

M. Čurin\*

# ZAŠTITA RADNIKA OD DJELOVANJA ELEKTROMAGNETSKIH POLJA NA POSLOVIMA ODRŽAVANJA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA U SKLADU S DIREKTIVOM 2013/35/EU

UDK 621.31:537.531]:614.647

PRIMLJENO: 21.7.2016.

PRIHVACENO: 7.9.2016.

*SAŽETAK: Prema Pravilniku o zaštiti od elektromagnetskih polja objekti elektroenergetskog sustava (EES) napona većeg od 1 kV izvori su niskofrekvencijskog elektromagnetskog polja. U Europskoj uniji na snazi je Direktiva 2013/35/EU kojom su dane smjernice za identifikaciju radnih prostora u kojima se može pojaviti značajnija vrijednost elektromagnetskog polja, kao i radnika na poslovima na kojima postoji mogućnost izlaganja utjecaju polja. Kako bi se omogućilo poslodavcima, radnicima i njihovim predstavnicima bolje razumijevanje i primjena Direktive, Glavna uprava za zapošljavanje, socijalna pitanja i uključivanje Europske komisije izradila je „Neobvezujući vodič o dobroj praksi za provedbu Direktive 2013/35/EU“.*

*U ovome radu je dan važeći pregled regulative u području zaštite od elektromagnetskih polja. Nadalje, objašnjeno je na kojim poslovima održavanja elektroenergetskog sustava postoji rizik od izloženosti elektromagnetskim poljima, te kako na pravilan način izmjeriti ili proračunati razine polja pojedinog elementa EES-a. Valja istaknuti da su za mjerenje i proračun razina elektromagnetskih polja, kao i za adekvatnu zaštitu radnika od rizika izloženosti poljima, potrebna posebna stručna znanja i vještine, stoga je ovaj članak isključivo informativnog karaktera.*

**Ključne riječi:** *elektromagnetska polja, Direktiva 2013/35/EU, izloženost radnika rizicima od niskofrekvencijskog neionizirajućeg zračenja, elementi elektroenergetskog sustava kao izvor elektromagnetskih polja*

## UVOD

Europski parlament putem direktiva donosi odredbe i smjernice vezane uz područje zaštite od elektromagnetskih polja. Države članice dužne su implementirati zahtjeve direktiva u vlastito zakonodavstvo. U Hrvatskoj su na snazi zakoni i pravilnici koji sadrže odredbe u skladu s direktivama Europske unije. Ovim radom dan je pregled regulative u području zaštite od elektromagnetskih polja, opisane su obveze poslodavca i preporuke za zaštitu radnika koji rade na poslovima održavanja elektroenergetskog sustava.

## REGULATIVA U PODRUČJU ZAŠTITE OD ELEKTROMAGNETSKIH POLJA

U Republici Hrvatskoj na snazi su Zakon o zaštiti od neionizirajućeg zračenja (N.N., br. 91/10.), Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja (N.N., br. 146/14.), te Pravilnik o zdravstvenim uvjetima kojima moraju udovoljavati radnici koji obavljaju poslove s izvorima neionizirajućeg zračenja (N.N., br. 59/16.).

Zakonom o zaštiti od neionizirajućeg zračenja uređena je zaštita od neionizirajućeg zračenja u svrhu smanjivanja opasnosti za zdravlje osoba koje rukuju izvorima neionizirajućeg zračenja i osoba koje su izložene neionizirajućem zračenju.

---

\*Mislav Čurin, mag. ing. el. techn. inf., Zagreb.

Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja propisuje:

- a) granične razine elektromagnetskih polja, postupke njihovog provjeravanja i uvjete za dobivanje ovlasti za obavljanje tih postupaka, kao i posebne zahtjeve za uređaje, postrojenja i građevine koje su izvori elektromagnetskih polja ili sadrže izvore elektromagnetskih polja,
- b) izvore elektromagnetskih polja za koje je obvezna dozvola ministra zdravlja,
- c) uvjete koje moraju ispunjavati pravne ili fizičke osobe za projektiranje ili postavljanje i uporabu izvora elektromagnetskih polja,
- d) uvjete za ishođenje ovlaštenja za obavljanje stručnih poslova zaštite od neionizirajućih zračenja,
- e) način vođenja evidencija te dostavljanja izvješća i podataka ovlaštenih pravnih osoba.

Pravilnik o zdravstvenim uvjetima kojima moraju udovoljavati radnici koji obavljaju poslove s izvorima neionizirajućeg zračenja propisuje zdravstvene uvjete kojima moraju udovoljavati rukovatelji koji obavljaju poslove s izvorima neionizirajućeg zračenja, učestalost zdravstvenih pregleda te sadržaj, način i rokove čuvanja podataka o tim pregledima. Ovaj Pravilnik sadrži odredbe koje su u skladu s Direktivom 2013/35/EU Europskoga parlamenta i Vijeća od 26. lipnja 2013. o minimalnim zdravstvenim i sigurnosnim zahtjevima u odnosu na izloženost radnika rizicima uzrokovanim fizikalnim čimbenicima (elektromagnetska polja).

Pravilnik pojmovno razlikuje:

- *granične vrijednosti izloženosti* su vrijednosti utvrđene na temelju biofizikalnih i bioloških saznanja, posebno na temelju znanstveno dokazanih kratkoročnih i akutnih izravnih učinaka, tj. toplinskih učinaka i električne stimulacije tkiva;
- *vrijednosti upozorenja* su operativne razine utvrđene s ciljem pojednostavnjivanja procesa dokazivanja sukladnosti s odgovarajućim graničnim vrijednostima izloženo-

sti (ELVs) ili, prema potrebi, poduzimanja odgovarajućih zaštitnih ili preventivnih mjera navedenih u ovom pravilniku.

Kako je granične vrijednosti izloženosti vrlo komplicirano izmjeriti ili izračunati, direktiva uvodi vrijednosti upozorenja koje su utvrđene s ciljem pojednostavljenja procesa dokazivanja sukladnosti.

**Tablica 1. Pregled vrijednosti upozorenja (50 Hz)**

**Table 1. Overview of action levels (50 Hz)**

	Niska vrijednost upozorenja	Visoka vrijednost upozorenja
Električno polje (V/m)	10 000	20 000
Magnetsko polje (μT)	1000	6000 *(18 000)
Dodirna struja (mA)	1	

\* za ekstremitete

Dovoljno je dokazati da vrijednosti polja ili dodirnih struja neće prelaziti vrijednosti upozorenja. U slučaju da su vrijednosti prekoračene, trebalo bi smanjiti vrijednosti ispod dopuštenih iznosa ili daljnjim proračunom stvarnih razina izloženosti radnika utvrditi jesu li prekoračene granične vrijednosti izloženosti.

Ako se sukladnost s graničnim vrijednostima izloženosti ne može pouzdano odrediti na temelju već dostupnih informacija, procjena izloženosti izvodi se na temelju mjerenja i proračuna.

U narednom poglavlju opisane su obveze poslodavca u skladu s Direktivom 2013/35/EU i Pravilnikom o zdravstvenim uvjetima kojima moraju udovoljavati radnici koji obavljaju poslove s izvorima neionizirajućeg zračenja.

## OBVEZE POSLODAVCA

### Procjena rizika i određivanje izloženosti

Poslodavac treba procjenjivati i utvrđivati elektromagnetska polja na mjestu rada, a po potrebi izmjeriti ili proračunati razine polja ko-

jima su izloženi radnici. Poslodavac je obvezan Hrvatskom zavodu za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu dostaviti podatke o svim radnicima za čija je mjesta rada procijenjen velik rizik izloženosti elektromagnetskim poljima. Ako se utvrdi mogućnost prekoračenja vrijednosti upozorenja, potrebno je pronaći način smanjenja izloženosti ili provesti dodatne izračune kako bi se utvrdilo prelazi li razina izloženosti granične vrijednosti izloženosti. Mjerenja se izvode u skladu s IEC standardima i normama, a u pojedinim slučajevima potrebno je koristiti se nekim od alternativnih metoda proračuna izloženosti (npr. izmjeriti dodirnu struju).

