

# MONITORING ELEKTROMAGNETSKOG POLJA VISOKIH FREKVENCIJA U OKOLINI TRANSFORMATORSKE STANICE 110/x kV “NOVI SAD 7”

## MONITORING OF HIGH-FREQUENCY EMF IN VICINITY OF 110/X KV “NOVI SAD 7” POWER SUBSTATION

Goran NEDIĆ, Elektrodistribucija Srbije, Novi Sad, Srbija  
Dragan KLJAJIĆ, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija  
Karolina KASAŠ- LAŽETIĆ, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija  
Miodrag MILUTINOV, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija  
Nikola ĐURIĆ, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

### KRATAK SADRŽAJ

Sistemi za daljinski nadzor i upravljanje tehničkim i ostalim procesima u elektrodistributivnim transformatorskim stanicama, različitih naponskih nivoa, su vrlo značajni i postali su neophodna komponenta za povećanje pouzdanosti elektrodistributivnog sistema. U velikoj meri, podaci koji se odnose na pomenute procese se prenose sistemima radio veza, koji koriste signale visokih frekvencija.

Elektroenergetski objekti su generalno poznati kao dominantni izvori elektromagnetskog (EM) polja niskih frekvencija, ali pored toga, korišćenjem sistema radio komunikacionih veza ovi objekti su postali i sve značajniji izvori EM polja visokih frekvencija.

Takođe, ovi objekti su vrlo često okruženi i nalaze se u zoni zračenja drugih izvora EM polja, koji mogu uticati na rad određenih komponenti pojedinih sistema u objektima.

Stoga, sve značajnije prisustvo izvora EM polja izaziva pažnju javnosti i stvara opravdane zahteve za odgovarajući monitoring prisutnog nivoa EM zračenja, prvenstveno u pogledu zaštite zdravlja ljudske populacije, kako ne bi nastupili štetni efekti.

U ovom radu su predstavljene aktivnosti periodičnog ispitivanja EM polja visokih frekvencija, u neposrednoj okolini visokonaponske transformatorske stanice 110/x kV “Novi Sad 7” u Novom Sadu, gde se može naći populacija, upotrebom tehnike ispitivanja lokacije kao što je to predstavljeno u mreži za monitoring EM polja – SEMONT, umesto tehnike ispitivanja izvora.

Sprovedeno je nekoliko kampanja monitoringa, u periodu od 2015. do 2020. godine, pri čemu je u ovom radu izvršeno poređenje i analiza rezultata i ukazano je na mogućnost da se upotrebom tehnike kontinualnog monitoringa SEMONT sistema dobija jasniji uvid u nivoe EM polja na ispitnim lokacijama.

Dobijeni rezultati monitoringa pokazuju nizak nivo izloženosti EM polju visokih frekvencija, analiziranih lokacija, koji je značajno niži od referentnih nivoa propisanih zakonodavstvom Republike Srbije.

**Ključne reči:** transformatorska stanica, elektromagnetno polje, izloženost, monitoring EM polja, radio veze.

### ABSTRACT

Remote supervision systems for technical and other processes in power distribution substations of different voltage levels are of critical importance. They have become a necessary component of increased reliability of the power distribution system. Data related to these processes is transferred via radio communication systems which use high frequency signals.

Power distribution facilities are generally recognized as dominant low-frequency electromagnetic field (EM) sources. However, these facilities have also become an increasingly significant source of high-frequency EM fields, as they use radio communication links more and more.

In addition to this, these facilities are often surrounded by or located in radiation zones of other sources of EM fields, which can affect certain system components in the facilities themselves.

Hence, the ever increasing importance of EM field sources is raising attention from the general public and creates justified concern that demands suitable monitoring of EM radiation sources, primarily regarding human population protection, to prevent adverse effects.

This paper presents the periodic high-frequency EM field monitoring activities performed by applying the location testing technique that was presented in the EM field monitoring network SEMONT, instead of the source testing one, in the immediate vicinity of the high-voltage transformer substation 110/x kV "Novi Sad 7" in Novi Sad, where general population may be affected.

Several monitoring campaigns were conducted from 2015 to 2020 and this paper examines the comparisons between them as well as analyses of the results and points out the possibility of getting a clearer insight into EM field levels on test locations by using the continuous monitoring technique of the SEMONT system.

The monitoring results show a low level of high-frequency EM field exposure in analyzed locations, which is significantly lower than the reference levels prescribed by legislation of the Republic of Serbia.

