

mr.sci. Denisa Galzina, dipl.ing.el.
HOPS – Prijenosno područje Zagreb
denisa.galzina@hops.hr

mr.sci. Irena Šagovac, dipl.ing.el.
HEP – ODS, Elektra Zagreb
irena.sagovac@hep.hr

USPOREDBA ELEKTROMAGNETSKOG UTJECAJA KLASIČNOG I GIS POSTROJENJA PO NAPONSKIM RAZINAMA

SAŽETAK

Sva visokonaponska postrojenja podliježu nizu zakona i pravilnika radi ograničavanja razine dozvoljenog elektromagnetskog zračenja. Razine su prema područjima podijeljene na javna područja, područja povećane osjetljivosti i područja profesionalne izloženosti.

Člankom se htjelo obraditi mjerenje elektromagnetskih zračenja na području profesionalne izloženosti, i to na više naponskih razina (110 i 10 kV), te u više izvedbi postrojenja (klasično ili plinom izolirano postrojenje)

Rezultati su pokazali da su vrijednosti elektromagnetskih polja na svim promatranim naponskim razinama unutar granica propisanih pravilnicima, da se električna polja drastično smanjuju kod plinom izoliranih postrojenja i smanjenjem naponske razine, te da se gustoća magnetskog toka na svim naponskim razinama i kod svih vrsta postrojenja održava na sličnoj razini.

Gljučne riječi: GIS postrojenje, elektromagnetsko zračenje, preporučene razine elektromagnetskih polja

COMPARISON OF ELECTROMAGNETIC INFLUENCE OF OUTDOOR AND GIS SUBSTATIONS BY VOLTAGE LEVELS

SUMMARY

All high-voltage installations are subject to a series of laws and regulations to limit the permitted electromagnetic radiation levels. Considering area, levels are divided into public areas, areas of increased sensitivity and occupational exposure areas.

The idea was to measure the electromagnetic radiation in the area of professional exposure at multiple voltage levels (110 and 10 kV), and in multiple installations (classically or gas isolated).

The results showed that the values of the electromagnetic fields at all observed voltage levels are within the limits prescribed by the regulations, that the electric fields drastically reduce in the gas isolated substations and lower voltage level, and that the magnetic flux density at all voltage levels and at all types of plants is maintained at similar level.

Key words: GIS switchgear, electromagnetic emission, recommended level of electromagnetic fields

1. UVOD

Temeljem članka 8. stavka 2. i članka 17. Zakona o zaštiti od neionizirajućeg zračenja (NN 91/10) [1] donesen je Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja (NN 146/14) [2]. Njime se propisuju granične razine elektromagnetskih polja, postupci njihovog provjeravanja i uvjeti za dobivanje ovlasti za obavljanje tih postupaka, kao i posebni zahtjevi za uređaje, postrojenja i građevine koje su izvori elektromagnetskih polja ili sadrže izvore elektromagnetskih polja. Izvori elektromagnetskih polja su svi objekti elektroenergetskog sustava (elektrane, transformatorske stanice, elektroenergetski vodovi, rasklopna postrojenja) nazivnog napona većeg od 1 kV, element ili postrojenje električne vuče ili bilo koji drugi uređaj, sustav ili objekt koji svoj rad temelji na stvaranju elektromagnetskog polja frekvencije do uključivo 100 kHz, što znači da cijeli Hrvatski elektroenergetski sustav spada pod zakonsku obavezu praćenja razine elektromagnetskog zračenja (osim najniže naponske razine od 0,4 kV).

Tako se područja u kojima radnik koji obavlja poslove vezane za izvore elektromagnetskih polja zovu „područja profesionalne izloženosti“. To znači da radnik može biti izložen elektromagnetskim poljima 40 sati tjedno pri čemu je upoznat s mogućnošću izlaganja, a njegova izloženost elektromagnetskim poljima je kontrolirana.

Strogo su određene granične vrijednosti dozvoljenih vrijednosti električnog i magnetskog polja, te gustoće magnetskog toka, a definirane prema frekvenciji izvora zračenja.

Tako je za 50 Hz dozvoljena vrijednost električnog polja u transformatorskim stanicama 10 kV/m, jakost magnetskog polja 800 A/m, a gustoća magnetskog toka 1000 μ T.

U Europskoj uniji na snazi je Direktiva 2013/35/EU [3] 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.

Što se tiče razina elektromagnetskog zračenja u transformatorskim stanicama, najčešće ispod samih sabirnica vrijednosti gustoće magnetskog polja neće prelaziti vrijednost od 100 μ 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 iskrom, 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.

