

UPOZORENJE NA MOGUĆE OPASNE NAPONE DODIRA U DIJELU MREŽA 0,4 kV I KOD POTROŠAČA S NAPUTCIMA ZA PRISTUP RJEŠAVANJU NAZNAČENE PROBLEMATIKE

Ivo S a n t i c a, Split

UDK 621.316.933.8:658.516
STRUČNI ČLANAK

Izgradnju novih mreža 0,4 kV posljednjih godina intenzivno prate rekonstrukcije postojećih mreža s golim vodičima, ugradnjom samonosivog kablenskog snopa. Mjere zaštite od opasnih napona dodira kod dijela postojećih potrošača i u rekonstruiranim mrežama predstavljaju posebnu problematiku. Njoj se nažalost ne posvećuje dovoljno pozornosti. Zato ovaj prostor ostaje tehnički, pravno pa i etički nedefiniran.

Člankom su dani osnovni naputci i smjernice za rješavanje naznačene problematike. Sveobuhvatno rješenje zahtijeva detaljnu analizu postojećeg stanja, pravno tumačenje obveza kao i etički stav prema problemu (radi se o kvaliteti isporučene robe s elementima opasnim za život).

Ključne riječi: opasni napon dodira, uzemljivač, zaštitne mjere.

1. UVOD

"Konceptija uzemljenja zvjezdišta mreža 10(20) kV u budućnosti" – stručni članak u časopisu Energija 1999. god. [3] izlaže aktualne probleme vezane za uzemljenje zvjezdišta mreža 10(20) kV. Člankom je ukazano na činjenicu da su važeći tehnički propisi o opasnim dodirnim naponima neopravdano strogi. Porastom opterećenja očekuje se izgradnja novih TS 110/20 kV. Ove stranice napajat će veoma dugačke mreže sa značajnim udjelom kabela. Rezultat takvog stanja bit će velike kapacitivne struje zemljospoja, koje će uvjetovati odabir otpornika za uzemljenje zvjezdišta s visokom nazivnom strujom (preko 300A). U ovom slučaju problematika opasnih dodirnih napona ponovo će se zaoštriti, bez obzira na moguću liberalizaciju propisa. Kao atraktivna opcija rješenja nastalih problema nameće se uporaba modernih kompenzacijskih prigušnica.

U razdoblju između zatečenog stanja (postojećeg stanja) i konačne vizije rješenja, izgrađuje se i rekonstruira veliki broj mreža niskog napona. U puno slučajeva opseg radova zadržava se na zanatsko-monterskim intervencijama, preskačući pri tome svu složenost problematike. Zatečeno stanje zaštite od opasnih napona dodira u mreži i kod potrošača uglavnom se ne mijenja. Tehnički, a i pravni aspekti postojećih i rekonstruiranih mreža s gledišta opasnih dodirnih napona, ostaju i dalje neriješeni.

Široko prihvaćanje SKS-a u distribucijskoj praksi znači da svaku rekonstrukciju prati ugradnja novih stotine metara ovog vodiča. Osim problematike izbora stu-

pova, izbora zaštite od prenapona i dr., pravilan pristup izvedbi sustava uzemljivača posebno je značajan. Uvidom u NN mreže susjednih distribucijskih područja dobila bi se slika stanja ove problematike u južnom dijelu države. Kako sistematizirati ovu problematiku, odnosno kako napraviti prve korake? Rezultat promišljanja ovog članka bit će odgovor na ova pitanja i pokušaj davanja osnovnih smjernica za rješenje naznačenih problema.

Zabrinjavajuće je što poslije toliko stručnih preporuka, toliko stručnih uputa, toliko stručnih članaka i dalje egzistira toliko mreža NN u nepropisanom stanju s obzirom na opasne napone dodira. Jedan od razloga je sigurno zakonska neobveza građevinske dozvole. Slijedom toga nije obvezan ni glavni projekt, koji bi trebao dati odgovor, odnosno rješenje. Kad rješenja nema radovi se svode na zanatsko-monterske intervencije. Za stare mreže gdje navedena problematika egzistira, čekaju se rekonstrukcije, a one zapravo donose samo ono što je prethodno napisano. To je kružni put bez stvarnog rješenja i naznačeni problem stalno egzistira.

