

POPRAVAK DV 400 kV ERNESTINOVO—TUMBRI RADOM POD NAPONOM

József Meixner, OVIT, Mađarska — Marijan Kalea, HEP, Hrvatska

UDK 621.315.1.005
STRUČNI ČLANAK

Tijekom rata 1991/92. godine brojni elektroenergetski objekti Hrvatske elektroprivrede oštećeni su ratnim razaranjima. Dalekovod 400 kV Ernestinovo-Tumbri, također oštećen, koristi se od 1992. godine neprekidno kao jedini vod za opskrbu Slavonije električnom energijom pri naponu 220 kV. Time je onemogućeno njegovo dugotrajnije stavljanje izvan pogona radi popravka i održavanja, te se ratnim oštećenjima postupno pridodaju i oštećenja iz redovitog pogona (primjericej proboji izolatorskih članaka), a početna oštećenja vodiča nastala ratnim razaranjima postupno se pogoršavaju djelovanjem topline, korozije i atmosferilija. Stoga je bilo nužno ostvariti popravak kritičnih oštećenja radovima pod naponom. Kako Hrvatska elektroprivreda nije opremljena i osposobljena za takav rad, angažirano je mađarsko poduzeće OVIT da to učini. Ovaj članak je prikaz tog pothvata, prvog rada pod naponom u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede.

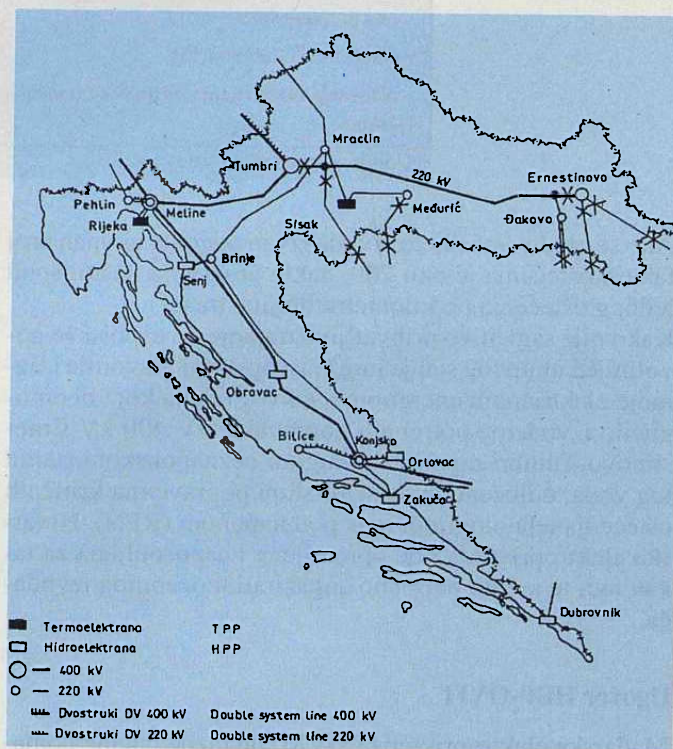
Ključne riječi: rad pod naponom, dalekovod visokog napona, prijenosna mreža.

UVOD

Dalekovod 400 kV Ernestinovo-Tumbri pušten je u pogon 1978. godine. Izveden je s faznim vodičima u snopu $2 \times A1/\check{C} 490/65 \text{ mm}^2$ i s dva zaštitna užeta AWg 126,1 mm². Duljina trase je 233 km. Sadrži 606 stupova tipa "Ipsilon", te je prosječni raspon 385 metara. Najčešće visine nosnih stupova, od tla do prečke, su 24,60 i 27,60 metara. Izolatorski lanci sadrže, u nosnom lancu s normalnom izolacijskom razinom, 17 staklenih izolatorskih članaka tipa U 160 PS.

Tijekom ratnih razaranja 1991/92. godine, DV 400 kV Ernestinovo-Tumbri korišten je od početka 1992. do proljeća 1992. godine privremeno pod naponom 110 kV za opskrbu Slavonije, a od ljeta 1992. godine pod naponom 220 kV. Da bi se omogućio takav napon, izveden je privremeni priključak tog voda na TS 220/110 kV Mraclin i prekinut njegov spoj u TS 400/110 kV Tumbri. Na slavonskoj strani voda – gdje je razoren njegov spoj prema potpuno razorenoj TS 400/110 kV Ernestinovo, izgrađena je privremena transformacija 220/110 kV, 150 MVA i priključena na taj vod – kao odvojak bez prekidača u svibnju 1992. godine. Od kolovoza 1992. godine, na taj vod priključena je i TS 220/110 kV Đakovo, $2 \times 150 \text{ MVA}$, izgrađenim privremenim vodom 220 kV na drvenim stupovima u duljini od 12 km i korištenjem dionice postojećeg voda 110 kV na betonskim stupovima s donekle pojačanom izolacijom u duljini oko 8 km.

Takvo je i sadašnje stanje tog voda, krajem 1996. godine. Duljina trase DV 400 kV u korištenju pod 220 kV je oko 215 km. Uz privremene dionice duge 20 km, vod je ukupno dug oko 235 km. Najveće njegovo ostvareno opterećenje bilo je nešto više od 200 MW/100 Mvar. Položaj voda u prijenosnoj mreži Hrvatske prikazan je na slici 1.



Slika 1. Mreža 400 i 220 kV Hrvatske 1996. godine

STANJE VODA PRIJE POTHVATA

Vod 400 kV Ernestinovo-Tumbri nije popravljen od ratnih razaranja, jer nužnost njegova neprekidnog korištenja na-prosto to nije omogućila. Jedini zahvati, koji su učinjeni početkom 1992. godine, bili su popravci razorenih stupova na trasi oko Požege, bez kojih popravaka vod ne bi uopće mogao biti u pogonu.

U razdoblju od 1992-1995. godine, redovitim obilascima voda osigurano je praćenje stanja voda. Izvještaji o pregledima ukazivali su postupno na stanoviti porast broja oštećenih izolatorskih članaka, u mjeri u kojoj je to očekivano za višegodinji pogon bez održavanja. Također, vrlo vjerojatno, početna oštećenja vodiča nastala ratnim razaranja postupno su se pogoršavala djelovanjem topline, korozije i atmosferilija.