### Izbjegavanje ili smanjenje rizika

Kada procjene ukazuju na mogućnost da razine elektromagnetskih polja prelaze vrijednosti prekoračenja, poslodavac mora poduzeti odgovarajuće mjere za smanjenje izloženosti. Poslodavac može upotrebom drugačijih radnih postupka, ograničavanjem pristupa uz postavljanje znakova opasnosti ili osiguravanjem zaštitne opreme radnicima smanjiti izloženost na dopuštenu razinu. U slučaju kada je pristup prostoru visoke razine polja ograničen, iz drugih razloga nije potrebno dodatno ograničavanje (npr. trafostanice, stupovi dalekovoda).

### Osposobljavanje i informiranje radnika

Poslodavac mora osigurati da radnici budu upoznati i educirani s rezultatima procjene rizika. Pogodno je rizike od elektromagnetskih polja uključiti u postojeće sigurnosne poduke. U malo vjerojatnim slučajevima gdje će radnici biti izloženi polju koje može izazvati osjetilne učinke, poslodavac mora omogućiti radnicima dostupnost informacija i prijavu simptoma. Ako postoje rizici od neizravnih učinaka izloženosti, radnike treba podučiti sigurnoj radnoj praksi za smanjenje rizika zbog izloženosti.

S druge strane, obveza radnika je da poslodavca obavijeste ako imaju ugrađene medicinske proizvode ili u slučaju trudnoće, kako bi se radno mjesto prilagodilo njihovom zdravstvenom stanju. Vanjski suradnici ili posjetitelji moraju se upoznati u slučaju izlaganja razinama višim od

razina za javna područja. Provedeno informiranje i osposobljavanje uvijek treba dokumentirati.

### Savjetovanje i sudjelovanje radnika

Pravilnik propisuje da se na savjetovanje i sudjelovanje radnika i/ili njihovih povjerenika/predstavnika na odgovarajući način primjenjuju odredbe posebnih propisa o uvođenju mjera za poticanje poboljšanja sigurnosti i zdravlja radnika na radu.

### Zdravstveni pregled

Prema posebnim propisima provodi se zdravstveni nadzor radnika, a s ciljem prevencije i rane dijagnostike svih štetnih učinaka na zdravlje koji su posljedica izloženosti elektromagnetskim poljima.

U slučaju da se utvrdi izloženost poljima iznad graničnih vrijednosti izloženosti ili kada radnik prijavi neželjeni učinak polja, potrebno je pružiti radniku odgovarajući liječnički pregled ili individualni zdravstveni nadzor bez troškova. Rezultate zdravstvenog pregleda treba adekvatno dokumentirati, te omogućiti radnicima slobodan pristup osobnoj zdravstvenoj dokumentaciji.

### Radnici izloženi posebnom riziku

Prepoznate su dvije skupine radnika izloženih posebnom riziku:

- radnici s ugrađenim medicinskim proizvodima
- trudnice.

Za primjer moguće je navesti radnike s ugrađenim medicinskim implantatima koji ne smiju ulaziti u prostore pretvaračkih stanica sustava istosmjerne struje visokog napona gdje statička magnetska polja mogu dosežati vrijednosti upozorenja za gustoću magnetskog toka u iznosu od 0,5 mT (postoji opasnost od interferencije).

Iako ne postoji znanstveni dokaz da su trudnice ili još nerođena djeca osjetljivija na djelovanje elektromagnetskih polja, smatra se da je embrij podložniji raznim vanjskim utjecajima, pa je stoga razumno provesti mjere opreza i ograničiti trudnicama pristup poljima većim od dopuštenih razina za javna područja.

