

mr. sc. Viktor Lovrenčić, dipl.ing.el.
C&G d.o.o. Ljubljana i CiG d.o.o. Pula
viktor.lovrencic@c-g.si

Tomaž Pungartnik, dipl.ing.el.
Elektro Ljubljana d.d.
tomaz.pungartnik@elektro-ljubljana.si

UPORABA MONTAŽNIH STUPOVA KOD SANACIJE NADZEMNIH VODOVA OŠTEČENIH LEDENOM KIŠOM U DISTRIBUCIJI ELEKTRO LJUBLJANA

SAŽETAK

U veljači 2014. godine je u velikom dijelu Slovenije došlo do katastrofalnog rušenja niskonaponske (NN) i srednjenaponske (SN) distribucijske mreže, 110 kV distribucijskih i prijenosnih dalekovoda te 220 i 400 kV prijenosnih dalekovoda. Posebno katastrofalne posljedice su bile između trafostanica (TS) u okolici Ljubljane i Postojne. Dodatno opterećenje u obliku leda lomilo je stupove i kidalo vodiče. Zbog havarije na distributivnim 20 i 110 kV dalekovodima su ostala bez napajanja mjesta Logatec i Cerknica sa okolicom.

Prikazana su pozitivna iskustva uporabe tehnologije montažnih stupova za rješavanje havarijskih stanja u distribucijskoj mreži. Tijekom sanacije je bila od značaja tipizacija stupova i mogućnost ispomoći jedne tvrtke drugoj prilikom brze sanacije srušenih stupova. Problematika je aktualna i u širem prostoru zbog prošlogodišnjih poplava i ledom srušenih dalekovoda od Slovenije preko Hrvatske do Austrije, Mađarske, Rumunjske i Srbije.

Ključne riječi: sanacija dalekovoda, havarije, led, dodatno opterećenje, havarijski stupovi, montažni stupovi

APPLICATION OF EMERGENCY RESTORATION TOWERS FOR REPAIRMENT OF COLLAPSED OVERHEAD POWER LINES DURING THE ICING RAIN IN THE UTILITY ELEKTRO LJUBLJANA

SUMMARY

In February 2014 a large part of Slovenia suffered a catastrophic demolition on low and medium voltage distribution network, on 110 kV distribution and transmission lines, and on 220 kV and 400 kV transmission lines. Especially disastrous were the consequences on the line between the transformers in the vicinity of Ljubljana and Postojna. Additional load of ice also broke the towers and tore the wires. Because of collapsed 20 and 110 kV overhead power lines the cities Logatec and Cerknica remained without power.

In this paper, the positive experiences of using technology of emergency restoration towers to restore the distribution and transmission network are presented. In this restoration the typing of towers and the possibility of cooperation between enterprises in the rapid rehabilitation of the demolished towers was very important. The issue is relevant even in the wider area because of last year's floods and ice destroyed transmission lines from Slovenia through Croatia, Austria, Hungary, Romania and Serbia.

Keywords: overhead power lines repair, accidents, ice, additional burden, floods, emergency restoration towers, assembly towers

1. UVOD

U veljači 2014. godine je u velikom dijelu Slovenije došlo do katastrofalnog rušenja niskonaponske i srednjenaponske distribucijske mreže, 110 kV distribucijskih i prijenosnih dalekovoda te 220 i 400 kV prijenosnih dalekovoda zbog ledene kiše. Nevrijeme je rušilo nadzemne vodove u zapadnoj, centralnoj i istočnoj Sloveniji. Jaka kiša u vremenu od 31. siječnja do 2. veljače je kod temperature nekoliko stupnjeva ispod nule uzrokovala nastanak ledenog oklopa oko vodiča i stupova. Tako je nastalo dodatno opterećenje, led, koji je lomio stupove i kidao vodiče.

