1^2}, A_2 = \frac{h_2 - y}{r_2^2}, A_3 = \frac{h_3 - y}{r_3^2} \quad (11)$$

$$C_1 = \frac{x + d_2}{r_1^2}, C_2 = \frac{x}{r_2^2}, C_3 = \frac{x - d_3}{r_3^2} \quad (12)$$

$$\theta_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ -\frac{1}{2} & i \neq j \end{cases} \quad (13)$$

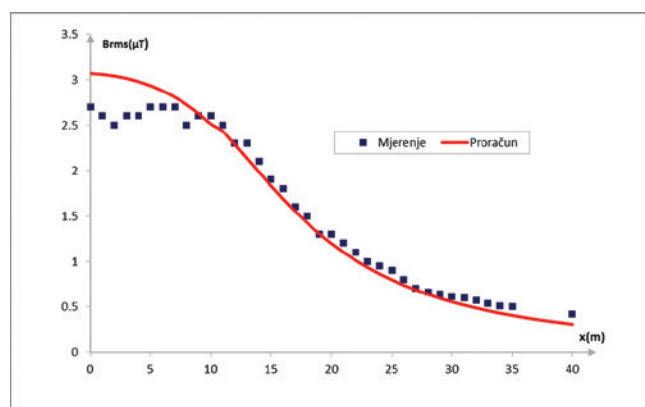
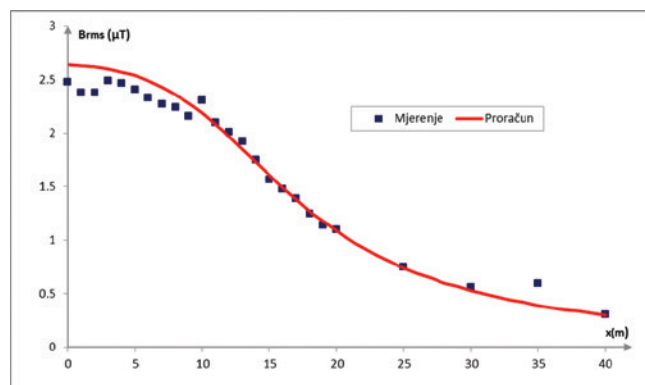
## 2.2. Usporedba rezultata mjerenja i proračuna

Uz korištenje računarskog programa zasnovanog na prikazanom modelu, izvršena su dva proračuna magnetskog polja, počevši od ose zračne linije (faza „4“), pa do udaljenosti od 40 m u smjeru faze „8“ na svakih 1 m, pri čemu su ulazni parametri proračuna odgovarali realnim parametrima tokom terenskih mjerenja (visina vodiča, struje kroz vodiče, itd).

Sa Slike 7 i Slike 8 može se uočiti vrlo dobro podudaranje proračunatih i izmjerenih vrijednosti magnetske indukcije,

osim neposredno ispod vodiča zračne linije. Mnogo je bitnije da se izmjerene i proračunate vrijednosti jako dobro podudaraju u širem području trase zračne linije, s obzirom da je to prostor gdje se najčešće nalaze stambeni i poslovni objekti, odnosno na kojem ljudi borave duže vrijeme.

Na osnovu rezultata prikazanih na Slici 7 i Slici 8 uspješno je izvršena verifikacija predstavljenog modela i rezultata proračuna. Može se zaključiti da je ovakav način proračuna validan za ocjenu mjera za snižavanje vrijednosti ELF magnetskih polja ispod prijenosnih linija visokog napona.

Slika 7: Usporedba rezultata mjerenja sa rezultatima proračuna (Mjerenje „A“:  $I_1=157$  A,  $I_2=160$  A,  $I_3=150$  A)Slika 8: Usporedba rezultata mjerenja sa rezultatima proračuna (Mjerenje „B“:  $I_1=137$  A,  $I_2=146$  A,  $I_3=138$  A)

U datom se modelu radi jednostavnosti razmatra simetričan slučaj (struje u svim fazama su jednake). Za proračune čiji su rezultati prikazani u radu, korišten je komercijalni softver koji daje mogućnost unosa međusobno različitih vrijednosti faznih struja, tako da u proračunima nisu pravljeni zanemarivanja po ovom pitanju.

## 3. METODE ZA SMANJENJE MAGNETSKIH POLJA

Metode smanjenja magnetskih polja oko zračnih prijenosnih linija mogu se svrstati u nekoliko skupina [2], [5], [8], [9]:

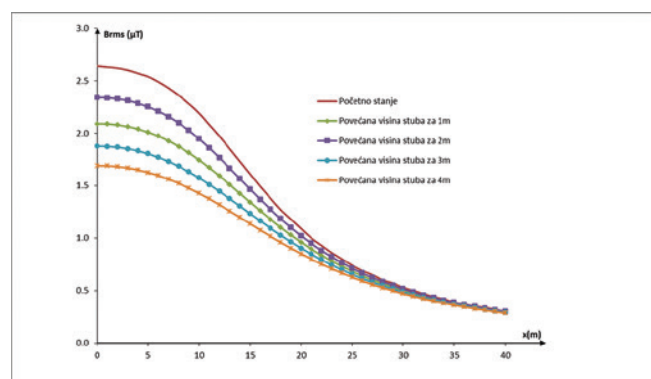
- promjena rasporeda vodiča, uključujući i povećanje visine stubova,

- aktivna i pasivna kompenzacija pri čemu se u kompenzacijskim petljama indukuje struja,
- ekranizacija.