**Key words:** transformer substation, electromagnetic field, exposure, EM field monitoring, radio links.

goran.nedic@ods.rs  
dkljajic@uns.ac.rs  
kkasas@uns.ac.rs  
miodragm@uns.ac.rs  
ndjuric@uns.ac.rs

## UVOD

Usled potrebe za unapređenjem pouzdanosti samog elektrodistributivnog sistema kao i poslovnih i tehničkih procesa u elektrodistributivnoj delatnosti je neophodno obezbediti odgovarajuću telekomunikacionu infrastrukturu. Infrastruktura prati topologiju elektrodistributivnog sistema pa je oprema smeštena ne samo u poslovno-pogonskim objektima već i u distributivnim transformatorskim stanicama raznih naponskih nivoa.

Za distributivni sistem od posebnog značaja su visokonaponske transformatorske stanice 110/x kV, usled čega je neophodno korišćenje sistema daljinskog nadzora i upravljanja nad procesima u ovakvim objektima. Vrlo često se podaci o tehnološkim procesima prenose putem radio komunikacionih veza, što ove transformatorske stanice čini i izvorima EM polja visokih frekvencija, pored toga što su one i izvori EM polja niskih frekvencija.

Pre samo nekoliko decenija, visokonaponske transformatorske stanice su uglavnom bile locirane na rubnim područjima naselja, međutim danas usled urbanizacije sve više ovih objekata je okruženo stambenim i poslovnim objektima. Prisustvo izvora EM zračenja u ovakvim zonama opravdava potrebu za adekvatnim monitoringom prisutnih nivoa EM polja u cilju zaštite populacije od potencijalno štetnih efekata zračenja po zdravlje.

U ovom radu je prikazana komparativna analiza rezultata merenja električnog polja visokih frekvencija, koja je sprovedena u više kampanja monitoringa EM polja (električnog polja visokih frekvencija) u periodu od 2015 do 2020 godine, u neposrednoj blizini značajne, tipske visokonaponske transformatorske stanice "Novi Sad 7", na pozicijama pešačkih staza, na kojima postoji povećana prisutnost opšte populacije.

Prilikom ispitivanja je korišćena tehnika ispitivanja lokacije, koja se koristi u SEMONT (Serbian Electromagnetic Field Monitoring Network) sistemu [1]. Primenjena je tehnika kontinualnog širokopojasnog monitoringa kako bi se dobio jasniji uvid u fluktuacije nivoa EM polja na lokaciji od interesa.

## LOKACIJA MERENJA

Distributivna transformatorska stanica "Novi Sad 7" prenosnog odnosa 110/35/20 kV je visokonaponska (VN) transformatorska stanica, dimenzija oko 85 x 85 metara i nalazi se u Novom Sadu u naselju Telep, kao što je prikazano na slici 1.



SLIKA 1. POZICIJA TRANSFORMATORSKE STANICE "NOVI SAD 7"



SLIKA 2. TRANSFORMATORSKA STANICA "NOVI SAD 7" LOKACIJA L2

U okviru kompleksa nalazi se pogonski objekat gde je smešteno srednjenaponsko postrojenje i kontrolna soba kao i objekat magacina. Na otvorenom delu se nalaze tri visokonaponska (VN) transformatora (dva 110/20 kV i jedan 110/35 kV) i VN postrojenje sa pripadajućim elementima. Transformatorska stanica je povezana na Prenosni sistem putem jednog vazdušnog VN 110 kV dalekovoda, a srednjenaponski (SN) vodovi su realizovani kao podzemni kablovi, pri čemu su 20 kV vodovi namenjeni za napajanje potrošača, a 35 kV vodovi za vezu ka susednim 35/x kV transformatorskim stanicama.

Zbog važnosti transformatorske stanice "Novi Sad 7" procesi se daljinski kontrolišu i nadziru iz nadležnog dispečerskog centra (DC) ED Novi Sad u okviru ODS EPS Distribucije. To su pre svega distributivni procesi, a takođe i procesi kao što je govorna komunikacija dispečera i mobilnih ekipa u objektu, kontrola pristupa i video nadzor objekta. Za te potrebe je instalirana adekvatna telekomunikaciona oprema i obezbeđeni su potrebni redundantni linkovi.