Štete i razmjere se mogu opisati kao najveća prirodna katastrofa od samostalnosti Slovenije. Bez električne energije ostalo je više od 250.000 potrošača, a neki i duže od deset dana. Odmah se je pristupilo sanaciji niskonaponske i srednjenaponske distribucijske mreže s ciljem što bržeg dovođenja električne energije gradovima, selima i pojedinim potrošačima. Dizel električni agregati su bili od velike pomoći. Sustavna sanacija je trajala više mjeseci.

Distribucija Elektro Ljubljana je imala najteži zadatak kada su srušeni distribucijski dalekovodi (DV) 110 kV Kleče–Logatec, DV 110 kV Vrhnika–Logatec i DV 20 kV Vrhnika–Logatec, koji su napajali RTP Logatec i RTP Cerknica. Istodobno je došlo do oštećenja konzola na DV 110 kV Kleče-Vrhnika i manjih oštećenja na dva stupa na DV 110 kV Logatec-Cerknica, koja su privremeno sanirana. U cijelosti je srušen DV 20 kV Logatec-Žiri, koji još nije obnovljen. Zbog havarija na distributivnim 20 i 110 kV dalekovodima su ostala bez napajanja mjesta Logatec i Cerknica sa okolicom.

Budući da je područje koje se napaja iz TS Logatec i TS Cerknica ostalo bez napajanja, je u Elektro Ljubljana brzo donesena odluka da se montažni stupovi postave na oštećenom odsjeku DV 110 kV Vrhnika - Logatec. Tako su uspostavili 110 kV vezu sa TS Logatec. Navedeni dalekovod su monter distribucije Elektro Ljubljana u rekordnom vremenu od nekoliko dana osposobili za pogon uporabom havarijskih montažnih stupova.

Višegodišnja iskustva montera Elektro Ljubljana koja su stečena tokom sanacije pojedinih stupova bila su od velike važnosti za vrijeme te brze sanacije. Tijekom ove sanacije je bila od značaja tipizacija havarijskih stupova u prijenosu (ELES) i distribuciji te mogućnost ispomoći jedne tvrtke drugoj prilikom brze sanacije srušenih stupova. ELES je istovremeno sanirao oštećen dalekovod 2x 110 kV Slovenj Gradec-Velenje te je nakon sanacije posudio distribuciji Elektro Ljubljana preostale havarijske stupove. Budući da je bila oštećena trasa DV 110 kV Vrhnika - Logatec duga 2,8 km, što je bila preduga dionica za 3 montažna stupa koje posjeduje Elektro Ljubljana (EL), posudili su još 5 montažnih stupova od ELES-a te je tako za samo sedam dana uspostavljeno napajanje TS Logatec i TS Cerknica.

Slovenska distribucija je zbog te velike havarije krajem 2015. godine zajednički nabavila dodatnih 18 montažnih 110 kV stupova, koji se mogu konfigurirati za potrebe 20 kV mreže, jer su uz 110 kV izolatore isporučeni i 20 kV izolatori. Moguće je sastaviti 23 stupa za 20 kV razinu.

Problematika je aktualna i u širem prostoru zbog velikih poplava i ledom srušenih dalekovoda od Slovenije preko Hrvatske do Austrije, Mađarske, Rumunjske i Srbije.

2. UPORABA HAVARIJSKIH STUPOVA (ERS)

2.1. Povijest razvoja havarijskih stupova

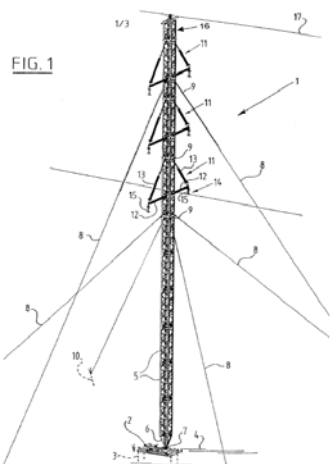
Povijest razvoja i uporabe havarijskih stupova (eng. Emergency Restoration Structures - ERS) je veoma zanimljiva. Proučavanje literature koja opisuje razvoj ERS u svijetu dovodi do zaključka da je ideja krenula iz Europe, ali se je tržno i proizvodno razvila u Sjevernoj Americi (SAD, Kanada).