Stanje oštećenja, na 215 km dugom dijelu trase voda 400 kV u korištenju pod 220 kV, sagledano u proljeće 1996. godine, prikazano je tablicom 1. Istaknimo da je to stanje utvrđeno pregledom elemenata voda s tla – kasnije će se pokazati da takvim načinom nije bilo moguće ustanoviti sva oštećenja vodiča; jedan dio takvih oštećenja ostao je prikriven.

Tablica 1. Oštećenja DV 400 kV Ernestinovo-Tumbri, Dionica duljine 215 km u pogonu pod 220 kV

stanje: travanj 1996.	
– izolatorski lanci s 2 ili 3 oštećena članka	
· na nosnim stupovima	5 komada
· na zateznim stupovima	10 komada
– izolatorski lanci s jednim oštećenim člankom:	
· na nosnim stupovima	55 komada
· na zateznim stupovima	28 komad
· na prepletu faza	1 komad
– oštećenja faznih vodiča*	59 mjesta
– oštećenja/olabavljenja odstoynika vodiča u snopu	4 komada
Ukupno	162

* Utvrđeno pregledom s tla

Ako se obuhvate i dijelovi voda izvan pogona, ukupan broj takvih oštećenja je oko 200, dakle prosječno nešto ispod jednog oštećenja po kilometru duljine trase!

Kako nije sagledivo prihvatljivo trajanje do uspostave povoljnijeg ukupnog stanja mreže za opskrbu Slavonije i Baranje električnom energijom – takvog stanja koje bi omogućilo izvođenje potrebnih popravaka DV 400 kV Ernestinovo-Tumbri u potrebno dugom beznaponskom stanju tog voda, odlučeno je da se pristupi popravcima kritičnih oštećenja tehnologijom rada pod naponom (RPN). Hrvatska elektroprivreda nije opremljena i osposobljena za takav rad, te je bilo potrebno angažirati inozemnog izvođača.

Ugovor HEP-OVIT

Mađarska elektroprivreda (MVM) na razne načine pomagala je Hrvatskoj elektroprivredi (HEP) tijekom i nakon rata 1991/92. godine. Zaključen je i ugovor o međusobnoj suradnji HEP-MVM, koji – među ostalim – predviđa mađarsku mogućnost da pristupi radovima od poduzeća Országos Villamostávvezeték (OVIT), za izvođenje prioritarnih popravaka na DV 400 kV Ernestovo-Tumbri, tehnologijom rada pod naponom.¹

¹ OVIT je nacionalna kompanija za prijenosnu mrežu, u ugovornom odnosu s MVM od 1993. godine. Mreža 220 kV i višeg napona u nadležnosti je OVIT-a: vođenje pogona (uklopničari i drugo pogonsko osoblje) i održavanje mreže (trafostanice, dalekovodi, zaštita, telekomunikacije). Dispečarsko upravljanje je u nadležnosti MVM. OVIT izvodi projektiranje i građenje novih dalekovoda i trafostanica. U Mađarskoj nema konkurentnog izvođača za takve radove. Radove pod naponom izvodi Divizija za izgradnju

Izrađen je upit za ponudu radova: zamjene neispravnih izolatorskih članaka te popravka oštećenih faznih vodiča i odstoynika. Utvrđen je ažurni izvještaj o količinama i lokacijama takvih oštećenja na tomvodu. Također, kompletirani su opći podaci ovodu i trasi, te crteži i konstrukcijski podaci o spojnoj i ovjesnoj opremi, izolatorskim lancima, geometriji stupova i pojedinim dijelovima konstrukcije, osobito glave stupova. Dodani su podaci o mreži i načinu njezinog korištenja, koji su od značaja za primjenu radova pod naponom: način uzemljenja nultoečke, podaci o zaštiti od prenapona u krajnjim postrojenjima promatranog voda, parametri zaštite tog voda i automatskog ponovnog uklopa.

Ponuda je zatražena u dvije varijante: (a) poprvak svih utvrđenih oštećenja vodiča, odstoynika i izolatorskih lanaca u kojima je oštećeno više od jednog članka i (b) uklju-

čen popravak i onih izolatorskih lanaca u kojima je oštećen samo jedan članak. Uz konstrukcijski napon voda 400 kV, a pogonski napon 220 kV, oštećenja dopunski obuhvaćena u varijanti (b) su dakako manje kritična od onih u varijanti (a).

Prije izrade ponude, OVIT je uputio stručnjake za rad pod naponom, radi zajedničkog pregleda i potvrđivanja detalja iz dokumentacije, te radi neposrednog uvida karakterističnih dijelova trase i karakterističnih oštećenja na terenu.

OVIT je utvrdio da tehnologija i oprema za rad koju imaju u korištenju (usklađene s konstrukcijskim i geometrijskim prilikama na mađarskim vodovima) ne omogućuje zamjenu izolatora u zateznim lancima, nego samo u nosnim lancima pri pogonskom naponu 220 kV. Da je pogonski napon 400 kV, postojećom tehnologijom ne bi bilo moguće izvođenje radova na srednjoj fazi nosnih stupova "Ipsilon". Popravak faznih vodiča i odstoynika, radom pod na-

(koja ima oko 800 radnika od ukupno oko 1400 u OVIT-u). S radovima pod naponom na vodovima visokog napona počelo se 1980. godine. OVIT ima danas vlastiti razvoj tehnologije i proizvodnju potrebne opreme za rad. Raspoloživo je oko 20 osposobljenih i opremljenih radnika za RPN, tako da se mogu formirati 2 istodobne ekipe od po 10 radnika. Kada nisu zngažirani na RPN, rade konvencionalne poslove izgradnje i održavanja dalekovoda. OVIT nastupa izgradnjom i radovima u inozemstvu; reference su iz Turske, Grčke, Njemačke i bliskoistočnih zemalja.