Kao najznačajniji sistem se izdvaja sistem za daljinski nadzor i upravljanje distributivnim procesima - SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), a veza sa nadležnim DC je omogućena korišćenjem širokopojasnog optičkog sistema prenosa i širokopojasnog PTP (tačka- tačka, Point-To-Point) radio linka. Širokopojasni radio link se koristi i za potrebe sistema za kontrolu pristupa, video nadzor objekta i za interni IP telefonski sistem. Dodatno, uskopojasna digitalna radio stanica se koristi za govornu komunikaciju dispečera i mobilnih ekipa iz kontrolne sobe u pogonskom objektu.

U Tabeli 1. su date osnovne karakteristike navedenih internih radio veza ODS „EPS Distribucija“, dok se više informacija može pronaći u [2].

TABELA 1 - KARAKTERISTIKE RADIO VEZA U TRANSFORMATORSKOJ STANICI „NOVI SAD 7“

	Uskopojasna govorna radio stanica	Širokopojasna PTP radio stanica
Frekventni opseg	UHF 438 MHz - 470 MHz	5.725 GHz - 5.850 GHz
Izračena snaga	25.35 W	31.52 W
Visina antene/ usmerenost	11 metara/ ne	12 metara/ da
Pozicija/ objekat	AN1/ pogonski	AN2/ magacin

U kampanji ispitivanja iz 2020. godine je konstatovano da uskopojasna SCADA UHF radio stanica [2] nije više u funkciji. Ovaj radio link je za vreme kampanje iz 2015. godine bio primarni prenosni put za ovaj sistem, a u toku kampanje 2018 je bio redundantna veza.

U slučaju prekida primarne komunikacione veze koju koristi neki od servisa obezbeđena je funkcionalnost prenosa podataka putem adekvatnog redundantnog linka, sa dovoljnim prenosnim kapacitetom.

## PROCEDURA MERENJA

Širokopolasni monitoring električnog polja visokih frekvencija je obavljen korišćenjem mernog instrumenta Narda NBM-550, koji pokriva frekvencijski opseg od 100 kHz do 6 GHz, u skladu sa mernom procedurom [3]. Pozicija instrumenta je prikazana na slici 2.

Korišćena je izotropna merna sonda tako da su merene sve tri prostorne komponente polja, koje potiču od izvora u okolini lokacije. Sonda je bila postavljena na visini od 1.7 metara, što je visina glave prosečnog čoveka.

Frekvencijski selektivno merenje u toku kampanje je sprovedeno jednom korišćenjem mernog uređaja analizatora frekvencijskog spektra Narda SRM 3006, koji takođe koristi odgovarajuću izotropnu sondu i pokriva frekvencijski opseg od 420MHz do 6 GHz. Više detalja o korišćenoj mernoj opremi se može naći u [2] i [4].

U kampanjama iz 2015. i 2018. godine, u okolini transformatorske stanice "Novi Sad 7" su uočene dve lokacije gde može biti povećano prisustvo stanovništva L1 i L2 kao i antenski sistemi AN1 i AN2 na objektima transformatorske stanice, kao što je prikazano na slikama 1 i 2. Na AN1 i AN2 se nalaze interni radio komunikacioni sistemi ODS EPS Distribucije.

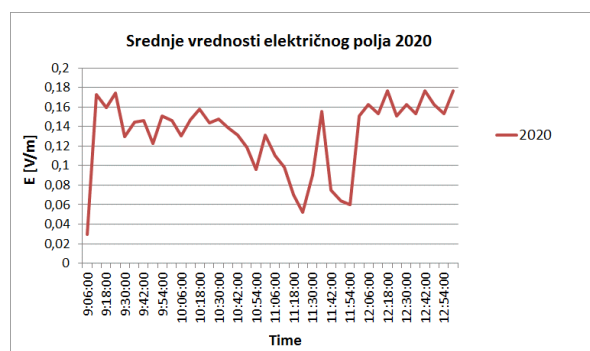
Pre početka kampanje 2020, izvršena je vizuelna inspekcija u neposrednoj okolini da bi se utvrdilo da li postoje eventualno novi izvori EM polja. Pošto nije konstatovana promena, odlučeno je da se pristupi merenju i to samo na lokaciji L2. Razlog je u činjenici da u toku prve kampanje nije konstatovana značajna razlika između nivoa polja na mernim lokacijama, pri čemu je na lokaciji L2 detektovano više različitih izvora zračenja nego na lokaciji L1. Između ostalih tu je detektovana i spektralna komponenta koja potiče od internog sistema radio veza sa pozicije AN2, za koji se koristi antena sa usmerenom karakteristikom zračenja što je razlog, sa obzirom na poziciju lokacije L1 u odnosu na AN2 zašto tamo nije detektovana.