U radu su obrađene metode promjene rasporeda vodiča i povećanje visine stubova, dok ostale metode nisu bile predmet razmatranja.

Povećanje visine stubova sigurno dovodi do smanjenja magnetskih polja u okviru koridora zračne prenosne linije, a najznačajnije smanjenje za razmatrani horizontalni raspored vodiča (dat na Slici 1) vidljivo je u području srednje faze i opada u širem području koridora linije. Budući da se smanjenje i zahtijeva u širem području koridora, ovo rješenje nije najpogodnije za visokonaponske zračne prijenosne linije jer se objekti, zbog kojih se i vrši smanjenje elektromagnetskih polja, ne nalaze u užem području koridora.

Na Slici 9 dati su rezultati proračuna magnetskih polja za prijenosnu liniju sa rasporedom vodiča na Slici 1 uz promjenu visine stubova za 1, 2, 3 i 4 m, respektivno.

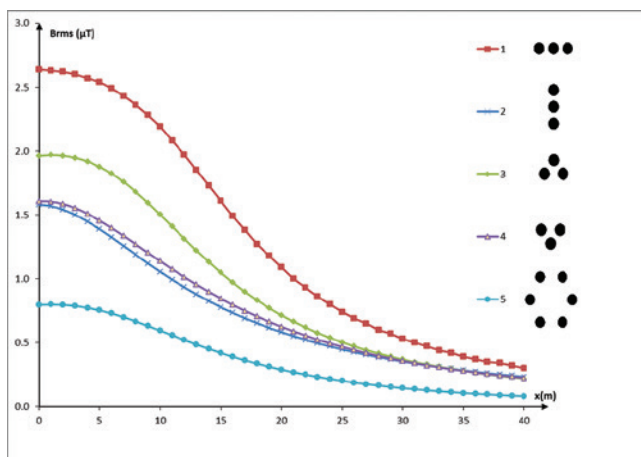


Slika 9: Smanjenje magnetskog polja povećanjem visine stuba

Značajnije smanjenje magnetskih polja u širem području koridora moguće je ostvariti odabirom odgovarajućeg rasporeda vodiča na liniji. Provedeni su proračuni za više konfiguracija vodiča, počevši od postojećeg stanja sa horizontalnim rasporedom (kriva 1), preko vertikalnog rasporeda (kriva 2) do „delta“ rasporeda (kriva 3) i obrnutog „delta“ rasporeda (kriva 4). Prilikom proračuna, visine najnižih faza i međufazna rastojanja zadržana su ista za sve konfiguracije.

Sa Slike 10 mogu se uočiti značajna smanjenja magnetskog polja, kako u užem tako i u širem području koridora linije. Osim navedenih konfiguracija moguće je izvesti i tzv. „split-phase“, odnosno dijeljenje faze na više vodiča čime se značajno smanjuje magnetsko polje. „Low resistance“ konfiguracija formira praktično dva sistema vodiča i to jedan sa rasporedom faza odozgo prema dole 0, 4, 8 (vertikalni raspored) i drugi sa rasporedom faza odozgo prema dole 8, 4, 0. Ukupna je vrijednost struje kroz pojedinu fazu podijeljena na sve vodiče te faze. Ova metoda daje najbolje rezultate što je prikazano na Slici 10 (kriva 5), ali ima i određena ograničenja - povećanje troš-

kova zbog dodatnih vodiča i opreme. Ipak, u slučaju potrebe smanjenja magnetskog polja na ograničenom broju raspona, ovo rješenje ima puno opravdanje za primjenu.



Slika 10: Smanjenje magnetskog polja promjenom konfiguracije vodiča

#### 4. ZAKLJUČAK

U radu su predstavljeni rezultati dvaju mjerenja ELF magnetskih polja ispod 400 kV prijenosne linije. Dobiveni rezultati su značajno ispod preporučenih vrijednosti od strane Međunarodne komisije za zaštitu od neionizirajućeg zračenja (ICNIRP). Korištenjem računarskog programa izvršeni su proračuni magnetskog polja za zabilježene terenske uvjete tokom mjerenja, kao što su udaljenost faznih i zaštitnih vodiča od zemlje i vrijednost struje kroz faze prijenosne linije. Rezultati proračuna magnetske indukcije na visini 1m od zemlje pokazali su dobro slaganje s izmjerenim vrijednostima. Analizirane su različite konfiguracije vodiča prijenosne linije u cilju smanjivanja magnetskog polja u blizini zemlje. Predložena je mjera snižavanja magnetskog polja dodavanjem novih vodiča po fazi, koja uz njihovu preraspodjelu daje značajno smanjenje vrijednosti magnetske indukcije, kako u užem tako i širem području koridora prijenosne linije.