Mjerenjima obrađenima u članku se htjelo vidjeti kako se mijenjaju vrijednosti polja u ovisnosti o naponskoj razini i izvedbi postrojenja.

2. IZVEDBE VISOKONAPONSKIH POSTROJENJA

Jedan od današnjih glavnih izazova prijenosa el. energije jest izgraditi visokonaponska postrojenja u središtu urbanih područja. Tako nešto zahtjeva rasklopnu opremu koja zauzima malo mjesta, pouzdana je i emitira vrlo nisku razinu buke i elektromagnetskog zračenja. Te karakteristike zadovoljava rasklopno postrojenje izolirano SF₆ plinom, tzv. GIS (eng. Gas Insulated Switchgear) postrojenje.

Plin sumporni heksafluorid (SF₆) se koristi radi svojih izuzetno prikladnih karakteristika za visokonaponsku opremu. Radi se o plinu koji nije otrovan, nije kemijski agresivan, nije zapaljiv. Kemijski je stabilan i ne reagira s okolnim materijalima sve do 500°C. Dielektrična čvrstoća na atmosferskom tlaku 2.35 puta mu je veća od zraka, a porastom tlaka dielektrična čvrstoća mu raste (na 3 puta većem tlaku od atmosferskog čak je veća od ulja).

Vremenska konstanta električnog luka mu je vrlo mala i zbog toga je moguća uporaba plina SF₆ na relativno malim tlakovima u usporedbi sa zrakom. Elektronegativan je plin (veže na sebe slobodne elektrone i stvara teško pokretljive ione) i oko 100 puta je efikasniji u procesu gašenja električnog luka u usporedbi sa zrakom.

Prvo visokonaponsko plinom SF6 izolirano sklopno postrojenje u svijetu je u pogon pustio 1968. godine ABB, dok je danas u svijetu u pogonu više od 80.000 polja.

GIS praktički pokriva sve naponske razine, počevši od srednjih pa sve do iznimno visokih napona.



Slika 1: Izgled visokonaponskog GIS postrojenja

Na prijenosnim naponskim razinama (110 kV i više) još uvijek su najčešća klasična vanjska postrojenja. Ona zauzimaju puno mjesta, ali je održavanje nešto lakše, a cijena puno niža.

Obično se grade izvan ruralnih područja, na osamljenim mjestima, tako da je i problem elektromagnetskog utjecaja manji.



Slika 2: Izgled klasičnog visokonaponskog vanjskog postrojenja

3. OPIS MJERENJA I REZULTATI

Za mjerenje elektromagnetskih polja korištena je sljedeća mjerna oprema:

Tablica I: Tehničke karakteristike mjernog uređaja

Mjerni instrument		
Naziv mjernog instrumenta		C.A 42
Proizvođač		Chauvin Arnoux
Serijski broj		100360AEK
Godina proizvodnje		2005.
Datum umjeravanja		03.08.2005.
Klimatski uvjeti djelovanja instrumenta		Od 0 do +50°C, relativna vlažnost 20 – 80 %, visina do 2000 m
Izotropne sonde		
Naziv sonde	MF 400	EF 400
Namjena	vanjska sonda za mjerenje gustoće mag. toka [T]	vanjska sonda za mjerenje el. polja [V/m]
Proizvođač	Chauvin Arnoux	Chauvin Arnoux
Serijski broj	341	100358AEK
Datum umjeravanja	03.08.2005.	03.08.2005.
Opseg mjerenja	10 nT – 20 mT	1 V/m - 30 kV/m
Frekvencijski raspon	10 Hz – 400 kHz	5 Hz – 400 kHz
Točnost	± 3 %	± 5 %
Temp. odstupanje	± 1 %	± 2 %



Slika 2: Uređaj za mjerenje elektromagnetskih polja

Mjerenja su rađena u dvije transformatorske stanice – Sopot (4TS 29) i Savica (4TS 13). Višenaponsko (110 kV) postrojenje u TS Sopot je klasične vanjske izvedbe, a u TS Savica radi se o GIS postrojenju. Niženaponsko (10 kV) postrojenje je u TS Savica GIS izvedbe, a u TS Sopot je klasično zrakom izolirano postrojenje