Predlaže se identificirati radnike koji su izloženi posebnom riziku, te s obzirom na njihove radne zadatke upoznati radnike s mogućim opasnostima. Nadalje, moguće je označiti prostore u kojima bi se takvim radnicima trebao ograničiti pristup (slika 1).



Slika 1. Znak zabrane pristupa osobama s ugrađenim aktivnim proizvodima za srce

Figure 1. No admittance sign for persons with implanted pacemakers

### Indirektni utjecaji - mjere za ograničenje dodirnih struja i pražnjenja iskom

Iako direktiva ne navodi granične razine vezane uz pojavu prekomjernog pražnjenja iskom, utjecaj takve pojave zna biti vrlo neugodan za radnika, stoga je potrebno provesti mjere zaštite. Za stalne dodirne struje ( $I_c$ ), odnosno struje koje se pojavljuju kod dodira osobe s predmetom u elektromagnetskom polju, vrijednost upozorenja iznosi 1 mA.

Direktiva 2013/35/EU predlaže kako zaštititi radnika od indirektnih utjecaja električnih polja vrijednosti iznad 10 kV/m (niža vrijednost upozorenja):

- Radnik treba biti dobro uzemljen ili na istom potencijalu kao konstrukcija stupa dalekovoda te nositi vodljive cipele, čarape i sigurnosni pojas.
- Kada radnik ne može biti na istom potencijalu kao i objekt na kojem izvodi radove, potrebno je izvoditi čvrste i brze kontakte, koristiti se dijelovima tijela manje osjetljivosti (npr. podlakticu), odnosno upotrebljavati metalne alate.
- Alternativno je moguće provesti postupak oklapanja kojim se sprečava ili smanju-

je razina elektromagnetskog polja izvan određenog prostora.

- Potrebno je informirati radnike o mogućnosti ovih pojava.

## POSLOVI ODRŽAVANJA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA – ELEMENTI EES KAO IZVOR ELEKTROMAGNETSKOG POLJA

### Transformatorske stanice

#### Rad na razini terena

Najčešće ispod samih sabirnica vrijednosti gustoće magnetskog polja neće prelaziti vrijednost od 100  $\mu$ T (granična razina za javna područja). Na naponskim razinama 400 kV ili više, posebice u prostoru gdje su susjedne sabirnice na istom faznom naponu, potrebno je mjerenjem utvrditi da iznosi ne prelaze više vrijednosti upozorenja za jakost električnih polja. Potrebno je izbjeći pojave većih iznosa dodirnih struja i pražnjenja iskom, ali uz poštovanje pravila sigurnog rada te pojave ne bi trebale biti problem. S obzirom da preostali uobičajeni elementi transformatorskih stanica (energetski transformatori, naponski i strujni mjerni transformatori i sl.) ne stvaraju elektromagnetska polja većih iznosa od iznosa ispod sabirnica, daljnja procjena pojedinog elementa nije potrebna.



Slika 2. Znak opasnosti od elektromagnetskih polja

Figure 2. Sign of danger from electromagnetic fields

U specifičnim postrojenjima elektroenergetskog sustava, kao primjerice kod pretvaračkih

postrojenja visokonaponskog istosmjernog prijenosa električne energije (trenutno ne postoje u Republici Hrvatskoj), moguće je da pojedini elementi postrojenja stvaraju iznose magnetskih polja koji prelaze visoke vrijednosti upozorenja. U tom slučaju potrebno je postaviti zaštitne ograde i onemogućiti pristup u takve prostore uz jasnu namjenu postavljenih barijera (slika 2).

### **Rad na visini u prostoru VN postrojenja**

Poštovanje sigurnosne udaljenosti, odnosno udaljenosti u bilo kojem smjeru između dijela pod naponom i bilo kojeg dijela tijela radnika ili sredstava kojima se koristi kada više nisu potrebne nikakve mjere zaštite, ujedno osigurava vrijednosti magnetskih polja niže od vrijednosti upozorenja.