2. OPĆENITO O ELEKTRIFIKACIJI OTOČNOG DIJELA DALMACIJE

Elektrifikaciju otoka srednje i južne Dalmacije općenito možemo podijeliti u tri faze. Prvu fazu predstavlja razdoblje do 1955. godine, do kada je elektrifikacija temeljena na malim lokalnim diesel-elektranama. Drugu fazu čini razdoblje od 1955. do 1968. godine i predstavlja izgradnju i povezivanje

mreže otoka s energetske sustavom na kopnu 30(35) i 10 kV vodovima. Novije razdoblje (treća faza) u elektrifikaciji, počinje 1968. godine izgradnjom 110/35 kV transformatorskih stanica na otocima i povezivanje istih 110 kV vezama. Nastavak elektrifikacije slijedi izgradnjom dvostrukih veza i proširenjem mreža. Sličnost postoji i u zagorskom dijelu Dalmacije, ali s razlikom što ovdje u većem dijelu ne postoji prva faza elektrifikacije, tj. elektrifikacija s diesel-elektranama.

Prvu elektrifikaciju prati izvedba kućnih instalacija s dva ATG vodiča u Bergman cijevima. Mjesečna potrošnja energije po kućanstvu iznosila je nekoliko kWh. Minimum je u nekim slučajevima bio određen s 4 kWh, a maksimum potrošnje u stvarnosti iznosio je nekoliko kWh više (podaci iz mjesta Ptomja na pol. Pelješcu).

Krajem prve i početkom druge elektrifikacije postupno se počinju koristiti termička trošila: glačala, kuhala, štednjaci, a također se i zamrzivač uvodi u sve šitu uporabu. Ovo utječe na potrebu korekcije (dopune) postojećih kućnih instalacija, a svrha je zaštite od opasnih napona dodira. Zapravo, kućne instalacije se nadopunjuju zaštitnim vodičem i pripadajućim uzemljivačem, gdje se za to pokaže potreba. Većina preinaka događa se samo u kuhinjskom prostoru. Prijelazni otpor uzemljivača nije definiran; on mora biti "što bolji" (u ovoj fazi najviše je nastradalo staro bakreno posuđe jer je korišteno za uzemljivač).

Ovako izvedenih instalacija ima još i danas priključenih na distribucijske mreže. Nulovanje kao zaštitna mjera uvodi se i miješa sa zaštitom s pojedinačnim uzemljivačima. Kako i gdje, ovisi o prilikama na terenu i o rajonskom monteru ili izvođaču instalacija, tek u novije vrijeme (zadnjih dvadesetak godina) distributer kroz elektroenergetsku suglasnost uvjetuje izvedbu instalacije s tri, odnosno pet vodiča i ugrađuju strujne zaštitne sklopke; naravno uvjetuje i temeljni uzemljivač ako se radi o novom objektu.

Znači u istim mrežama u instalacijama potrošača nalazimo više vidova zaštite, iako za to ne postoje nužni tehnički preduvjeti.

Nije zato čudo što "tresu" kade, štednjaci, hladnjaci i ostala kućanska trošila. Ako se u ovakvim mrežama goli vodič zamjenjuje SKS-om i ništa druge ne mijenja, očito je da se radi djelomičan posao. Nužnost bi bila osigurati propisane zaštitne mjere u mreži i kod potrošača. Gdje to nije moguće, treba utvrditi stanje, evidentirati ga, izvijestiti nadležne institucije i poduzeti zakonom predviđene mjere. Postavlja se ozbiljno pitanje kakav bi rezultat spora bio da potrošači tuže distributera za isporučenu robu s elementima opasnim po život.

Je li uopće dozvoljena isporuka takve robe?

Slična stanja nažalost nalazimo i u starijim gradskim jezgrama.

Prema tome postavlja se pitanje koji su nužni zahvati na uzemljivačkim sustavima kod rekonstrukcija Mreža NN i interpolacije novih TS 10(20)/0,4 kV.

3. KVALITETA ROBE KAO TRADICIJSKA I ZAKONSKA OBVEZA

Iz Babilona prije 4000 godina: "Ako se kuća sruši i pri tome pogine njezin vlasnik, graditelj će se kazniti smrću."