#### LITERATURA

- [1] S. Čaršimamović, M. Raščić, Z. Bajramović, A. Čaršimamović: „Elektromagnetska kompatibilnost u elektroenergetskom sistemu“, 272. str., ISBN 978-9958-629-40-2, University Press Sarajevo, 2011.
- [2] EPRI AC Transmission Line Reference Book—200kV and Above, Third Edition, 2009.
- [3] D. Filipović, M. Ostojić, „Proračun električnog i magnetskog polja u blizini dalekovoda“, I Savjetovanje CG KO CIGRE, R-B2-03, oktobar 2009, pp.1-8.
- [4] M. Perić, M. Gaćanović, S. Aleksić, „Modelling of magnetic field under power lines“, XVI-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies – SIELA 2009, Bourgas, Bulgaria, Proceedings, Vol. I, pp. 231-238, June 2009, ISBN 978-954-323-530-8.

- [5] CIGRE Working Group No. 373, C4.204: „Mitigation Techniques of Power-frequency Magnetic Fields Originated from Electric Power Systems“, February 2009.
- [6] Directive 2008/46/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2008 amending Directive 2004/40/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields), Official Journal of the European Union L 114/88 of 16 April 2008.
- [7] M. Perić, S. Aleksić, “Influence of conductor sag on magnetic field distribution in vicinity of power lines”, International Journal of Emerging Sciences, Open-access online journal, Vol. 1, No. 4, pp. 564-574, December 2011, ISSN 2222-4254
- [8] ICNIRP Safety Guideline, “Guidelines for Limiting Exposure to Time Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic fields (up to 300 GHz)”, Health Physics, Vol. 74, No. 4., pp. 494-552, April 1998.
- [9] M. Ostojić, M. Čalasan, B. Novosel, “Elektromagnetno zračenje dalekovoda i trafostanica”, Časopis Pogled - Inženjerska komora Crne Gore, ISSN 2336-9175, jul 2013, pp. 50-56.
- [10] M. Perić, S. Aleksić, “Electromagnetic field distribution in vicinity of power lines above real earth”, Annals of the University of Craiova, Electrical Engineering series, No. 34, 2010; ISSN 1842-4805
- [11] M. Perić, S. Ilić, S. Aleksić, “Electromagnetic Field Analysis in Vicinity of Power Lines”, Elektrotehnika & Elektronika, Union of Electronics, Electrical Engineering and Telecommunications (CEEC), Sofia, Bulgaria, Vol. 43, No. 11-12, pp. 51-56, 2008, ISSN 0861-4717

## BIOGRAFIJA

**Mario Kokoruš** rođen je 1987. godine u Visokom. Prvi ciklus studija na Elektrotehničkom fakultetu u Sarajevu završio je 2008. godine, a 2010. godine drugi ciklus studija, master studij. Student je doktorskog studija na istoimenom fakultetu. U periodu od 2012 – 2013. radio je u Energoinvestu na projektovanju trafostanica. Trenutno je zaposlen u Bosanskohercegovačkom komitetu Međunarodnog vijeća za velike električne sisteme CIGRE. Njegova područja istraživanja su numeričko modeliranje u elektroenergetici, elektromagnetska kompaktnost i električna postrojenja.

**Sead Delić** rođen je 1972. godine u Tuzli. Diplomirao je na Fakultetu elektrotehnike i mašinstva u Tuzli 1997. godine, a magistrirao na Elektrotehničkom fakultetu u Sarajevu 2009. godine. Član je BH K CIGRE i redovni član studijskog komiteta SC A3 međunarodne CIGRE. U periodu 1997 – 2011. radio je u Energoinvestu na razvoju VN prekidača i MOP-a. Trenutno je uposlen u EnergoBos ILJIN d.o.o. Sarajevo. Student je na doktorskog studiju na Elektrotehničkom fakultetu u Sarajevu. Područja profesionalne orijentacije su mu razvoj VN prekidača i MOP-a, razvoj softvera za simulaciju rada VN prekidača i proračun električnih polja.

**Mahir Muratović** rođen je 1987. godine u Sarajevu. Prvi ciklus studija na Elektrotehničkom fakultetu u Sarajevu završio je 2009. godine, a 2011. godine drugi ciklus studija, master studij. Student je doktorskog studija na istoimenom fakultetu. Od 2011. godine zaposlen je u kompaniji EnergoBos ILJIN d.o.o. Sarajevo i aktivno je angažiran na projektima razvoja VN prekidača naponskih nivoa 145 kV, 245 kV i 420 kV.