HEP je elektroprivredna kompanija koja obuhvaća proizvodnju, upravljanje i prijenos, te distribuciju električne energije u Hrvatskoj. Mreža 110 kV i višeg napona u nadležnosti je Direkcije za upravljanje i prijenos: dispečarsko upravljanje i vođenje pogona, te održavanje mreže. Direkcija ne izvodi projektiranje i građenje objekata prijenosne mreže. Direkcija za prijenos i upravljanje ima oko 1200 radnika, a pogon i održavanje mreže odvija se u četiri prijenosna područja: Opatija, Osijek, Split i Zagreb. Prijenosna mreža sastoji se iz 4700 km vodova 110 kV, 1200 km vodova 220 kV, 900 km vodova 400 kV, te 97 trafostanica 110 kV, 7 trafostanica 220 kV i 4 trafostanice 400 kV (1996).

ponom moguć je samo u onim rasponima u kojima je ne-oštećeno zaštitno užje, iz sigurnosnih razloga.

OVIT je izrazio svoju spremnost da potpuno okonča svoje već razmotreno tehnološko rješenje za zamjenu članaka i na zateznim lancima, te da to rješenje atestira, ukoliko HEP to zatraži. Za to bi trebalo oko tri mjeseca rada. Zaključeno je da se u ovom trenutku obuhvati zamjena oštećenih izolatora u nosnim izolatorskim lancima.

Ponuda je obuhvatila uporabu tehnologije, ukupno 8 stručnih ljudi, opreme i alata za rad, te transportnih sredstava za izvođenje radova, uključujući troškove smještaja, prehrane i prijevoza na terenu, te osiguranja radnika OVIT-a od nezgode.

Obveza je HEP-a osiguranje 5 polukvalificiranih radnika za radove i pomaganje isključivo na tlu, jedne tehnički kvalificirane osobe koja poznaje trasu i prilike na trasi, koja je ovlaštena za neposredne odluke na mjestu rada, te za komunikaciju s dispečerom. Također, HEP treba osigurati mađarsko/hrvatskog prevoditelja, te prijevoz, smještaj i prehranu svojih radnika. HEP je trebao utvrditi način pružanja hitne i opće zdravstvene pomoći mađarskim radnicima za vrijeme njihova boravka u Hrvatskoj.

Kako predviđena tehnologija rada zahtijeva isključivo materijal za popravak (zamjenski izolatorski članci, popravne kompresijske spojnice ili spirale za popravak, zamjenski odstoynici) kakav se primjenjuje pri popravku konvencionalnim načinom – radom u beznaponskom stanju – to je osiguranje tog materijala i njegova doprema na radilište također razumljiva obveza HEP-a.

Prihvaćena je ponuda za izvođenje popravka izolatorskih lanaca s oštećenih više od jednog članka na nosnim stupovima, te popravka svih oštećenja faznih vodiča i oštećenih ili olabavljenih odstoynika, prema količinama iz tablice 1. Predviđeno je ukupno trajanje radova od pet tjedana, s 5 radnih dana u tjednu i radom između 7 i 19 sati, uključujući vrijeme prijevoza i jednosatne stanke za ručak.

Takav opseg prihvaćen je stoga što ga je bilo realnije rokovo svladati (dodani obuhvat izolatorskih lanaca s jednim oštećenim člankom udvostručio bi planirano trajanje pothvata), a relativno više pridonose povećanju pogonske sigurnosti. Prihvat i realizacija takva opsega posla povećalo bi spoznaje HEP-a o osobitostima i učinkovitosti takvog rada, te bi se u nekom slijedećem navratu mogao obnoviti takav pothvat na preostalim mjestima, kako nosnih lanaca s oštećenim samo jednim člankom – tako i zateznih lanaca.

Zaključen je ugovor HEP-OVIT početkom lipnja 1996. godine, uz prethodno odobrenje Ministarstva financija za zaključenje ugovora, ishoda dozvola za privremeni uvoz radne opreme i vozila OVIT-a u Hrvatsku, te otvoren akreditiv na ugovoreni iznos u mađarskoj banci. O radovima obaviješten je Elektroenergetski inspektorat i Inspektorat rada.

TEHNOLOGIJA RADA POD NAPONOM OVIT-a

Radna metoda koju primjenjuje OVIT na vodovima najvišeg napona (u Mađarskoj: 220 do 750 kilovolta) je rad na potencijalu. Monter, prilikom zahvata na mjestu neposrednog rada nalazi se na električnom potencijalu tog mjesta koje je pri pogonskom naponu u odnosu na uzemljenje dijelova. Za vrijeme rada presudno je neprekidno održanje sigurnosne udaljenosti između tijela montera s alatom

i uzemljenih dijelova, kako ne bi došlo do električnog preskoka. Jednako vrijedi i za montere koji pri tome sudjeluju s potencijala zemlje (primjerice iz glave stupa) – svi dijelovi njihova tijela, uključujući vodljiva pomagala za radni zahvat, neprekidno moraju biti sigurno udaljeni od svih objekata na faznom potencijalu.