Pošto je prioritetni zadatak bio da se uporede dobijeni rezultati kampanje iz 2015., 2018. i 2020. godine, širokopolasni monitoring i frekvencijski selektivno merenje je sprovedeno u tački lokalnog maksimuma polja, na lokaciji L2, u tzv. hot-spotu, u skladu sa mernom procedurom [3]. Iznad tačke hot-spota je postavljen merni uređaj na odgovarajućem postolju, kao što je prikazano na slici 2. Hot-spot tačka je ista za sve tri kampanje.

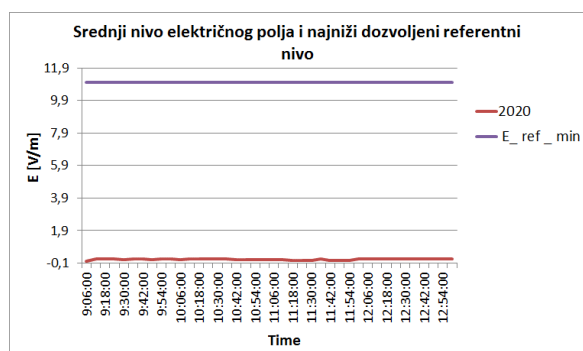
Kampanja monitoringa je vršena pre podne, započela je u 9:00 i trajala je četiri časa, pri prosečnoj temperaturi od 18 °C. Ovo vreme je odabrano zbog pretpostavke da će zbog povećanja aktivnosti potrošača doći i do veće potrošnje električne energije kao i do porasta upotrebe telekomunikacionih servisa transformatorske stanice i ostalih raspoloživih javnih telekomunikacionih servisa.

## MERNI REZULTATI

Rezultati kontinualnog monitoringa električnog polja visokih frekvencija, na lokaciji L2, prikazani su na slici 3.



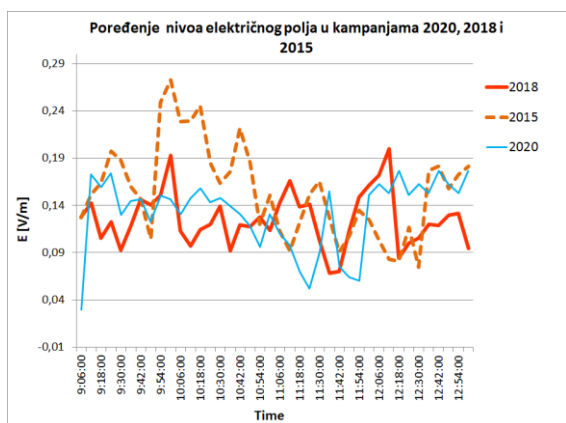
SLIKA 3. FLUKTUACIJA NIVOVA JAČINE ELEKTRIČNOG POLJA



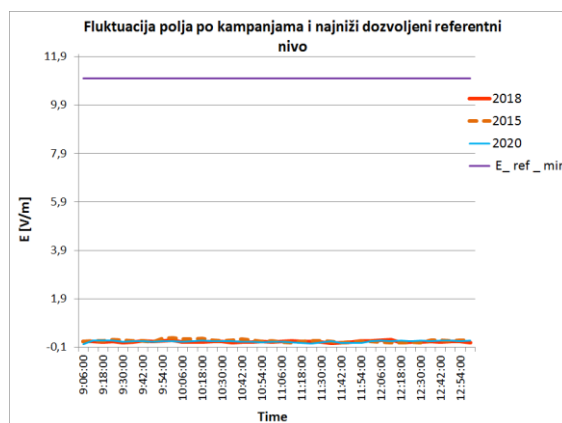
SLIKA 4. NIVO POLJA U ODNOSU NA NAJNIŽI DOZVOLJENI REFERENTNI NIVO

Uočavamo da su srednje vrednosti jačine polja nešto manje od 0.2 V/m. Najmanja dozvoljena granična vrednost jačine električnog polja za posmatrani frekventni opseg, u skladu sa zakonodavstvom Republike Srbije [5] iznosi  $E_{ref\_min} = 11 \text{ V/m}$ , pri čemu je odnos izmerenih vrednosti i referentnog nivoa prikazan na slici 4.