Istraživanje patentnih prijava nas upozorava da je već 1930. prijavljen patent [1], koji je opisao metodu i način gradnje ERS odnosno havarijskog stupa. Slijedio je niz novih patenata među kojima je patent [2] opisao metodu izgradnje konstrukcije za havarijske energetske linije te opremu i naprave za izradu konstrukcije za havarijski stup (Slika 1).

Konstrukcija po principu „lego“ kocki je prvi puta upotrijebljena [3] u Nizozemskoj kada je 1975. godine KEMA realizirala ERS za 400 kV DV tipa „V“ čelične konstrukcije (Slika 2). Nekoliko godina kasnije, točnije 1979., je aluminij zamijenio čelik.

Nakon uspješnih tehnoloških rješenja stručnjaci su se okupili u radnim grupama s ciljem da se standardizira konstrukcija i elementi konstrukcije. Tako su već 1984. godine prezentirani prvi rezultati tima EEI (T&D), koji nakon 1988. godine postaju američka norma potvrđena od strane IEEE [4,5]. Norma je

dopunjena 1995. i 2006. godine i u uporabi pod oznakom IEEE 1070-2006. Norma je standardizirala komponente ERS i metode testiranja kakvoće materijala i komponenti.



Slika 1. Patentiran tip stupa [1,2]



Slika 2. Prvi ERS 400 kV za nizozemsku mrežu 1975. godine [3]

2.2. Tehnološka rješenja ERS

U literaturi i na tržištu je moguće naći više tehnoloških konstrukcijskih rješenja ERS. Možemo ih opisati preko načina uporabe, tipa konstrukcijskog rješenja, materijala i drugo.

Prema načinu uporabe tehnološka rješenja ERS možemo definirati kao [6,7]:

- havarijski stupovi, koji se koriste u izvanrednim situacijama za sanaciju havarijskih stanja, a mogu biti privremena ili trajna rješenja (Slika 3),
- montažni stupovi, koji se koriste kod planiranih rekonstrukcija kao tzv. bypass postojećim stupovima uglavnom kao privremeno rješenje (Slika 4).



Slika 3. Montaža havarijskih stupova na DV 110 kV Hudo – Kočevje, EL [6,7]



Slika 4. Montažni stupovi kod rekonstrukcije DV 110 kV Dravograd - Železarna Ravne, ELES [6,7]

Stručnjaci održavanja EL su nakon čestih havarija dali inovativnu inicijativu [8], koju je rukovodstvo EL podržalo. Stručnjaci EL su analizirali poznata tehnološka rješenja ERS i definirali zahtjeve za nabavku ERS. Odluka za nabavku ERS je bila osnovana na postavljenom cilju, sanacija srušenog stupa u jednom radnom danu. Stručnjaci ELES-a su zahtjeve nadgradili s elementima 220 i 400 kV stupova. Da bi postigli taj veoma važan cilj moraju havarijski stupovi (ERS) ispuniti nekoliko osnovnih zahtjeva EL/ELES [9] (Slika 5 i 6):