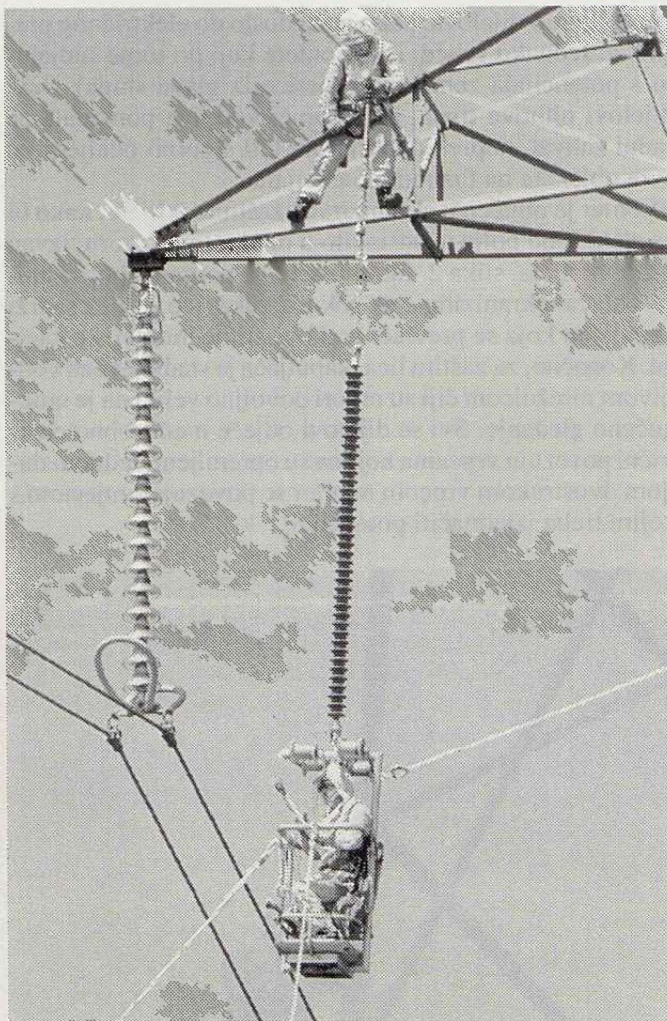
Mjonter je obučen u ekranizirano zaštitno odijelo, kako bi se električno polje uspostavilo u okolnom prostoru, izvan njegova tijela, slika 2. Ekranizacija je potpuna: pored bluže i hlače, ekranizirane su sokne i rukavice. Bluza sadrži kapuljaču koja se prevlači preko zaštitne monterske kacige. Konačno, za zaštitu lica, kapuljača je snabdjevena vodljivom mrežnicom čiji su otvori dovoljno veliki da je omogućeno gledanje. Svi se dijelovi odjeće međusobno električni povezuju vrpčama kojima su opremljeni. Jednom duljom dvostrukom vrpcom monter se povezuje s mjestom s kojim treba izjednačiti potencijal.



Slika 2. Ekranizirano zaštitno odijelo

Ekipa OVIT-a koristi za pristup mjestu rada monterska kolica ovješena pomoću štapnog izolatora na privremeno učvršćeni potporanj na gredu stupa. Kolica se zakrenu u položaj uz trup stupa, povlačenjem izolacijskih užadi, monter uđe u kolica i onda se na način ljujačke, užadima s tla privuče vodiču pod naponom slika 3.

Do mjesta rada u rasponu između stupova, kolica se po faznom vodiču prevlače izolacijskim užetom s tla, slika 4. Jedan od četiri kotačića kolica je električki vodljiv, što osigurava isti potencijal kolica s faznim vodičem, a monterom-



Slika 3. Pristup faznim vodičima

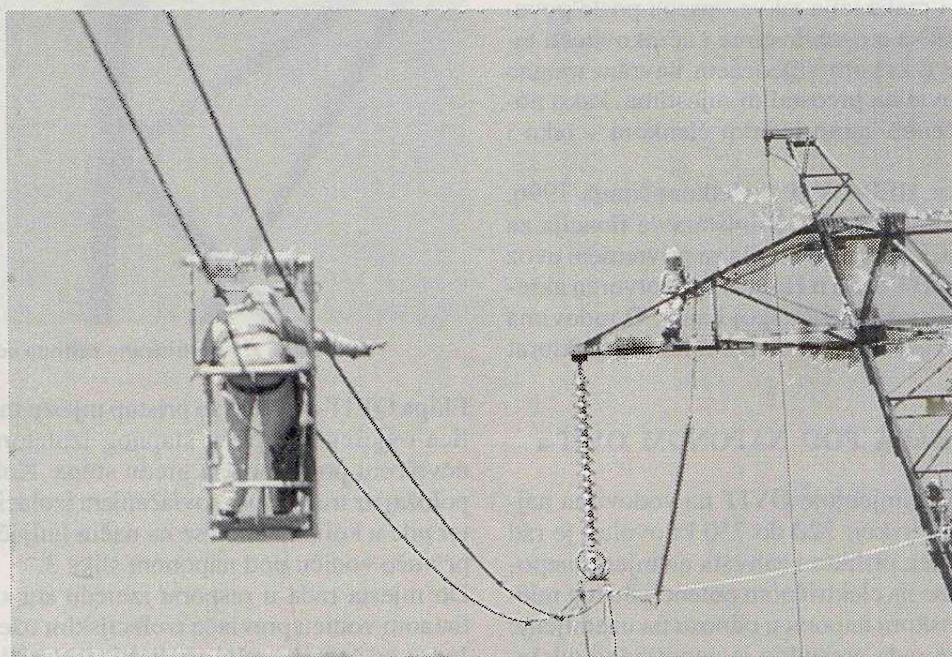
vo odijelo povezano je s kolicima. Za lakši prijelaz kotačića kolica preko odstoynika faznih vodiča u rasponu među stupovima, izrađeno je posebno pomagalo koje se privremeno montira preko stezaljki odstoynika, stvarajući kosinu za prilaz i napuštanje odstoynika, slika 5. Monter, dos-

pjevši do mjesta oštećenja faznog vodiča, najprije to mjesto pripremi za popravak odsijecanjem stršećih vrhova oštećenih žica i oblikovanjem oštećene zone ponovno u cilindrični oblik, drvenim čekićem. Veća oštećenja se konačno saniraju kompresijskom spojnicom i ručnom prešom (slika 6), a manja oštećenja popravnom spiralom (slika 7). Napuštanje mjesta rada odvija se obrnutim redom od pristupa. Jednakim načinom izvodi se popravak odstoynika.