U slijedećem dijelu teksta osvrnut ćemo se na zaštitu od indirektnog dodira, tj. zaštitu ljudi od električnog udara do kojeg može doći u slučaju kvara i dodira s vodljivim dijelovima, koji ne spadaju u pogonski strujni krug. Zaštita od indirektnog dodira sastoji se u tome da se dozvoljeni napon dodira Ud održi u dopuštenim granicama, tj. da se ne prekorači vrijednost opasna za čovjeka. Dozvoljeni napon dodira Ud je 50 V efektivne vrijednosti izmjeničnog napona u normalnim uvjetima ili 120 V istosmjernog napona.

Poznato je da pogonsko sredstvo, odnosno roba, ne smije biti opasna po život, zdravlje ili imovinu korisnika. Električna energija kao roba od proizvodnje, prijenosa do distribucije potrošačima može biti vrlo opasna po život. U ovom lancu njenim tokovima upravljaju visokospecijalistički kadrovi strogo propisanim i izgrađenim postrojenjima i prijenosnim putevima. Na kraju roba se isporučuje korisniku, odnosno kupcu.

Praksa da lakše smislimo i riješimo veoma složene probleme na visokom naponu i radije se bavimo "velikim sustavima", nego što spoznamo i riješimo principe zaštite od opasnih dodira napona kod isporuke "robe" rezultira zatečenim stanjem. Ono je nažalost na pojedinim područjima u katastrofalnom stanju. Veoma veliki broj potrošača (kupaca) električne energije dobiva isporučenu robu s neispunjenim propisanim zahtjevima u pogledu opasnih dodirnih napona.

Zakon o normizaciji uređuje sustav normizacije, temeljne zahtjeve za proizvode, procese i usluge, sustav ocjenjivanja sukladnosti, isprave koje moraju imati proizvodi u prometu, donosi propise za provedbu ovog Zakona te nadzire njegovu primjenu. Sustavi, temeljni zahtjevi, propisi i norme, uređuju se i donose radi:....., zaštite života i zdravlja ljudi, zaštite okoliša,....., zaštite potrošača,.....

Mrežna pravila Hrvatskog elektroenergetskog sustava, Opći uvjeti o isporuci električne energije, Pravilnik o priključenju na distribucijsku mrežu, reguliraju i obvezuju kupca i distributera električne energije, između ostalog i na međusobna pravila ponašanja s obzirom na opasne napone dodira.

4. ZDRUŽENI UZEMLJIVAČ I NULOVANJE KAO ZAŠTITNA MJERA U NN MREŽI

Združeni uzemljivač je sustav preko kojeg se omogućava rješavanje opasnih napona dodira na elementima mreže, na prijelazu srednjonaponske mreže u niskonaponsku mrežu i u samoj NN mreži. On zapravo povezuje zaštitno i pogonsko uzemljenje.

Na združeni uzemljivač povezuju se obično svi raspoloživi pojedinačni uzemljivači. To su uzemljivač upravljačke ručke linijskog srednjonaponskog rastavljača (prvi stup ispred stupne TS), uzemljivač (stupne) TS, uzemljivače odvodnika prenapona, uzemljivač nul vodiča NN mreže, temeljni uzemljivači zgrada i dr. Na ovaj sustav vezuju se i armirano betonski stupovi mreže NN i kućišta metalnih razvodnih ormara.

U nadzemnim ili djelomično nadzemnim mrežama NN uobičajeno se postavljaju odvodnici prenapona. Ovi propisima predviđeni elementi imaju svoje uzemljivače. Oni se preko nul vodiča povezuje s dodatnim uzemljivačima ugrađenim na najpovoljnijem mjestu u mreži NN. Time se ukupni otpor uzemljenja pokušava dovesti na veličinu izračunatu iz propisima određenog dodirnog napona i veličine dozemne struje jednopolnog kvara.

Nulovanje kao zaštitna mjera ostvaruje se ako se ispune zahtjevi iz HRN:

Prvi zahtjev, članak 11:

Osnovni zahtjev za nulovanje je da struja greške (I_k) koja nastaje pri punom kratkom spoju bude veća ili bar jednaka struji isključenja (I_i)

$$I_k \geq I_i$$

Drugi uvjet, članak 19:

Ukupni otpor nul vodiča pored zadovoljenja uvjeta za nulovanje u NN mreži, treba imati takvu vrijednost koja će onemogućiti pojavu ili održavanje napona dodira većih od danih

Treći uvjet, članak 21:

..... Zgrade na kraju izvoda s jednostranim napajanjem nul vodiča, a koje nemaju izveden temeljni uzemljivač i nemaju mjere izjednačenja potencijala, trebaju imati uzemljivač ne veći od 10Ω .