- stupovi moraju biti modularni iz laganog materijala (Al),
- pojedini segmenti (moduli) maksimalne dužine 2 m i težine do 100 kg,
- prilagodljivost terenu,
- prilagodljivost na potrebnu visinu stupa (npr. od 15 do 40 m),
- prilagodljivost na tip glave stupa (jedno ili dvosistemski),
- prilagodljivost na napon DV (distribucija 10/20/35/110 kV i prienos 110/220/400 kV),
- moduli moraju omogućiti različite konfiguracije glava stupova od 20 do 400 kV razine,
- različite mogućnosti montaže stupa (ručno, dizalica, helikopter),
- višekratna uporaba konstrukcije,
- montaža bez betonskog temelja,
- mogućnost uzemljenja,
- jednostavno skladištenje i logistika (kontejner),
- dug životni vijek,
- raspoloživost rezervnih dijelova,
- mogućnost trženja usluge trećim partnerima,
- laka konstrukcija i jednostavnost montaže (lego kocke),
- moduli moraju podnijeti minimalne sile; 2500 kN kompresije, 10 kN torzije i 25 kN/m na savijanje odnosno 200 kN do rušenja. Zahtijevani su rezultati testiranja ne stariji od 5 godina,
- moduli moraju imati integriran sustav za sigurno penjanje bez dodatnog zavrtnja i to na sve četiri strane. Sigurnosna zaštitna spona mora slobodno kliziti po vodilici i mora imati sustav za automatsko zaustavljanje u slučaju pada,
- oprema mora omogućiti montažu bez dizalice (montažna igla),
- oprema mora sadržati pomičnu platformu za montažu modula bez zavrtnja,
- mora biti uključena montažna platforma za pristup kod pričvršćivanja vodiča te montažu izolatora i vodiča bez dodatnih ljestvi,
- ploča za temeljenje stupa mora biti sa zglobovom bazom,
- sidra moraju omogućiti više načina sidrenja u tlo od II. do VI. kategorije,
- u opremi su uključene sidrene spirale veće pretrgne sile od sidrene užadi,
- u opremi je uključena naprava za zabijanje sidrenih igli (udarni čekić) i lagano motorno vitlo (do 15 kg) za dizanje modula i montažne igle,
- kompozitni izolatori moraju odgovarati naponskoj razini 20 i 110 kV (serijski vezani za 220 i 400 kV) s kompletnom opremom za jednostavnu montažu,
- oprema se isporučuje u vremenski otpornim pomičnim kontejnerima s mogućnošću utovara sa hiab-om (do dužine 3 m, širine 2,5 m i visine 2,6 m),
- uključena mora biti programska oprema za izračun lančanice i statike stupova u različitim terenskim uvjetima, Software (SW) mora biti kompatibilan s programom PLS CADD,
- isporuka uključuje do 10% sitnog materijala (vijci, matice, kolature),
- osigurati je potrebno školovanje djelatnika naručioca u Sloveniji, praktična montaža stupova do 5 dana i poznavanje programske opreme (SW) do 3 dana.



Slika 5: Europski sistem (kontejner 10/20 ft) [3,8]



Slika 6. Isporuca opreme na teren (Izvor: ELES)

3. PRVA UPORABA HAVARIJSKIH I MONTAŽNIH STUPOVA (ERS) U SLOVENIJI

Nakon havarije 2009. godine kada su oštećena dva 110 kV stupa na DV 110 kV Hudo – Kočevje, a sanacija je uz sve napore trajala čak 17 dana, došlo je do inovativne inicijative u službi održavanja EL-a [8]. Rukovodstvo EL-a prihvatilo je inicijativu i realiziralo nabavku prvih havarijskih stupova [9].

EL je realizirala prvu nabavku kompleta havarijskih stupova (3 kom 110 kV) te sredinom siječnja 2010. godine u pravim zimskim uvjetima izvela školovanje. ELES je u travnju 2011. preuzeo komplet havarijskih stupova za montažu 10 komada 110 kV konfiguracije: 10 komada dvosistemskih 110 kV stupova (do 30 m), 8 komada jednosistemskih 220 kV stupova i 4 komada jednosistemskih 400 kV stupova. U 2015. godini je svih pet slovenskih distribucija zajedničkom nabavkom realiziralo nabavu 18 komada 110 kV stupova s mogućnošću uporabe za 20 kV razinu, jer su dodatno naručeni 20 kV izolatori. Stručnjaci EL su oblikovali novi „slovenski“ tip glave SN stupa sa 20 kV izolatorima na vrhu stupa te je tako moguće sastaviti 23 stupa za 20 kV razinu (izolatori su i za 35 kV razinu). Slovenski distributeri su uz zajedničku nabavku potpisali sporazum o ispomoći jedni drugima s opremom i ekipama montažera u slučaju havarije.