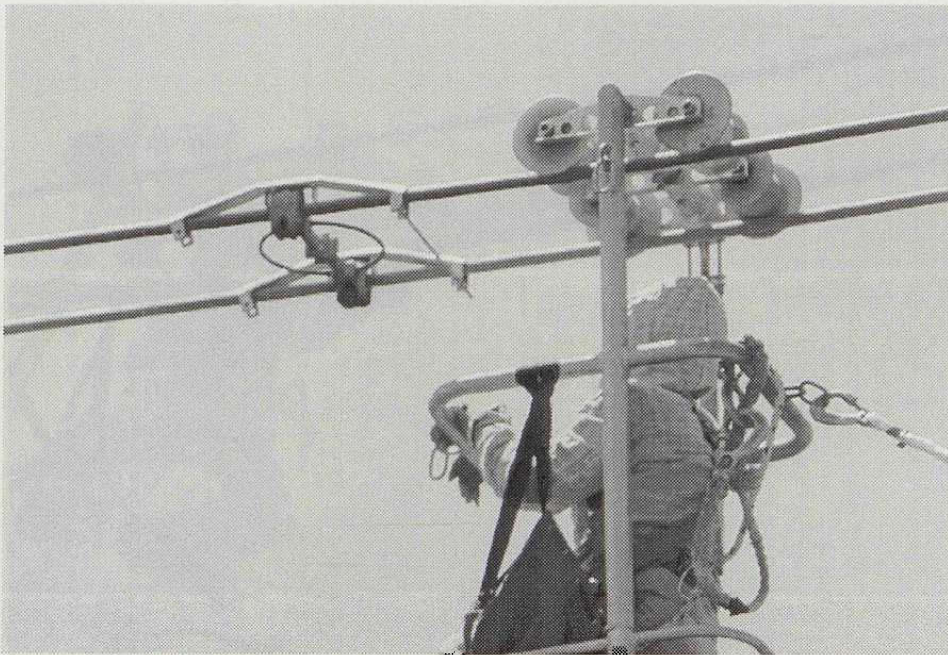
Pristup montera radi zamjene oštećenog izolatorskog članka u nosnom lancu odvija se isto na opisani način, korištenjem monterskih kolica ovješanih na štapni izolator. Da se omogući oslobađanje oštećenog lanca, paralelno njemu postavlja se privremeni nosni štapni izolator. Taj izolator ovješten je vijčanom dizalicom na gredi stupa, te se fazni vodiči mogu tom dizalicom privući gredi stupa i oštećeni lanac time mehanički osloboditi. Prije toga on se obuhvati, sa strane njegova ovješnja, izolacijskom nosivom trakom koja je uvučena u pužnu dizalicu postavljenu pored ovjesišta lanca. Lanac se oslobodi na mjestu njegova ovješnja (zahvatom montera na potencijalu stupa) i na mjestu ovješnja faznog vodiča (zahvatom drugog montera koji je na potencijalu vodiča). Pužnom dizalicom se oštećeni lanac spušta dovoljno nisko do montera u monterski, kolicima na faznom potencijalu i on obavi zamjenu neispravnih članaka, slika 8. Popravljen lanac podiže se do njegova ovjesišta i nastavak zahvata odvija se obrnutim redom od početka.

Zahvati radi popravka vodiča ili odstoynika, te radi zamjene neispravnog članka u nosnom izolatorskom lancu odvijaju se uz istodobni angažman trojice montera u ekraniziranim zaštitnim odijelima u glavi stupa, od kojih jedan odlazi na mjesto koje je na faznom potencijalu. Ostali monteri sudjeluju podrškom s tla. Svi su neposredno predvođeni odgovornim rukovoditeljem radova, koji ima crvenu kacigu i nalazi se na tlu. Samo njegove naredbe se izvršavaju. On je bio sudionik prethodog obilaska radilišta radi pripreme tehničke dokumentacije za rad.

Sigurnost rada postiže se električnom i mehaničkom čvrstoćom svih pomagala, osobito štapnog izolatora za ovjes



Slika 4. Kretanje duž faznih vodiča



Slika 5. Pomagalo za prijelaz odstojnika

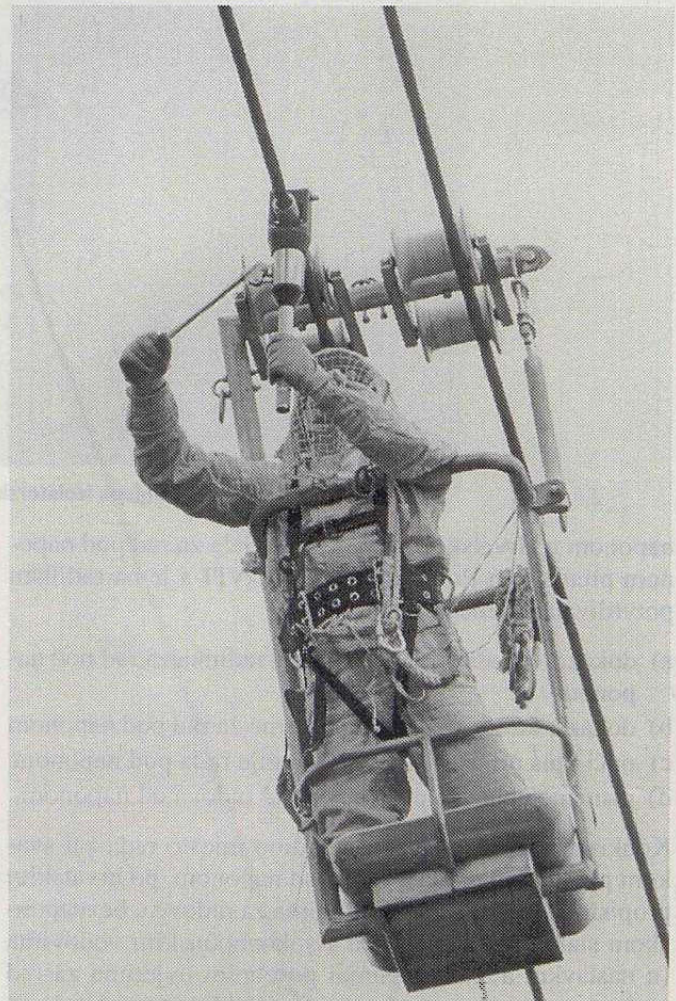
monsterskih kolica i za privremeni ovjes faznih vodiča, te izolacijske užadi. Prije izlaska na svako novo radilište, ponovno se ispituje čvrstoća tih pomagala i potvrđuje atestom. Svakodnevna kontola provodi se vizualnim pregledom. Izolacijska čvrstoća uzdržava se čistoćom, suhoćom i – po potrebi – silikoniziranjem. Izolacijski elementi dimenzionirani su tako da imaju dovoljnu čvrstoću i na kiši, kako bi bili sigurni i u slučaju iznenadne pojave kiše u tijeku radnog zahvata.