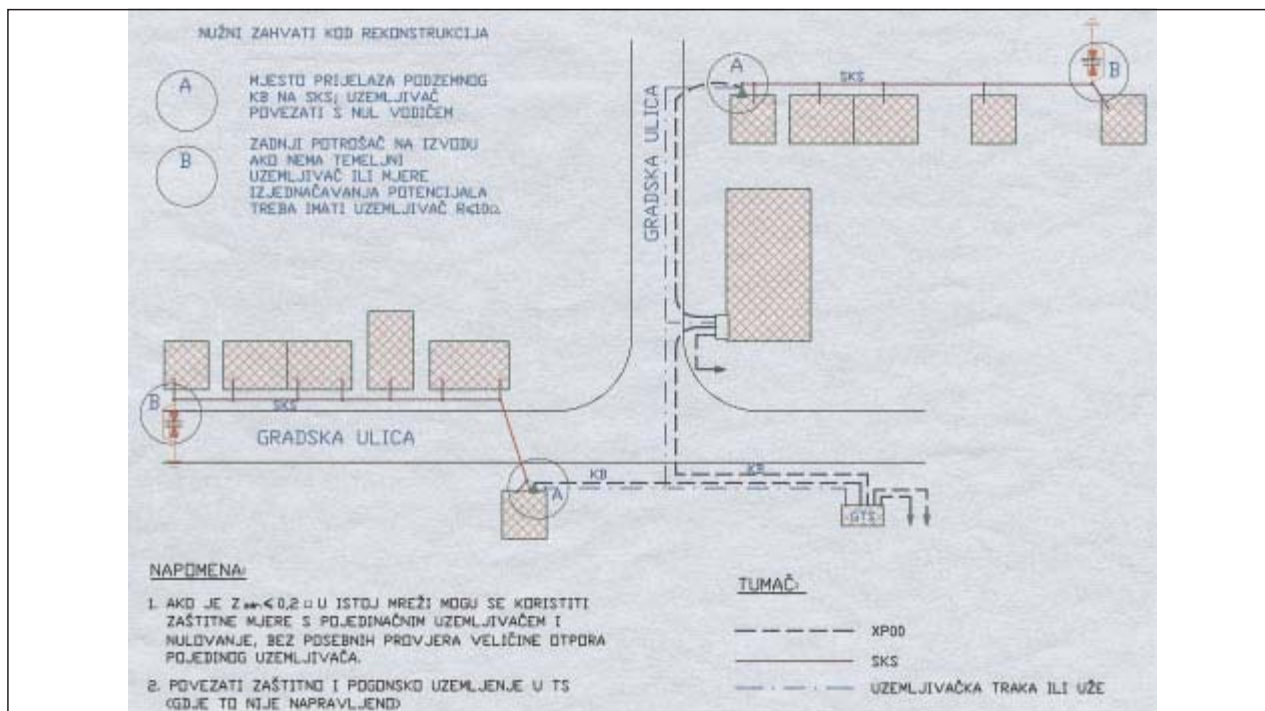
5. UOBIČAJENE NEDOREČENOSTI UZEMLJIVAČKOG SUSTAVA U MREŽAMA NN STARIJIH GRADSKIH JEZGRI KOD ZAŠTITE OD OPASNIH NAPONA DODIRA

U starim gradskim jezgrama, gdje je kablirana srednjonaponska mreža, imamo uglavnom zadovoljen najteži uvjet koji se postavlja prema uzemljivaču:

$$R_{zdr} \leq 0,2 \Omega.$$

Ovaj uvjet omogućava zajedničko egzistiranje zaštite nulovanjem i zaštite s pojedinačnim uzemljivačima, bez računske provjere vrijednosti otpora pojedinačnih uzemljivača (član 41.) Međutim, ovdje još susrećemo sljedeće:

- Pogonska i zaštitna uzemljenja nisu u svim TS 10/0,4 kV povezana; bar vizualno na ploči NN.
- Zamjena golih vodiča umreži NN sa SKS-om izvodi se bez izrade nužno potrebnih uzemljivača uzduž izvoda. Karakteristično mjesto je prijelaz podzemnog kabela 0,4 kV u SKS. Traku ili užu položeno uz kabel bilo bi potrebno vezati s nul vodičem na mjestu spajanja.
- Svi krajevi 0,4 kV izvoda nemaju izveden uzemljivač $R \leq 10 \Omega$, bez obzira što zadnji potrošač nema mjere izjednačavanja potencijala i temeljni uzemljivač, a ni povezani nul vodič sa susjednom mrežom NN.