Sljedeći mjesec nakon isporuke prvog kompleta havarijskih stupova (3 kom 110 kV) je EL već imala havarijsko stanje za sanaciju 110 kV DV. Na dalekovodu 110 kV Hudo – Kočevje (havarija na istoj trasi) u blizini Dvora kod Žužemberka je u petak 5.2.2010. između 14 i 15 sati zbog pada drveta opterećenog snijegom došlo do ispada DV i oštećenja glave stupa na SM 52. Stup se prelomio ispod donje konzole. Osim tog stupnog mjesto bilo je oštećeno i SM53, ali stabilnost nije bila kritična.

Prilikom te prve havarije bilo je u veliku pomoć upravo završeno školovanje montera EL, koje je obavljeno u zimskim uvjetima. Izvedeno školovanje na snijegu je ubrzalo rad u realnim zimskim uvjetima na terenu. Ekipa EL je nakon analize na terenu odmah pristupila sanaciji. Izveden je „bypass“ oko oštećenog SM52, a sastavljen je od dva 22 m visoka havarijska stupa (Slika 3).

Sanacija je realizirana sa svim pripremnim aktivnostima u tri radna dana što je novo iskustvo u brzini sanacije havarije na ovim prostorima. Monteri EL su izveli sanaciju u izuzetno teškim vremenskim uvjetima (hladnoća i više od 50 cm snijega). Brza sanacija je dokazala opravdanost nabavke havarijskih stupova.

4. KRONOLOGIJA LEDENE KATASTROFE U VELJAČI 2014. U SLOVENIJI

Sve je počelo u četvrtak 30. siječnja kada je iznad većeg dijela Slovenije počeo padati snijeg, tijekom dana je na području dinarske barijere dolazilo do temperaturne inverzije i snijeg je prešao u kišu. Prvi oblici ledene kiše bili su vidljivi navečer u području oko Postojne i Pivke [11-16].

U petak 31. siječnja je sredinom dana snijeg prešao u kišu u većem dijelu Slovenije. Snijeg je pao na sjeverozapadu države. Sredinom dana je Elektro Primorska zatražila pomoć službe održavanja CIPO Divača (ELES) kod sanacije pokidanih vodiča na dalekovodu DV 110 kV Pivka - Postojna. U subotu 1. veljače vremenska situacija se pogoršala u većem dijelu Slovenije osim južnog Primorja, Brkina, Vipavske doline, i Krasa, gdje su bile temperature oko -3°C.

Slovenija je bila okovana ledom (Slika 7 i 8). Drveća su padala na distribucijske mreže, broj kućanstava bez struje ubrzano je rastao. Oko 16 sati ispao je distribucijski dalekovod DV 110 kV Logatec - Cerknica. Nakon sat i pol, dakle oko 17:30 sati, ispao je DV 220 kV Kleče - Divača, a sat kasnije i DV 400 kV Beričevo - Divača. Nešto prije ponoći srušio se DV 110 kV Kleče - Vrhnika.

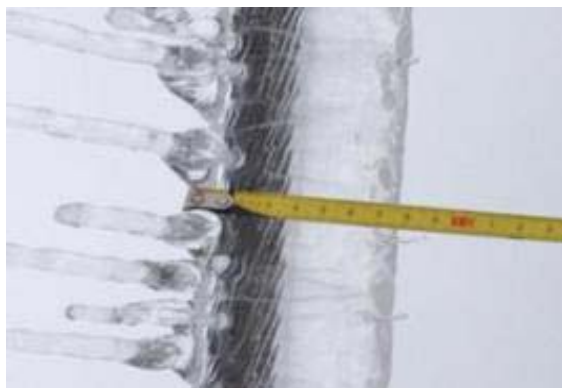


Slika 7. Havarija 400 kV DV stupova [15,16]