Kod rada u transformatorskim stanicama (primjerice u blizini prekidača) električna polja mogu doseći iznose više vrijednosti upozorenja. Kako su ta polja vrlo nehomogena, izrazito je bitno tijekom mjerenja mjernu sondu postaviti na dovoljnu udaljenost od metalnih konstrukcija, te izračunati prosječnu vrijednost provedenih mjerenja po cijelom tijelu. Dodatno je moguće provesti mjerenje dodirne struje između radnika i uzemljene konstrukcije.

Iako iz prakse proizlazi da će polje biti zadovoljavajuće u većini slučajeva, u slučaju da su utvrđeni iznosi iznad graničnih vrijednosti potrebno je poduzeti mjere smanjenja izloženosti, poput oklapanja (tzv. načela Faradeyevog kaveza) ili osigurati radnicima zaštitna vodljiva odijela.

### **Rad izvan VN prostora**

Velike transformatorske stanice ponekad imaju uredske objekte, parkirališta, kao i posebno ograđen visokonaponski (VN) prostor. Iako je malo vjerojatno da će u prostoru izvan VN ograđenog dijela polja prelaziti vrijednosti upozorenja, posebnu procjenu zahtijeva određivanje razina izloženosti posebno osjetljivih skupina radnika. Posebne procjene moguće je provesti u slučajevima kada je prigušnica postavljena u blizini zaštitne ograde, kada kabel prolazi ispod zone slobodnog kretanja radnika ili kada su sabirnice neposredno izvan ograđenog prostora (vrlo rijetka izvedba).

### **Kabeli**

Kod visokonaponskih kabela postavljenih na otvorenom prostoru u prostorima transformatorskih stanica, uz velike iznose struja (>1000 A) razine magnetskog polja mogu iznositi i nekoliko mT.

S povećavanjem udaljenosti od samog kabela elektromagnetska polja značajno se smanjuju. Iako je moguće provesti mjerenja, postoji značajan problem mjerne nesigurnosti (međusobni utjecaj veličine sonde i udaljenosti od vodiča), te je preporuka izraditi proračune.

Za primjer provedeni su proračuni za tipične polumjere kabela, napon i struju frekvencije 50 Hz (harmonici zanemareni) za udaljenosti 4 cm, odnosno 1 cm od površine kabela. Dobiveni su iznosi navedeni u Tablici 2.

**Tablica 2. Iznosi magnetskog polja za karakteristične predstavnike kabela na površini te udaljenosti 1 cm i 4 cm od površine kabela**

**Table 2. Values of magnetic fields for typical cables on cable surface, and 1 cm and 4 cm from cable surface**

Napon (kV)	Iznos struje (A)	Polumjer kabela (cm)	Magnetsko polje na površini (mT)	Magnetsko polje na udaljenosti 1 cm (mT)	Magnetsko polje na udaljenosti 4 cm (mT)
90	1000	4,2	4,8	3,8	2,4
220	1500	6,0	5,0	4,3	3,0
400	1800	7,5	4,8	4,2	3,1

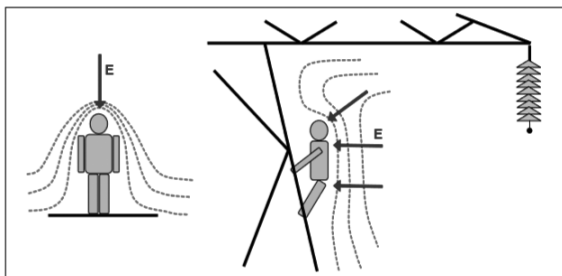
Iako izračunate vrijednosti prelaze niže vrijednosti upozorenja, potrebno je napomenuti da tijekom proračuna nisu korišteni doprinosi „povratnih“ struja (struje suprotnog smjera, a istog iznosa) koje bi značajno umanjile vrijednosti polja.