Slika 1. Prikaz starije gradske mreže NN djelomično rekonstruirane SKS-om s nužnim zahvatima na uzemljivačkom sustavu (Split: Varoš, Manuš, ...)

6. UOBIČAJENE NEDOREČENOSTI UZEMLJIVAČKOG SUSTAVA U STARIJIM SEOSKIM MREŽAMA NN KOD ZAŠTITE OD OPASNIH NAPONA DODIRA

Seoske i prigradske mreže NN imaju dva rješenja uzemljivačkog sustava. Ako se radi o starim još nedirnutim mrežama, tada su uglavnom uzemljivači razdvojeni, odnosno razdvojeno je pogonsko i zaštitno uzemljenje. Novije mreže i rekonstruirane mreže (djelomično ili u cijelosti) imaju uglavnom združeni uzemljivač. Međutim, ovi sustavi nikad nisu dosljedni do kraja. Nikad zapravo nisu zadovoljeni svi uvjeti prema postojećoj regulativi.

Kod starih mreža osim nepropisanih uzdužnih uzemljivača na izvodima po iznosu i po razmaku, imamo često i izmiješane sustave zaštite od opasnih napona dodira.

Ništa bolja rješenja nemamo ni u rekonstruiranim mrežama. Jedina dobra stvar je združeni uzemljivač. Međutim, on uglavnom nema odgovarajuću propisanu vrijednost. Zadnji uzemljivači na pojedinim izvodima nisu također odgovarajući ni po položaju ni po veličini, a izmiješani su i ovdje često sustavi zaštite od opasnih napona dodira.

Sistematizirati nedostatke veoma je zahtjevan posao, jer tome prethode ciljane, precizna mjerenja i detaljan pregled mjera zaštite kod potrošača. Ipak, uz prikazani grubi uvid moguće je dati opće smjernice za izvedbu uzemljivačkog sustava kod rekonstrukcija mreža. Opće smjernice će isključiti uobičajenu improvizaciju. Obvezuju izvođača, bio on treće lice ili se radovi obavljaju u vlastitoj režiji, na stanoviti red i sistematičnost. Možda najvažnije

kod ovog je suočavanje s problematikom koja se svjesno ili nesvjesno dugo godina zaobilazila. Bez velikih grešaka, kod rekonstrukcija NN mreža na uzemljivačkom sustavu, potrebno je izvesti sljedeće radnje:

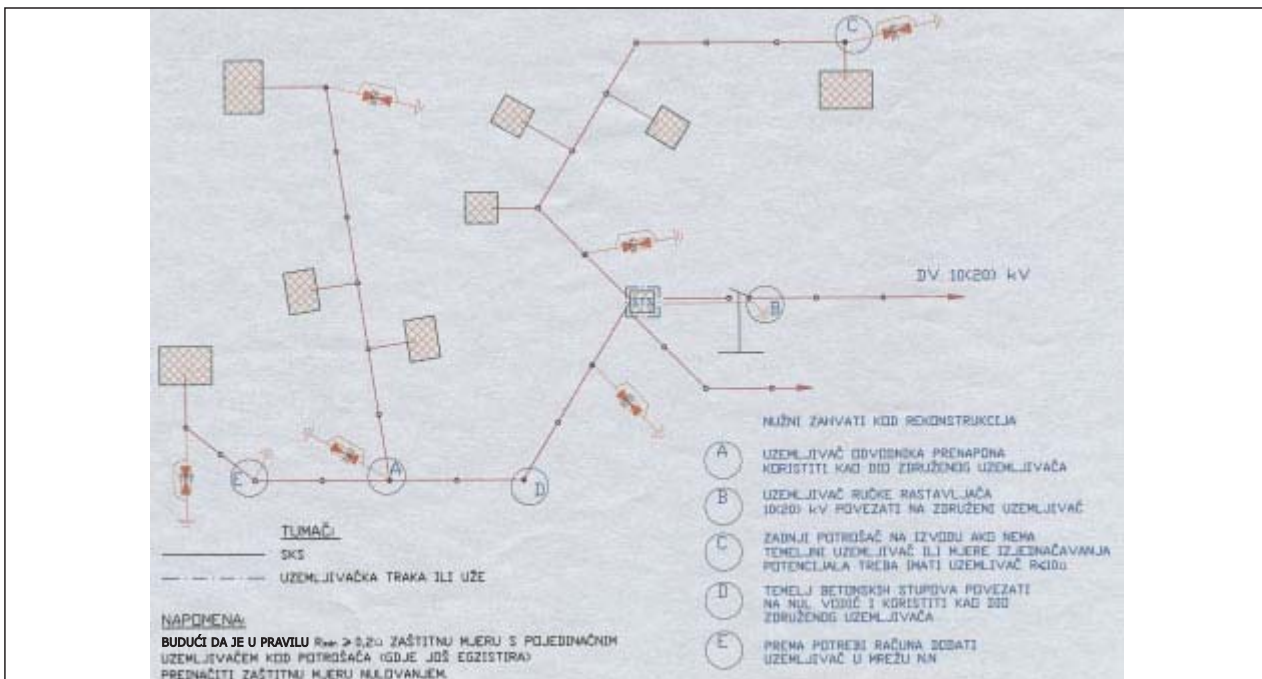
- Izmjeriti prijelazni otpor postojećeg pogonskog i zaštitnog uzemljivača i izmjeriti specifične otpore tla na više karakterističnih mjesta u mreži.
- Računom utvrditi potrebnu vrijednost otpora združenog uzemljivača te predvidjeti radnje na sustavu.
- Izvesti uzemljivače odvodnika prenapona na početku i kraju (eventualno na odcjepu) NN izvoda.
- Povezati zaštitno i pogonsko uzemljenje i pridružiti sustavu: temelje betonskih stupova, kućišta razdjelnih ormarića, temeljne uzemljivače zgrade i dr.
- Pregledati stanje zaštitnih mjera kod potrošača.
- Pronaći način kako potrošače s pojedinačnim uzemljivačima nulovati, a iste pojedinačne uzemljivače priključiti na sustav. Ovim otklanjamo opasne napone dodira koji dolaze iz same mreže NN, odnosno iz instalacija potrošača.

Napomena:

Može se dogoditi da se sve propisane vrijednosti u sustavu ne mogu ispuniti. To se javlja kod manjih mreža i kod mreža na terenima s velikim specifičnim otporom tla.

Tada se rješenja mogu tražiti razdvajanjem pogonskog i zaštitnog uzemljivača ili kroz liberalizaciju propisa i sl. mjere.

Najvažnije je ipak da uzemljivački sustav nije preskočen i zanemaren kod rekonstrukcija. Zapravo poznavanje stvarnog stanja uzemljivačkog sustava u mrežama NN, jedan je od nužnih preduvjeta za sveukupni sud o kvaliteti robe koju isporučujemo.



Slika 2. Prikaz starije seoske mreže NN rekonstruirane SKS-om s nužnim zahvatom na uzemljivačkom sustavu (otoci i dio Zagore)

7. PRIPREME ZA UVOĐENJE NORMIRANIH NAPONA

Pravilnik o normiranim naponima za distribucijske niskonaponske mreže i električnu opremu obvezuje distributere uz ostalo i na interpoliranu izgradnju većeg broja TS 10(20) kV.

Izgradnja transformatorskih stranica potrebna je uglavnom baš na rubnim ruralnim dijelovima distribucijskih područja; znači baš na prostoru koji pokriva starije mreže niskog napona. Nespretnost bi bila uz ovakve intervencije ne rješavati i zatečeno stanje vezano uz opasne napone dodira.

Međutim, često su se i ranije izvodile interpolacije novih TS radi sanacije naponskih prilika. Posao se ponekad završavao samo sa zahvatom interpolacije uz nužni priključak na pripadajuću mrežu NN. Rekonstruirale su se i mreže NN, ali bez sveobuhvatnog zahvata. Naravno da poslije dovođenja napona u zahtjevane okvire, pritisak stanovništva na distributera prestaje. Obveza (Distribucijski kodeks) o kvaliteti i kontinuitetu isporučenog napona ne dovodi se do kraja, jer kvaliteta podrazumijeva i rješenje opasnih napona dodira u okviru važećih propisa.