Slika 8. Ledeni oklop na faznom vodiču DV 110 kV Cerkno - Idrija [15,16]

U nedjelju 3. veljače u jutarnjim satima srušio se dalekovod DV 2x110 kV Dravograd - Velenje. Državna agencija za okoliš (ARSO) izdala je crveni alarm za cijelu državu. Taj dan je došlo do najviše ispada odnosno prekida opskrbe električne energije. Ispali odnosno srušili su se distribucijski dalekovodi DV 110 kV Kleče - Logatec, DV 110 kV Vrhnika - Logatec, DV 110 kV Pivka - Postojna, brojni SN (35, 20 i 10 kV) dalekovodi i NN mreža (0,4 kV). Zbog prevelike količine leda, koja je u okružju Postojne mjerila i 5 cm, lomila su se brojna stabla koja su padala na distribucijsku mrežu te tako pokidala žice, lomili su se i stupovi. Slika 9 prikazuje 8 cm debeli sloj leda na faznom vodiču 490/65 mm², a slika 10 led na DV 400 kV Beričevo - Divača kod Unca, selo Studeno pri Planini i Laže nad Senožecami.



Slika 9. Led na vodiču Al/Če 490/65 mm² [16]



Slika 10: Led na DV 400 kV Beričevo - Divača [16]

Tijekom nedjelje havarija se nastavila prije svega u vidu lomljenja drveća i energetske infrastrukture, a dalekovodi u zateznim poljima padali su poput domina. Počelo je u okružju Ilirske Bistrice i Postojne, gdje se više puta popravljani distribucijski dalekovod DV 110 kV Pivka - Postojna konačno srušio. U Logatcu se prekinuo DV 220 kV Kleče - Divača.

Zbog djelovanja zaštite ispali su i DV 400 kV Beričevo - Podlog, DV 220 kV Beričevo - Podlog, DV 110 kV Formin - Nedeljanec (Hrvatska) te DV 110 kV Škofja Loka – Železniki. Ledena kiša je pogodila i susjednu Hrvatsku, gdje je na DV 110 kV Formin - Nedeljanec došlo do pretrgnuća vodiča, a na DV 400 kV Tumbri (Zagreb) - Melina (Rijeka) i DV 400 kV Velebit - Melina do oštećenja izolacije.

Temperature su se u ponedjeljak 4.2.2014. sredinom dana zbog sjeveroistočnog vjetro podigle malo iznad 0°C. Oko 14 sati se je zbog topljenja leda na Bevkovom vrhu (1051 m) srušio DV 110 kV

Cerkno - Idrija. Istog dana oko 18 sati je zbog rušenja SM72 nad Motnikom prema Vranskom ispao i DV 400 kV Beričevo - Podlog.

Na DV 220 kV Beričevo - Podlog je 5. veljače došlo do prijeloma srednje konzole, a nakon dva dana DV je uspješno uključen u prijenosnu mrežu.

Dana 2.2.2014. u 21:48 sati ispao je DV 220 kV Obersileach (Austrija) - Podlog, ali je već 3.2.2014. u 8:58 sati uspješno uključen.

Rezultat ledenog nevremena je bio ispad opskrbe više od 250.000 potrošača. Katastrofa!

5. SANACIJA DISTRIBUCIJSKOG 110 kV DALEKOVODA S HAVARIJSKIM STUPOVIMA

Jaka ledena kiša je na području Elektro Ljubljana najviše pogodila područje između Vrhlike i Logatca. 2.2.2014. je u prvoj polovini dana došlo do potpunog rušenja DV 110 kV Kleče – Logatec između SM92 i SM102, DV 110 kV Vrhlike – Logatec između SM84 i SM94 te DV 20 kV Vrhlike – Logatec između SM8 i SM19 (Slika 11 i 12) [14-16].