Kabeli imaju uzemljeni vodljivi plašt koji svodi razine električnog polja na gotovo nulte vrijednosti.

### Rad na stupovima dalekovoda

U slučaju penjanja radnika na stupove dalekovoda sa suprotne strane od vodiča pod naponom, kao i penjanja unutar konstrukcije stupa postoji mala vjerojatnost prekoračenja iznosa vrijednosti upozorenja. Kada se radnik penje po stupu približavajući se vodičima pod naponom uz poštovanje sigurnosne udaljenosti, razine magnetskih polja trebale bi biti zadovoljavajuće.

Problem mogu biti električna polja na stupovima naponskih razina 400 kV ili više koja ponekad mogu iznositi i do 30 kV/m. Silnice takvog polja prolaze horizontalno kroz tijelo radnika na stupu za razliku od radnika na zemlji koji je izložen vertikalnom polju (slika 3); (<http://tdworld.com>).



Slika 3. Radnik izložen električnom polju (vertikalno i horizontalno)

Figure 3. Worker exposed to magnetic field (vertically and horizontally)

Iz prethodnog razloga predlaže se drugim metodama utvrditi izloženost radnika na stupovima dalekovoda. Za primjer organizacija CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) predlaže mjerenje dodirnih struja u oba slučaja (kada je radnik izložen vertikalnom polju, kao i za slučaj radnika izloženog horizontalnom utjecaju polja). Izmjerene vrijednosti tada mogu poslužiti izračunu omjera razina polja u oba slučaja.

Za očekivati je da će rezultati tih metoda izračuna dati zadovoljavajuće rezultate, pa neće postojati potreba za daljnjim mjerama zaštite.

Na slici 4 prikazan je radnik koji izvodi radove na čelično-rešetkastom stupu dalekovoda (<http://tdworld.com>).



Slika 4. Radnik na stupu dalekovoda

Figure 4. Worker on tower with live circuits

### Rad pod naponom

Postoji nekoliko tehnika rada pod naponom:

- rad na potencijalu (radnik na istom potencijalu kao i dijelovi pod naponom)
- rad na udaljenosti (radnik na određenoj udaljenosti od dijelova pod naponom i za rad upotrebljava izolacijske predmete)
- rad s izolacijskim rukavicama i na izolacijskom stajalištu (radnik izolacijskim rukavicama dodiruje dijelove pod naponom koristeći se izolacijskim stajalištem).

### Rad s izolacijskim rukavicama i rad na potencijalu

Iako se u Republici Hrvatskoj ne primjenjuju tehnike rada s izolacijskim rukavicama i rada na potencijalu, u nekim zemljama Europske unije često se upotrebljavaju. Ove tehnike podrazumijevaju blizak pristup dijelovima postrojenja kojima prolaze velike struje, koje uzrokuju visoke iznose magnetskog toka (koji opadaju s udaljenosti). Potrebno je istaknuti da rad na jednom potencijalu ujedno znači i sigurnosnu udaljenost radnika od dijelova postrojenja na drugom iznosu potencijala, stoga se doprinos izloženosti od dijelova drugog potencijala može zanemariti.

Vodič je moguće modelirati kao ravnu žicu, a nakon izvedenih proračuna, predložena su jednostavna pravila sigurnosti za slučajeve u kojima se neće prekoračiti vrijednosti upozorenja (Tablica 3).

**Tablica 3. Slučajevi u kojima ne dolazi do prekoračenja vrijednosti upozorenja**

**Table 3. Cases where warning values are not exceeded**

Iznos struje (A)	Napomena:
< 500 A	Direktni kontakt dopušten
500 – 750 A	Direktni kontakt dopušten, ali ne izlaganje glave
> 750 A	Upotrebljavati zaštitnu opremu koja sprečava direktni kontakt

Za složenije situacije najpogodnija metoda izračuna izloženosti je numerička dozimetrija.