8. ZAKLJUČAK

Iznesenim u članku želi se upozoriti distributere, tj. vlasnike mreža NN, kolika je važnost uzemljivačkog sustava. Želi se također upozoriti na naslijeđene probleme vezane uz zaštitu od opasnih napona dodira.

Tek detaljno poznavanje postojećeg stanja u mrežama NN, kao i poznavanje nužnih potrebnih zahvata za budućnost, preduvjet su za prve osmišljene korake u rješavanju naznačene problematike. Za ovo je potrebna znatna angažiranost i sistematičnost. Pitanja, koja se zaštitna od opasnih napona dodira primjenjuje, kao i pitanja koliki su pojedinačni otpori rasprostiranja uzemljivačkog sustava, ne bi trebala ostati bez odgovora. Naravno, ovo se odnosi na starije i dio starijih rekonstruiranih mreža, a kojih je znatan broj.

Zahvati ne smiju nikako ostati na razini zanatsko-monterskih intervencija. Ako se više ne rade glavni projekti rekonstrukcija NN mreža kod radnih intervencija, uvijek je potrebno napraviti bar idejna rješenja, ali sa sveobuhvatnim rješenjem uzemljivačkog sustava.

Ako se i dalje bude preskakala ova problematika, u konačnici zahvati na uzemljenju zvjezdišta u mrežama 10(20) kV bit će prevelika financijska obveza, teško premostiva.

LITERATURA

[1] Upute za projektiranje distribucijskih niskonaponskih mreža. Dio: Zaštitne mjere, Institut za elektroprivredu, Zagreb, travanj 1988. god.

[2] V. SRB: "Električne instalacije i niskonaponske mreže", Tehnička knjiga Zagreb, 1989. god.

[3] Dr. sc. S. ŽUTOBRADIĆ, M. DAMJANIĆ: "Konceptija uzemljenja zvjezdišta mreža 10(20) kV u budućnosti", ENERGIJA, 1999. god.

[4] Zbirka elektrotehničkih propisa

CAUTION ABOUT POSSIBLE DANGEROUS CONTACT VOLTAGE IN A PART OF 0.4 kV NETWORK AND BY CONSUMERS WITH PROPOSALS HOW TO SOLVE THE PROBLEMS

Construction of new 0.4 kV networks during past years has been followed by the reconstruction of existing networks by bare lines, built in self-carrying cable bundle. Protection measures from dangerous contact voltage by part of the existing consumers and reconstructed network present specific problems. Unfortunately, not enough attention is paid to these problems. Therefore, this space is technically, legally and even ethically non-defined. The paper gives basic proposals and directives as a solution to described problems. Global solution would need a detailed analysis of the current state, legal explication of duties and ethical attitude towards the problem (it is the quality of supplied product with potentially life endangering elements).

WARNUNG VOR MÖGLICHEN GEFÄHRLICHEN BERÜHRUNGSSPANNUNGEN IM TEIL DER 0,4 kV NETZE, BESONDERS BEI DEN MIT DIESBEZÜGLICHEN ANWEISUNGEN AUSGESTATTETEN KUNDEN

Der umfangreiche Umbau bestehender Netze unisolierter Leiter in Netze gebündelter selbsttragender Kabel begleitet in den letzten Jahren die Errichtung neuer 0,4 kV Netze. Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Berührungsspannungen -auch in umgebauten Netzen- sind mit besonderen Problemen behaftet. Leider wird diesen Problemen zu wenig Achtung gewidmet. Deshalb bleibt dieser Problembereich technisch, rechtlich und sogar ethisch unbestimmt.

Im Artikel sind Grund-Hinweise und -Richtlinien zur Lösung dieser Fragen gegeben. Eine allumfassende Lösung würde eine detaillierte Überprüfung des bestehenden Zustandes, eine rechtliche Klarstellung der Verpflichtungen, sowie einen ethischen Standpunkt zu diesen Fragen verlangen. (Es handelt sich um die Qualität der gelieferten Erzeugnisse mit lebensgefährlichen Teilen).

Naslov pisca:

Ivo Santica, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d.d.
DP Elektrodalmacija, Split
Gundulićeva 42
21000 Split, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 2003 – 12 – 09.