S druge strane, sigurnost je uvjetovana postojanjem sigurnosne udaljenosti između tijela montera s pomagalima, u svim krajnjim, radnim i prijelaznim položajima. To zahtijeva da se geometrija stupa pažljivo ispita, izabere način pristupa, način pojedinog radnog zahvata i način napuštanja mjesta rada, te donese odluka o mogućnosti pojedinog zahvata na pojedinim mjestima. U toj fazi pripreme radova utvrđuju se i detalji konstrukcije stupa, lanaca i zavješanja vodiča te se – po potrebi – pojedina pomagala za rad adaptiraju u pogledu ukupne duljine (dodaju se ili izuzimaju pojedini segmenti) ili načina njihova pričvršćenja na konstrukciju stupa i vodič (izborom odgovarajućih elemenata). Sigurnosna udaljenost je funkcija pogonskog napona i očekivanih sklopnih prenapona pri isklupu (jer će uklop za vrijeme radnog zahvata biti zabranjen, kao i rad za vrijeme grmljavine), te izabranog faktora sigurnosti. Sigurnosna udaljenost koju zahtijeva OVIT na vodu pod pogonskim naponom 400 kV je 2,7 m, a na vodu pod pogonskim naponom 220 kV je 1,6 m (faza-zemlja).

Za svako pojedino mjesto rada izrađuje se pripremna tehnička dokumentacija u kojoj su opisane sve okolnosti rada i način kako će se on obaviti. Tijekom izvođenja rada vodi se radni dnevnik u koji se detaljno upisuje nađeno stanje, izvršeni zahvati i utrošeni resursi za rad. Dakako, u dnevnu dokumentaciju pripada i dozvola dispečera za rad, izdana nakon što su u mreži osigurani pogonski uvjeti za rad. Nakon dnevnog završetka rada, radna ekipa okuplja se oko odgovornog rukovoditelja radova radi kratkog kritičkog osvrta na odvijanje radnih zahvata u proteklom danu i na jave neposrednih zadaća za slijedeći dan.

UVJETI ZA IZVOĐENJE RADOVA POD NAPONOM

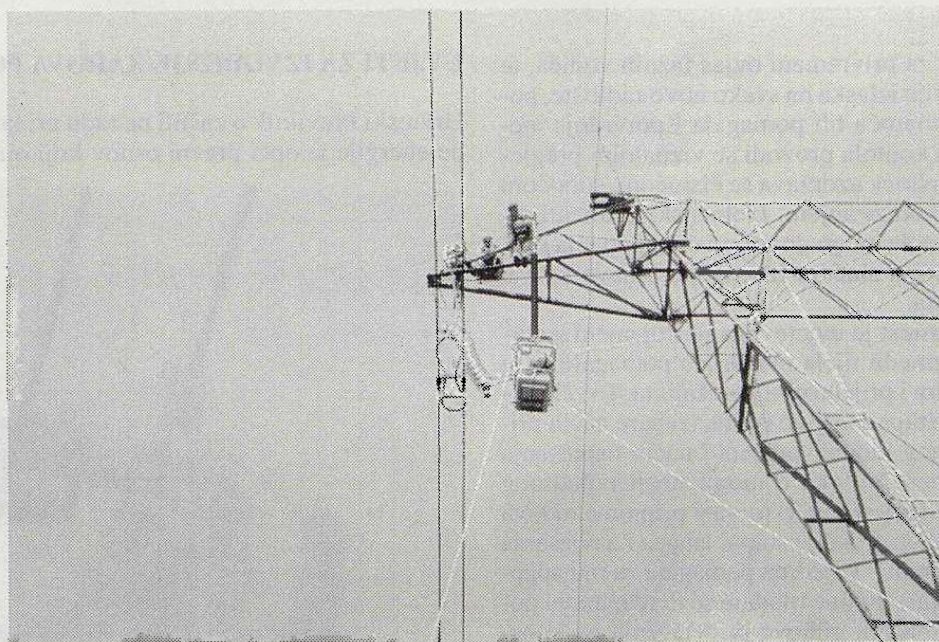
Hrvatski Pravilnik o zaštiti na radu pri korištenju električne energije je opći pravni osnov koji omogućuje rad pod



Slika 6. Popravak vodiča kompresijskom spojnicom



Slika 7. Popravak vodiča popravnom spiralom



Slika 8. Zamjena izolatorskog članka u nosnom lancu

naponom u Hrvatskoj. Ispunjenje uvjeta za rad pod naponom prema tom Pravilniku, ekipa OVIT-a je na radilištu potvrđivala slijedećim ispravama:

- a) dokaz o osposobljenosti svakog radnika za rad pod naponom
- b) dokaz o atestiranju alata i opreme za rad pod naponom
- c) opći opis primijenjene tehnologije rada pod naponom
- d) pismene uputa za potrebne vrste radova od naponom.
- a) pri nevremenu s atmosferskim pražnjenjima
- b) pri vjetru brzine iznad 60 km/h
- c) pri temperaturi nižoj od -18°C ili višoj od $+35^{\circ}\text{C}$ u hladu
- d) pri jakoj kiši, magli i snijegu, prema odluci odgovornog rukovoditelja radova
- e) ako na mjestu rada električna iskra može izazvati požar ili eksploziju
- f) ako su ugroženi životi i zdravlje radnika jer se iz bilo kojeg razloga radne operacije ne mogu obaviti na propisani način.

Konkretni uvjeti za svako pojedino mjesto rada i u svakom pojedinom navratu rada pod naponom, po hrvatskim propisima, jednaki su tim uvjetima za radove u beznaponskom stanju na nadzemnim visokonaponskim vodovima (u nastavku: a...d), dopunjei posebnim uvjetima za rad pod naponom (u nastavku. e i f). OVIT je upoznat da su radovi zabranjeni:

Prema hrvatskim propisima o zaštiti na radu na mjestima s posebnim uvjetima rada, za sve radnike OVIT-a podneseno je važeće uvjerenje o zdravstvenoj sposobnosti za rad, za koju sposobnost su mađarski zahtjevi stroži od onih za rad na nadzemnim visokonaponskim vodovima.

Izabrana OVIT-ova tehnologija rada dopušta rad pod naponom ako su osigurani slijedeći pogonski uvjeti na promatranom vodu:

- distantna zaštita u prvom stupnju prekriva 100% duljine voda bez vremenskog zatezanja isklopa
- blokiran automatski ponovni uklop
- nije dopušten uklop bez odobrenja odgovornog rukovoditelja rada, ako za vrijeme rada pod naponom dođe do ispada ili isklopa voda na kojem se radi
- relativna vlažnost zraka na početku rada ne veća od 85%.