U slučaju da procijenjene vrijednosti prelaze dopuštene razine, preporuka je provoditi trajno mjerenje struje ili upotrebljavati posebnu zaštitnu opremu kojom će se povećati udaljenost od vodiča, a ujedno smanjiti vrijednosti polja.

S obzirom da rad pod naponom podrazumijeva nošenje izolacijskih odijela ili neku drugu zaštitnu metodu načela tzv. Faradayevog kaveza, električna polja ne dosežu vrijednosti upozorenja (slika 5); (<https://i.ytimg.com/vi/GxDKVAYLt4/maxresdefault.jpg>).



*Slika 5. Rad na potencijalu*  
*Figure 5. Live-line work*

### **Rad na udaljenosti**

Kod rada na udaljenosti pomoću izolacijskih alata osigurana je dovoljna sigurnosna udaljenost, stoga vrijednosti magnetskog polja ne bi trebale prelaziti razine vrijednosti upozorenja.

Izloženost električnim poljima slična je kao u slučaju rada u blizini vodiča pod naponom na stupu dalekovoda. Ako postoji potreba za bližim pristupom dijelovima pod naponom, potrebno je razmotriti daljnje sigurnosne mjere (npr. uporaba vodljivog odijela).

### **Rad u kabelskim kanalima**

Ova vrsta radova podrazumijeva blizinu radnika izoliranim kabelima, kao i rad u vrlo skućenom prostoru. Procjena izloženosti magnetskim poljima izrazito je kompleksna, jer ovisi o geometriji pojedinog kabela i broju strujnih krugova. Mjerenja su izvediva, ali preračunavanje na iznos maksimalnog opterećenja vrlo je komplicirano u slučaju postojanja većeg broja strujnih krugova. Postoje slučajevi gdje su polja većeg broja strujnih krugova veća nego u slučaju jednog strujnog kruga, ali iz prakse proizlazi da se najčešće magnetska polja većeg broja strujnih krugova međusobno poništavaju (jednake struje suprotnog smjera) dovodeći do sveukupnog manjeg iznosa polja.

Električno polje, kao i u slučaju kabela, ne predstavlja opasnost jer vodljivi plaštovi kabela svode razine električnih polja gotovo na nulte vrijednosti.

### **Kratkotrajni događaji**

U slučaju kratkotrajnih događaja (kratki spojevi, sklopni tranzijenti) u prijenosnoj mreži tijekom kojih se pojavljuju struje visokih iznosa stvaraju se jaka magnetska polja. Nepoželjni električni luk ili udar groma koji se može pojaviti kod visokonaponskih postrojenja može stvoriti kratkotrajne iznose električnih polja i do tri put veće od uobičajenih vrijednosti. Kako su navedene pojave izrazito kratkog trajanja (ispod 200 ms), izlaganje tako nastalim poljima organizacija CENELEC ne smatra pretjeranim izlaganjem. Bit-

no je istaknuti da tijekom grmljavinskih nevremena radnici ne rade popravke na vodovima ili ispitivanja u mreži.

### **Visokonaponski istosmjerni prijenos električne energije i statičko polje**

U elektroenergetskom sustavu pojava statičkih elektromagnetskih polja vezana je uz pretvaračke stanice sustava istosmjerne struje visokog napona i kabele za istosmjerni prijenos električne energije (trenutno se ne koriste u Hrvatskoj).

U većini slučajeva razine magnetskog polja neće prelaziti vrijednosti od 1 mT. Ako se promatraju kabele, situacija je identična izmjeničnom prijenosu električne energije, odnosno razine magnetskog polja na površini kabela mogu dosežati vrijednosti i od nekoliko mT, a ovisi o iznosu struje, vrsti i promjeru kabela.