Analizirajući nivoe polja iz sve tri kampanje monitoringa, na lokaciji L2, komparativni prikaz srednjih vrednosti jačine električnog polja visokih frekvencija je dat na slici 5.



SLIKA 5. FLUKTUACIJA NIVOVA JAČINE POLJA PO KAMPANJAMA



SLIKA 6. NIVOI POLJA U ODNOSU NA NAJNIŽI DOZVOLJENI REFERENTNI NIVO

Uočavamo da u toku kampanja izmerene srednje vrednosti jačine električnog polja ne prelaze vrednost 0,3 V/m, kao i da je njihov nivo značajno manji od najnižeg dozvoljenog referentnog nivoa električnog polja [5], kao što je prikazano na slici 6.

Statistička analiza rezultata merenja iz pojedinih kampanja je predstavljena u Tabeli 2.

TABELA 2 - STATISTIČKA ANALIZA REZULTATA MERENJA PO KAMPANJAMA

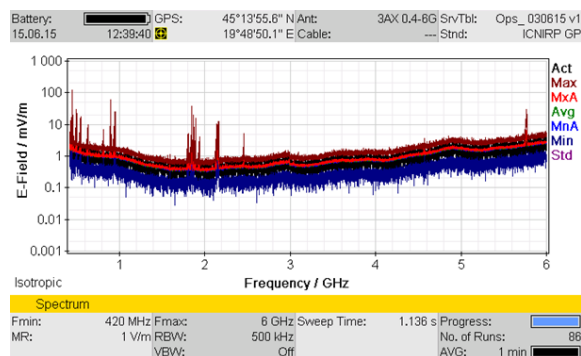
-	2020	2018	2015
$E_{max}$ (V/m)	0,4749	0,4353	0,3889
$E_{avg}$ (V/m)	0,1318	0,1250	0,1556
$E_{stddev}$ (%)	3,8120	2,9124	4,9637

Takođe primećujemo da je izabrana merna lokacija L2 sa vrlo malim vrednostima standardne devijacije  $E_{stddev}$  te predstavlja lokaciju sa sporom fluktuacijom jačine električnog polja, na kojoj nema naglih promena nivoa polja. Standardna devijacija predstavlja meru toga koliko se izmerene vrednosti razlikuju od srednje vrednosti  $E_{avg}$ , a najveća registrovana vrednost je 4,9367 % u kampanji 2015 godine.

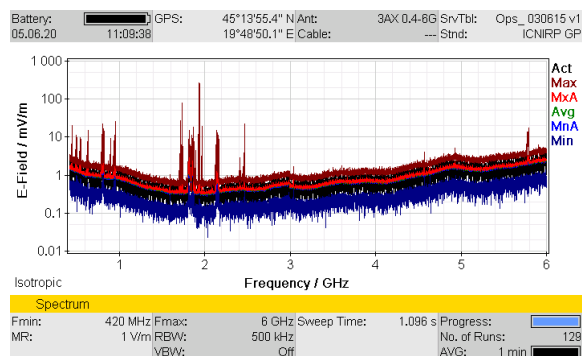
Povećani intenzitet telekomunikacionog saobraćaja kao što se vidi na slici 5. je prisutan nešto pre 10.00 časova u svim kampanjama.

### Analiza spektra na lokaciji L2

Analiza spektralnog sadržaja na lokaciji L2 je sprovedena u svim kampanjama, a detektovane komponente u toku kampanja iz 2015. i 2020. godine su prikazane na slikama 7 i 8, respektivno.



SLIKA 7. FREKVENTNI SPEKTAR IZ KAMPANJE 2015



SLIKA 8. FREKVENTNI SPEKTAR IZ KAMPANJE 2020

Uočavamo da u više podopsega postoji aktivnost i da su aktivni razni telekomunikacioni servisi kao što su UHF radio sistemi, emisija TV signala i mobilna telefonija u više podopsega i to 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz i 2100 MHz.

U toku kampanje iz 2015. godine najveći intenzitet jačine električnog polja registrovan je u UHF podopsegu (438-470 MHz), na kome su radili interni sistemi radio veza ODS EPS Distribucije za prenos govora i za SCADA sistem [2], što se vidi na slici 7, dok na slici 8 primećujemo da je u 2020. godini prisutan samo nosilac koji potiče od uskopojasnog sistema govornih veza.