Ako na radilište dođe obavijest o ispadu ili isklopu voda, radnici napuštaju mjesto rada i odlaze na potencijal zemlje (ne nužno na tlo) i tada se daje odobrenje za uklop. Nakon primanja dispečerove obavijesti o uklopu, te da su i dalje ispunjeni potrebni pogonski uvjeti u mreži, može se nastaviti s radovima.

Nakon završetka dnevnog posla, odgovorni rukovoditelj radova obavještava o tome dispečara, koji može odlučiti da stavi u funkciju automatski ponovni uklop i postavi režim zaštite drugačije od potrebnog za RPN.

Kako je angažiran izvođač izvan HEP-a, na radilištu je stalno bila tehnička osoba za nadzor iz HEP-a, odgovorna za komunikacije radne ekipe s dispečarom te za operativne dogovore i odluke na mjestu rada u zajednici s OVIT-ovim odgovornim rukovoditeljem radova.

PRIPREME ZA IZVOĐENJE RADOVA

Pripreme su vremenski postavljene tako da se radovi mogu odvijati prije nastupa ljetnog grmljavinskog razdoblja. Osiguran je sav potreban materijal za popravak. Očišćena je trasa od šipražja na svim mjestima radova, te osigurano da se može obaviti hitna sječa ako se lokalno utvrdi da je to potrebno. Pored odgovarajućeg prostora u okolini stupova, to je osobito važno ispod mjesta svih približavanja tlu, onih vodiča na kojima će se raditi, kako raslinje na tim mjestima ne bi umanjivalo sigurnosnu udaljenost. Daka-ko, nužna je i potpuna prohodnost u rasponima stupova među kojima su oštećenja koja treba popraviti.

U razdoblju prije početka izvođenja radova, odgovarajući radnici HEP-a i OVIT-a obišli su mjesta rada u potpunosti, radi utvrđivanja pristupa i detaljnih okolnosti na svakom mjestu, te izrade kontrolne prethodne tehničke radne dokumentacije koja će se koristiti za svako pojedino mjesto rada.

IZVRŠENJE RADOVA

Radovi su se odvijali najprije na osječkom području, a nastavili na zagrebačkom području. Sukladno ugovoru, ra-

dovi su otpočeli 28. lipnja 1996. godine i trajali do konca srpnja 1996. godine. Trajali su, dakle, mjesec dana, u kojem je razdoblju ostvareno 20 radnih dana, zbog planiranih neradnih dana i iznenadno neradnih zbog kiše. Popravci koji su pri tome učinjeni prikazani su tablicom 2, u koloni osnovni ugovor.

Tijekom radova o osnovnom ugovoru opaženo je više kritičnih oštećenja nego li je ugovorom bilo specificirano. Takva oštećenja su također popravljena, te je time ugovoreni opseg popravaka ostvaren dospjevši do približno 1/2 duljine trase dalekovoda, gledajući od Osijeka prema Zagrebu, te je preostala polovina dalekovoda, iscrpljenjem spomenutog ugovora, ostala bez popravaka kritičnih oštećenja.

Prilikom pripremanja radova, utvrđivanje oštećenja je obavljeno vizualnim pregledom dalekozorom s tla, – jer dalekovod nije mogao biti isključivan iz pogona, te je jedan broj oštećenja ostao nevidljiv. Ta oštećenja otkrivena su prilikom izvođenja radova popravaka pod naponom, jer se monter tada nalazio u neposrednom kontaktu i u blizini oštećenih dijelova.

Stoga su dopunskim ugovorom predviđeni radovi u 50 postotnom vrijednosnom opsegu osnovnog ugovora, jer su tako omeđivale financijsko-pravne okolnosti. Očekivalo se da će to omogućiti popravak preostalog dijela dalekovoda, kako bi se dalekovod cijelom duljinom doveo u ujednačeno stanje ispravnosti. Količine, predviđene dopunskim ugovorom prikazane su u tablici 2, u koloni dopunski ugovor. Dopunski ugovor ostvaren je u razdoblju od 21. listopada do 6. studenog 1996. godine, u 15 radnih dana. Međutim, nije ostvaren veliki napredak duž trase: ovdje je bilo raspona u kojima je utvrđen dvostruko veći broj stvarnih oštećenja od utvrđenih pregledom s tla. To je bilo u području s iznimno žestokim ratnim razaranjima, s prosječno dva oštećenja faznih vodiča u svakom rasponu.

Tako se s popravcima doprlo do 335. stupa; na vodu koji ima ukupo 606 stupova, te je nastavak radova predviđen za povoljno vremensko razdoblje u 1997. godini.

OSTVARENI UČINCI

Na svladanom dijelu trase, obavljen je popravak svih mjesta oštećenja faznih vodiča te je vod u tom pogledu doveden u mehanički pouzdano stanje i spriječena je daljnja destrukcija tih mjesta oštećenja. Pri tome, važno je istaknuti, da je pristupom vodičima pod naponom utvrđeno i oko 50% prikrivenih mjesta oštećenja i obavljena njihova sanacija, što nije otkriveno pregledom s tla. Popravljeni su i oni nosni izolatorski lanci kojima je izolacija bila jače oštećena; preostalo je da se to učini i na zateznim izolatorskim lancima.