Iako Direktiva 2013/35/EU ne definira granične vrijednosti statičkih električnih polja, mjerenjem je utvrđeno da vrijednosti ne prelaze 20 kV/m u prostoru ispod istosmjernih sabirnica, što je dopušteno prema organizaciji ICNIRP-a (The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) koja smatra zadovoljavajućim iznose do 25 kV/m (*Guide for implementing Directive 2013/35/EU on Electromagnetic fields, 2016.*).

### **ZAKLJUČAK**

U Republici Hrvatskoj regulativa u području zaštite od elektromagnetskih polja slijedi smjernice EU-a. Izvori elektromagnetskog polja smiju se upotrebljavati i stavljati u uporabu samo ako razine elektromagnetskih polja u njihovoj okolini zadovoljavaju uvjete propisane Pravilnikom o zaštiti od elektromagnetskih polja. Pravilnikom

o zdravstvenim uvjetima kojima moraju udovoljavati radnici koji obavljaju poslove s izvorima neionizirajućeg zračenja dane su odredbe o minimalnim zdravstvenim i sigurnosnim zahtjevima u odnosu na izloženost radnika rizicima uzrokovanim elektromagnetskim poljima. Dodatno je vodičima o implementaciji odredbi direktive u tvrtke pojednostavljeno korištenje Direktive 2013/35/EU.

Kako je prethodno istaknuto, stručne poslove zaštite od neionizirajućih zračenja mogu obavljati jedino ovlaštene tvrtke koje imaju potrebna znanja i vještine, a uz sveukupno poštovanje pravnih okvira i zakonske regulative moguće je zaključiti da će radnici biti zaštićeni od neželjene izloženosti djelovanju elektromagnetskih polja.

### **LITERATURA**

*Direktiva 2013/35/EU o minimalnim zdravstvenim i sigurnosnim zahtjevima u odnosu na izloženost radnika rizicima uzrokovanim fizikalnim čimbenicima (elektromagnetska polja)*, Europski parlament, 26.6.2013.

*Guide for implementing Directive 2013/35/EU on Electromagnetic fields*, ENTSO-e, Brussels, Belgium, 13.4.2016.

*Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja*, Narodne novine, br. 146/14.

*Pravilnik o zdravstvenim uvjetima kojima moraju udovoljavati radnici koji obavljaju poslove s izvorima neionizirajućeg zračenja*, Narodne novine, br. 59/16.

*Zakon o zaštiti od neionizirajućeg zračenja*, Narodne novine, br. 91/10.



**MAINTENANCE WORKER PROTECTION FROM THE EFFECTS OF  
ELECTROMAGNETIC FIELDS IN ELECTRIC POWER GRID SYSTEMS IN  
HARMONY WITH 2013/35 EU DIRECTIVE**

*SUMMARY: According to the Regulations on the Protection from Electromagnetic Fields, all parts of electric power systems (EPS) with voltages exceeding 1 kV are sources of low frequency electromagnetic fields. The European Union has in place the 2013/35 EU Directive governing the identification of work places subject to significant electromagnetic field values as well as identification of workers in jobs where they may be exposed to the impact of such fields. To assist employers, workers and their representatives in gaining a better understanding and implementation of the Directive, Chief Directorate for Employment, Social Affairs and Inclusion of the European Commission has drafted the Guidelines on good practice in implementing the 2013/35 EU Directive.*

*The paper outlines the regulations for the protection from electromagnetic fields. Also listed are the maintenance jobs in electric power systems with risk of exposure to electromagnetic fields and the proper methods of measuring and calculating the levels of electromagnetic fields in each section of an EP system. Measuring and calculation of the levels of electromagnetic fields and appropriate worker protection from risk requires expertise and skill, thus this paper is purely informative in character.*

**Key words:** *electromagnetic fields, 2013/35 EU Directive, worker exposure to risk from low frequency non-ionising radiation, sections of electric power system as sources of electromagnetic fields*

*Professional paper  
Received: 2016-07-21  
Accepted: 2016-09-07*