Za razliku od 2015. godine najveći intenzitet jačine električnog polja u kampanji iz 2020. godine je prisutan u podopsegu od 1800 MHz koji se koristi za mobilnu telefoniju. U podopsegu iznad UHF, koji je namenjen za emisiju digitalne zemaljske televizije DBV-T2, prisutan je sličan broj nosilaca, obzirom da je sada ovaj servis potpuno funkcionalan u odnosu na 2015 godinu, kad je bio početak implementacije.

Aktivnost u podopsegu oko 800 MHz prisutna je samo u kampanji 2020, slika 8, pošto se koristi za LTE (4G) servis koji je sada široko zastupljen kod mobilnih operatera u Srbiji, a ova tehnologija nije bila implementirana u prvoj kampanji. Povećanje aktivnosti i veći broj nosilaca se uočavaju i u podopsezima 1800 MHz i 2100 MHz, verovatno zbog većeg broja korisnika i sve zahtevnijih servisa i zahtevima za prenos podataka.

Spektralne komponente u podopsegu od 2.4 GHz potiču od Wi-Fi opreme pošto je vrlo izvesno da stanovništvo u domovima koji su u okolini transformatorske stanice koristi ovaj servis. Nosioći u podopsegu od 5.8 GHz potiču od internog širokopojasnog PTP radija, kao što je predstavljeno u Tabeli 1 i sličnog su intenziteta kao i 2015. godine.

Možemo konstatovati da postoje i podopsezi u kojima nema emisije ili je emisija sa niskim nivoom polja i da je niža od praga osetljivosti korišćenog analizatora spektra pa samim tim nije detektovana aktivnost.

## ANALIZA NIVOVA IZLOŽENOSTI OPŠTE POPULACIJE ELEKTRIČNOM POLJU

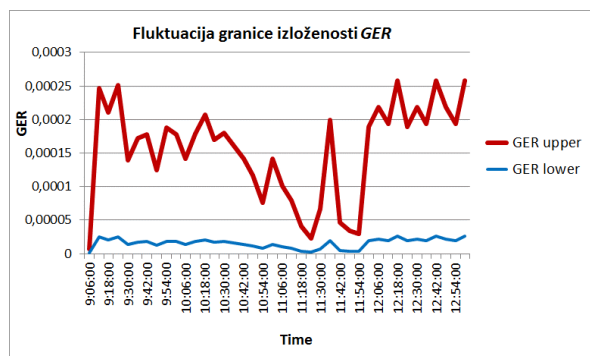
SEMONT sistem koristi procenu nivoa izloženosti EM zračenju, baziranu na gornjoj i donjoj granici sveukupne izloženosti (*Global Exposure Ratio - GER*), pri čemu se stvarna izloženost nalazi između tih granica [6].

Za slučaj električnog polja visokih frekvencija koriste se sledeće relacije za određivanje gornje  $GER_{upper}$  i donje granice  $GER_{lower}$ :

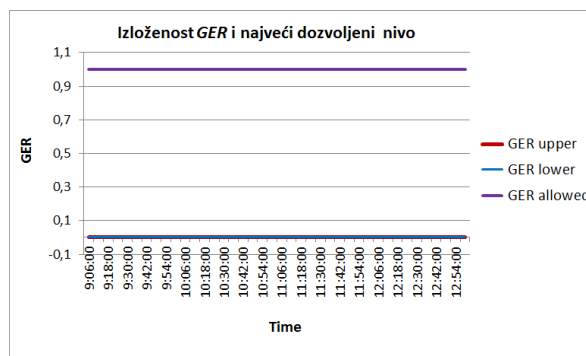
$$GER_{lower} = \left( \frac{E_m}{E_{ref\ max}} \right)^2 \quad i \quad GER_{upper} = \left( \frac{E_m}{E_{ref\ min}} \right)^2, \quad (1)$$

pri čemu je  $E_m$  merena srednja vrednost jačine električnog polja dobijena 6-minutnim usrednjavanjem niza merenih vrednosti [7], a  $E_{ref\ min}$  i  $E_{ref\ max}$  su minimalni i maksimalni referentni nivoi jačine električnog polja za opštu populaciju. Ovi nivoi su propisani zakonodavstvom Republike Srbije [5] i iznose  $E_{ref\ min} = 11$  V/m i  $E_{ref\ max} = 34,8$  V/m, za frekvencijski opseg od 100 kHz do 6 GHz, korišćene merne sonde.