Tablica 2. Popravci DV 400 kV Ernestinovo-Tumbri – Tehnologijom rada pod naponom

Vrsta zahvata	stanje: studeni 1996.	
	Osn. ugovor	Dop. ugovor
Popravak izol. lanca s 1 ošteć. člankom	1	–
Popravak izol. lanca s 2 ošteć. članka	4	–
Popravak faznog vodiča kompres. spojnicom	20	23
Popravak faznog vodiča poprav. spiralom	30	12
Popravak odstojnika	5	–
Ukupno	69	35

Tablica 3. Trajanje popravka oštećenja vodiča (minute)

Faza rada	RPN	RBN
Obostrani isklon voda i uzemljenje u TS	—	15
Utvrđivanje beznap. stanja i uzemljenje na mjestu rada	—	15
Postavljanje kolica i pristup mjestu rada	45	30
Popravak vodiča spojnicom za popravak	30	30
Napuštanje mjesta rada i uklanjanje kolica	45	30
Odzemljenje na mjestu rada	—	15
Odzemljenje voda u TS i obostrani uklop	—	15
Ukupno	120	150

RPN – ostvarene prosječne vrijednosti prilikom radova pod naponom na DV 400 kV Ernestinovo-Tumbri

RBN – procijenjeno za radove u beznaponskom stanju

Sve to obavljeno je bez manevara u mreži, bez smanjenja sigurnosti mreže, bez povećanja gubitaka u mreži ili izvanrednog angažmana elektrana, te bez ijednog neisporučenog kilovatsata ili kakva drugog izvanrednog događaja. Također, bez čekanja ekipe na isklon i uzemljenje voda, bez opterećenja ekipe odobrenim trajanjem isključenja ili prijetećim atmosferskim prilikama (kada su one bile neprihvatljive, rad je prekidano ili nije niti započinjan).

Iskazati to ekonomskim mjerilima nije jednostavno i bilo bi opterećeno brojnim pretpostavkama – time nedovoljno vjerodostojno. Ilustrirajmo učinkovitost takva rada samo usporedbom vremena potrebnog za popravak faznog vodiča tehnologijom rada pod naponom (RPN) i konvencionalnom tehnologijom, u beznaponskom stanju (RBN). Taj je zahvat izabran za usporedbu jer je čino pretežiti dio ukupnog ostvarenog posla, tablica 3. Pripomenimo da bi se pristup mjestu rada na faznim vodičima u rasponu između stupova, pri radu u beznaponskom stanju, također obavio postavljanjem monteraških kolica na fazne vodiče i prevlačenjem kolica do potrebnog mjesta pomoću užeta s tla.

Možda neočekivano: rad u beznaponskom stanju trajao bi dulje od popravka izvedenog tehnologijom rada pod naponom. Tablica 3 ujedno prikazuje operacije koje naprosto ne postoje prilikom izvođenja RPN, a nezaobilazne su pri radovima u beznaponskom stanju.

ZAKLJUČAK

Popravkom kritičnih oštećenja nastalih ratnim razaranjem 1991/92. godine na DV 400 kV Ernestinovo-Tumbri, koji vod je od tada u pogonu pod naponom 220 kV, ostvaren je prvi put rad pod naponom u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede. Radove su izveli radnici mađarskog poduzeća OVIT uz podršku s tla pomoćnih radnika HEP-a. Ostvarena je prosječna učinkovitost od oko 3 popravka u jednom radnom danu. Pretežito su to bili popravci oštećenih faznih vodiča, a u manjem broju popravci nosnih izolatorskih lanaca s dva oštećena članka ili popravci odstoynika vodiča u faznom snopu.

Ostvareno je povećanje mehaničke pouzdanosti voda, otkrivene su i otklonjene prikrivene greške, te spriječena dalja destrukcija mjesta oštećenja vodiča na tomvodu u radijalnom korištenju. Sve bez ijednog prekida opskrbe, bez ijedne ozljede na radu i bilo kakva izvanrednog događaja.

Predstoji popravak faznih vodiča i zamjena oštećenih izolatorskih članaka u nosnim lancima na preostalom dijelu trase, primijenjenim načinom, te popravak oštećenih zate-

znih izolatorskih lanaca na cijeloj trasi, prilagođenjem postojeće OVIT-ove tehnologije i opreme za rad uvjetima na vodu 400 kV Ernestinovo-Tumbri, uz postojeći pogonski napon od 220 kV.

LIVE WORKING ON 400 kV TRANSMISSION LINE ERNESTINOVO-TUMBRI REPAIR

During the war in 1991 and 1992 numerous electric energy facilities owned by the Croatian National Electricity were damaged in war operations. The 400 kV transmission line Ernestinovo-Tumbri, also damaged, has been used continuously since 1992 as the only line for Slavonia electric energy supply under 220 kV voltage. This situation made longer non-operation state caused by repair and maintenance impossible, so war damages have been increased by everyday operation damages for instance breakdowns of insulator parts. Primary conductor damages caused by war are gradually getting worse because of heat, corrosion and atmospheric influences. Therefore it was necessary to realise the critical damages repair working live. The Croatian National Electricity is not equipped and qualified for that work, so the Hungarian enterprise OVIT has been engaged to realise this task. This paper is a review of that undertaking, the first live working in the transmission network of the Croatian National Electricity.

DIE REPARATUR UNTER SPANNUNG DER 400 kV FERNLEITUNG ERNESTINOVO - TUMBRI

Zahlreiche Stromversorgungsanlagen Kroatiens sind durch Kriegszerstörungen im Laufe des Krieges 1991/1992 beschädigt worden. Die 400 kV - Fernleitung Ernestinovo - Tumbri, ebenfalls beschädigt, dient seit 1992 unter Spannung von 220 kV als die einzige Leitung für die Stromversorgung Slawoniens. Nicht nur wegen Reparatur und Instandhaltung, sondern auch wegen der Beschädigungen im Normalbetrieb (z.B. Durchbrüche und den Isolatoren-kettengliedern), sowie wegen der immer häufiger vorkommenden Verbreitung der Kriegsschäden durch Wärme, Korrosion und Niederschläge, war eine Ausserbetriebstellung von längerer Dauer nicht zu vermeiden. Dadurch war die Einführung der Arbeiten unter Spannung wegen der Beseitigung kritischer Beschädigungen unentbehrlich. Da Kroatien für solche Unterfangen nicht ausgerüstet ist, hat man das ungarischen Unternehmen OVIT angeheuert. Dieses Artikel stellt dieses Unterfangen, als die erste Arbeit unter Spannung im Versorgungsnetz Kroatiens, dar.

Naslov pisaca:

József Meixner
Országos Villamostávvezeték Rt.
Körvasútsor 105
H-1158 Budapest, Pf. 83
Mađarska

Marijan Kalea
Hrvatska elektroprivreda
Šet. kard. F. Šepera 1a
31000 Osijek, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1996 – 12 – 5