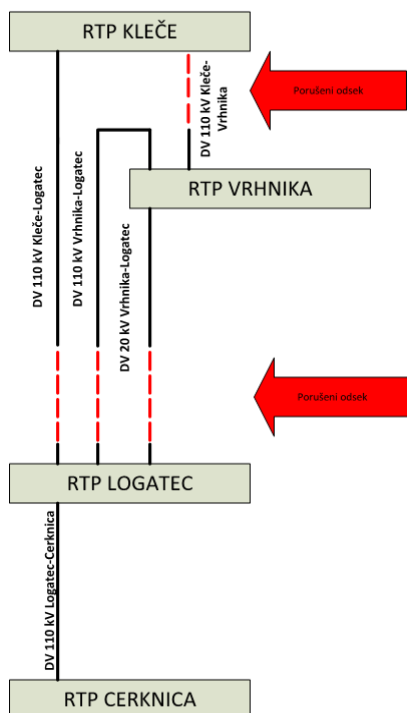
Slika 11. Pogled na ledom okovan vodič [14-16]



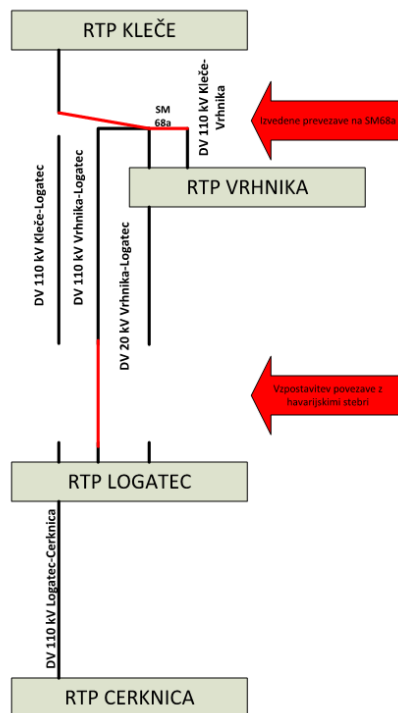
Slika 12. Pogled na katastrofalno stanje trase nakon ledene havarije [14-16]

Na slici 13 je prikazan shematski pregled stanja nakon rušenja dijelova DV. Područje TS Logatec i TS Cerknica je zbog posljedica vremenske nepogode ostalo bez 110 kV veza, a vremenskoj nepogodi je podlegao i 20 kV DV koji povezuje TS Vrhlike i TS Logatec. Oštećene su konzole i na DV 110 kV Kleče-Vrhlike što je bilo riješeno premoštenjem na stupu SM68a (taj DV je bio isključen nekoliko tjedana).

Budući da je područje koje se napaja iz TS Logatec i TS Cerknica ostalo bez napajanja, je u Elektro Ljubljana brzo donesena odluka da se montažni stupovi postave na oštećenom odsjeku DV 110 kV Vrhlike - Logatec. Tako su uspostavili 110 kV vezu sa TS Logatec.



Slika 13. Shematski prikaz stanja nakon rušenja DV [14-16]



Slika 14. Shematski prikaz stanja nakon izvedbe i postavljanja montažnih stupova [14-16]

Pošto je oštećeno drveće i dalje padalo na trasu manje oštećenog DV 110 kV Kleče - Logatec odlučeno je da se montažni stupovi montiraju po sredini trase, što je još omogućilo i lakšu naknadnu sanaciju DV 110 kV Kleče - Logatec. Oštećena trasa DV 110 kV Vrhnik - Logatec bila je duga 2,8 km, što je bilo predugo za 3 montažna stupa koje je posjedovala Elektro Ljubljana te su pozajmili još 5 montažnih stupova od ELES-a (Slika 12).

Treba napomenuti da je ova pomoć prijenosnog poduzeća ELES-a distribucijskom poduzeću Elektro Ljubljana bila moguća zbog unificirane opreme havarijskih stupova u Sloveniji.