Granice izloženosti električnom polju  $GER$  izračunate za kampanju 2020, na lokaciji L2, su prikazane na slici 9.



SLIKA 9. FLUKTUACIJA GRANICE IZLOŽENOSTI GER



SLIKA 10. NIVOI GER U ODNOSU NA NAJVEĆI DOZVOLJENI NIVO

Prikazane granice  $GER$  daju uvid u kom opsegu se može nalaziti potencijalna izloženost populacije. Njihove vrednosti za kampanju u toku 2020. godine su date u Tabeli 3. Dodatno, srednje vrednosti ovih granica su između  $2.5808 \cdot 10^{-4}$  i  $2.5786 \cdot 10^{-5}$ , što je značajno manje u odnosu maksimalno dozvoljenu vrednost za sveukupnu izloženost  $GER_{allowed} = 1$ , kao što možemo uočiti na slici 10.

U Tabeli 3. je prikazana komparativna statistička analiza nivoa izloženosti  $GER$  za sve tri kampanje.

TABELA 3 - STATISTIČKA ANALIZA  $GER$  PO KAMPANJAMA

$GER$	$Min$	$Max$	$Avg$
$GER_{upper} (2020)$	$7.0543 \cdot 10^{-6}$	$2.5808 \cdot 10^{-4}$	$1.5521 \cdot 10^{-4}$
$GER_{upper} (2018)$	$3.8324 \cdot 10^{-5}$	$3.3064 \cdot 10^{-4}$	$1.3601 \cdot 10^{-4}$
$GER_{upper} (2015)$	$4.4566 \cdot 10^{-5}$	$6.1396 \cdot 10^{-4}$	$2.1964 \cdot 10^{-4}$
$GER_{lower} (2020)$	$7.0483 \cdot 10^{-7}$	$2.5786 \cdot 10^{-5}$	$1.5508 \cdot 10^{-5}$
$GER_{lower} (2018)$	$3.8291 \cdot 10^{-6}$	$3.3036 \cdot 10^{-5}$	$1.3590 \cdot 10^{-5}$
$GER_{lower} (2015)$	$4.5626 \cdot 10^{-6}$	$6.1344 \cdot 10^{-5}$	$2.1945 \cdot 10^{-5}$

Upoređujući granice  $GER$  može se videti da je srednja vrednost sveukupnog nivoa izloženosti u toku kampanje iz 2015. godine od  $2.1964 \cdot 10^{-4}$  skoro dva puta veća od nivoa  $1.3601 \cdot 10^{-4}$  koji je registrovan 2018. godine. Mogući razlog za ovoliko smanjenje nivoa izloženosti je okolnost da dominantni izvor uskopojasna UHF radio stanica za prenos SCADA podataka [2], nije više prioritetni prenosni put već redundantni i da se koristi samo u slučaju prekida primarnog prenosnog puta. U toku 2020 godine registrovano je blago povećanje nivoa izloženosti u odnosu na prethodnu kampanju iz 2018 godine. Pošto u međuvremenu nije bilo značajnih promena u režimu rada internih radio sistema ODS EPS Distribucije, izvesno povećanje nivoa izloženosti je verovatno nastupilo usled većeg broja nosilaca i većeg intenziteta javnog telekomunikacionog saobraćaja. Maksimalna vrednost od  $6.1396 \cdot 10^{-4}$  je registrovana 2015. godine kada su bili aktivni svi interni sistemi radio veza kao dominantni izvori zračenja.

Na osnovu maksimalnih vrednosti za  $GER_{upper}$  iz Tabele 3 koje su mnogo manje od dozvoljene vrednosti za  $GER$ , zaključujemo da je izloženost električnom polju na mernoj lokaciji L2, u neposrednoj blizini transformatorske stanice "Novi Sad 7" i dalje vrlo mala, pa se može smatrati da lokacija ne predstavlja opasnost za aktivnosti opšte populacije.

## ZAKLJUČAK

Visokonaponske distributivne transformatorske stanice su prepoznate ne samo kao elektroenergetska, već sve više i kao važna telekomunikaciona čvorišta.

U skladu sa koncepcijom automatizacije distributivnog sistema, predviđa se implementacija novih internih radio komunikacionih sistema u distributivnim objektima svih naponskih nivoa, a prisutan je i komercijalni interes brojnih pružalaca javnih telekomunikacionih usluga za instalaciju opreme naročito u visokonaponske objekte.