Tablica II: Popis mjernih točaka i rezultati u TS Sopot

Red. br.	TS Sopot - Mjerne točke	Jakost električnog polja [kV/m]		Gustoća magnetskog toka [μT]	
		izmjerena	dozvoljena	izmjerena	dozvoljena
1.	110 kV TRAFO 1, transformator	0,66	10	2,40	1000
2.	Katodni odvodnik prenapona	0,99		3,00	
3.	Potporni izolator	1,26		4,22	
4.	Mjerni transformator	0,93		24,40	
5.	Prekidač	0,34		4,40	
6.	Sabirnički rastavljač	0,43		4,34	
7.	Sabirnice	1,66		4,17	
8.	110 kV DV TE-TO, sabirnice	1,84		3,54	
9.	Potporni izolator	0,44		5,48	
10.	Sabirnički rastavljač	0,67		6,12	
11.	Prekidač	1,00		6,67	
12.	Mjerni transformator	0,52		18,13	
13.	Rastavljač	0,47		12,40	
14.	Izlaz kabela	0,57		48,90	
15.	3 m od izlaza kabela	0,50		6,00	
16.	10 kV TRAFO 1	$2,6 \cdot 10^{-3}$		18,00	
17.	10 kV KABEL	$8,3 \cdot 10^{-3}$		1,60	



Slika 4: Mjerenja elektromagnetskih polja u TS 110/10 kV Sopot

Tablica III: Popis mjernih točaka i rezultati u TS Savica

Red. br.	TS Savica - Mjerne točke	Jakost električnog polja [kV/m]		Gustoća magnetskog toka [μT]	
		izmjerena	dozvoljena	izmjerena	dozvoljena
1.	TRAFO 1, kabelska uvodnica	$4,6 \cdot 10^{-3}$	10	1,15	1000
2.	Prekidač	$2,7 \cdot 10^{-3}$		1,71	
3.	Zemljospojnik	$2,6 \cdot 10^{-3}$		1,93	
4.	Naponski ormarić	$2,7 \cdot 10^{-3}$		3,43	
5.	DV TE-TO, prekidač	$2,7 \cdot 10^{-3}$		1,93	
6.	Zemljospojnik	$2,6 \cdot 10^{-3}$		3,60	
7.	10 kV TRAFO 1	$2,6 \cdot 10^{-3}$		11,5	
8.	10 kV KABEL	$2,6 \cdot 10^{-3}$		8,50	



Slika 5: Mjerenja elektromagnetskih polja u TS 110/10 kV Savica

U TS Sopot najviša vrijednost električnog polja izmjerena je ispod sabirnica dalekovodnog polja TE-TO i iznosila je 1,84 kV/m. Vod je u tom trenutku bio opterećen snagom od 33 MW, dok je susjedno transformatorsko polje bilo opterećeno s 25 MW. Najviša vrijednost gustoće magnetskog toka izmjerena je na mjestu ulaska kabela u zemlju, u iznosu od 48,9 μT. Samo 3 metra dalje vrijednost gustoće magnetskog polja pala je 8 puta.

U TS Savica su vrijednosti električnog polja podjednako niske, budući da se radi o plinom izoliranom postrojenju. Tako je najviša vrijednost električnog polja u TS Savica 400 puta manja od najviše vrijednosti izmjerene u TS Sopot. Ista je situacija i s maksimalnim vrijednostima gustoće magnetskog toka, koji su oko 14 puta manji u odnosu na rezultate iz TS Sopot.

4. ZAKLJUČAK

Budući da se u visokonaponskim postrojenjima radnici zadržavaju i do 8 sati dnevno, potrebno je pozorno pratiti jesu li vrijednosti električnih i magnetskih polja unutar dozvoljenih granica, kako zdravlje radnika ne bi bilo ugroženo. Direktivom 2013/35/EU 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. Tako su, na primjer, posebnom riziku izloženi radnici s ugrađenim medicinskim proizvodima i trudnice.

Mjerenjem je pokazano da su vrijednosti elektromagnetskog polja višestruko manje od graničnih vrijednosti, propisanih Pravilnikom o zaštiti od elektromagnetskog polja.

Iz rezultata mjerenja se može vidjeti da se vrijednost električnog polja drastično smanjuje kod plinom izoliranih postrojenja (i do 3 reda veličine), dok to nije slučaj s gustoćom magnetskog toka.

Isto se događa i na srednjenaponskoj razini, vrijednost električnog polja je nekoliko redova veličina manja, a vrijednosti gustoće magnetskog toka su usporedive s onima na višenaponskoj razini.

5. LITERATURA

- [1] Zakon o zaštiti od neionizirajućeg zračenja, Narodne novine 91/2010.
- [2] Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja, Narodne novine 146/2014
- [3] Direktiva 2013/35/EU Europskog parlamenta i vijeća, lipanj 2013.