U ovom radu je izvršeno poređenje i komparativna analiza izmerenih vrednosti visokofrekventnog električnog polja kao i nivoa izloženosti dobijenih primenom tehnike procene SEMONT sistema, u toku više kampanja monitoringa u periodu od 2015. do 2020. godine, na jednom tipičnom visokonaponskom elektrodistributivnom objektu kao što je transformatorska stanica 110/x kV „Novi Sad 7“.

Poređenjem nivoa izloženosti po kampanjama primećujemo da je najveći nivo registrovan u 2015. godini kada su svi interni sistemi radio veza ODS EPS Distribucije na pomenutoj lokaciji bili u punoj funkciji. Smanjenje nivoa, za skoro dva puta, u odnosu na 2015. je registrovano u toku kampanje iz 2018. godine, verovatno zbog promene režima rada uskopojasnog UHF SCADA radio linka. Ovaj link je postao redundantni i korišćen je samo u slučaju prekida komunikacije, putem tada prioritetnog širokopojasnog PTP radio linka. U monitoring kampanji iz 2020. godine je konstatovano da uskopojasna UHF SCADA radio stanica nije više u funkciji, dok je povećanje nivoa izloženosti električnom polju verovatno nastupilo usled većeg broja spektralnih nosilaca i većeg intenziteta javnog telekomunikacionog saobraćaja prvenstveno za 3G i 4G servise.

Rezultati monitoringa i analiza podataka koji su dobijeni u kampanjama, ukazuju na nizak nivo izloženosti EM polju visokih frekvencija na analiziranoj lokaciji L2. Srednje vrednosti električnog polja koje su ispod 0.2 V/m su značajno manje od referentnog graničnog nivoa od 11 V/m, propisanog zakonodavstvom Republike Srbije.

U cilju povećanja pouzdanosti elektrodistributivnog sistema predviđeno je povezivanje transformatorske stanice 110/x kV „Novi Sad 7“ sa susednim VN transformatorskim stanicama putem dodatnog VN 110 kV voda. Usled toga biće neophodno pored postojećih lokacija, analizirati i dodatne lokacije od interesa.

Primenom tehnike kontinualnog monitoringa SEMONT sistema, u toku više kampanja monitoringa se dobija jasniji uvid u nivo prisutnog EM polja, što omogućava da se u slučaju potrebe pravovremeno sprovedu odgovarajuće mere prevencije i zaštite stanovništva i životne sredine u okruženju distributivnih transformatorskih stanica. Dobijeni rezultati, analiza i koncept primene sistema se mogu primeniti i na drugim lokacijama gde se nalaze elektrodistributivni objekti.

## LITERATURA

1. N. Djuric and N. Kavecán, “Internet portal of the SEMONT information network for the EM field monitoring”, The 4th International Conference on Advances in Future Internet – AFIN 2012, Rome, Italy, pp. 55-59 (best paper award).
2. G. Nedic, D. Antic, D. Kljajic, N. Djuric, “Primena SEMONT sistema za monitoring EM polja visokih frekvencija u okolini trafo stanice 110/x kV “Novi Sad 7”, CIRED, 10. jubilarno savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije, STK 2 – Kvalitet električne energije i elektromagnetna kompatibilnost, Vrnjačka Banja, Srbija, 2016, pp. 1-9.
3. N. Djuric, D. Kljajic, K. Kasas-Lazetic and V. Bajovic, “The measurement procedure in the SEMONT monitoring system”, Environmental Monitoring and Assessment 186 (3), 2014, pp. 1865-1874.
4. G. Nedic, N. Djuric, D. Kljajic, M. Milutinov, S. Josic, “The Exposure Assessment to Communication Equipment of High-power Substation”, IEEE 24th Telecommunications Forum TELFOR 2016, Section 6 - Applied Electromagnetics, Belgrade, Serbia, 2016, pp. 609-612.
5. “Pravilnik o granicama izlaganja nejonizujućim zračenjima”, Službeni glasnik Republike Srbije broj 104/09.
6. D. Kljajic, N. Djuric, “The adaptive boundary approach for exposure assessment in a broadband EMF monitoring”, Measurement Journal Volume 93, 2016, pp. 515–523.
7. SRPS EN 50492:2010/A1:2014, “Basic standard for the in-situ measurement of electromagnetic field strength related to human exposure in the vicinity of base stations”, 2014.