Do takve suradnje je došlo već 2010. godine (Slika 4), kada je Elektro Ljubljana pozajmila ELES-u svoja tri stupa za nužan „bypass“ prilikom rekonstrukcije DV 110 kV Dravograd - Železarna Ravne, ELES [6,7].

Na osnovu nacрта trasa i stvarne situacije na terenu je izvedeno projektiranje montažnih stupova uz pomoć programske opreme PLC-CAD i PLS-POL. Temeljem rezultata iz programa PLC-CAD i PLS-POL određena su mjesta i visine montažnih stupova (Tablica I).

Tablica I. Izračunate visine pojedinih montažnih stupova

SM	Oznaka starog stupa	Tip ERS i visina
85	N400/11,05	N 24
86	N400/12,8	N 30
87	N400/11,5	N 26
88	ZK450/10,9/120	Z 26
89	N400/16,4	N 30
90	N400/20,1	N 30
91	N400/20,1	N 30
92	N400/18,2	N 30

Već 4.2.2014., dakle dva dana nakon ledene vremenske nepogode, je na temelju tehničkih podataka započeto uređivanje prostora za postavljanje montažnih stupova i iskopavanja jama za sidra kao i postavljanje montažnih stupova na DV 110 kV Vrhnik - Logatec (Slika 15). Nakon smirivanja vremenske nepogode radnici Elektra Ljubljane započeli su čišćenje prilaznih putova i sa dopremom potrebne opreme i montažnih stupova na mjesto montaže.

Nakon postavljanja osam montažnih stupova je DV 110 kV Vrhnika - Logatec bio spreman za pogon. Na odcjepnom stupu SM68a bilo je nužno izvesti još prevezivanje između 110 kV dalekovoda Kleče - Vrhnika, Kleče - Logatec i Vrhnika - Logatec (Slika 14).

Dalekovod je uspješno priključen u mrežu 9.2.2014., nakon samo sedam dana i time je uspostavljeno napajanje TS Logatec i TS Cerknica [14-16].



Slika 15. Postavljanje havarijskih/montažnih stupova u trasu DV 110 kV Vrhnika - Logatec [14-16]

Izvedba uzemljenja nije zahtijevana. Stup može biti uzemljen pomoću tračnog kraka. Izvođači mogu povezati pričvrstnu užad za uzemljenje koja je pričvršćena na vrhu stupa sa uzemljivačem te tako dostignuti izvrsnu provodnost uzemljivača.

4. ZAKLJUČAK

Sve češće teške vremenske nepogode (snijeg, led, orkanski vjetrovi, poplave, pad drveća) uzrokuju rušenje čelično-rešetkastih SN i VN dalekovodnih stupova.

Slovensko tržište koristi montažne stupove za napone od 20 do 110 kV za distribucijsku mrežu te od 110 do 400 kV za prijenosnu mrežu. Logistika je riješena tako da se moduli, pripadajuća oprema i oprema za montažu na teren isporučuju u vremenski otpornim prijenosnim skladišnim kontejnerima koje je moguće natovariti pomoću auto dizalice. Isporučeni kontejneri su maksimalne dužine 3 m, širine 2,5 m i visine 2,6 m (Slika 3 i 4).

Slovenska distribucija danas zajedno ima 21 kompleta a prijenos(ELES), 10 kompleta 110 kV havarijskih odnosno montažnih stupova (ERS). Svi kompleti sadrže opremu istog kanadskog proizvođača što omogućuje međusobnu ispomoć kod sanacije havarijskih stanja u mreži.

Veljača 2014. će ostati u pamćenju elektroenergetičara i više od 250.000 stanovnika Slovenije kao katastrofa koja je upozorila na ranjivost prijenosnog i distribucijskog sustava na prirodne katastrofe kao što je ledena kiša.

ELES je uporabom dva 110 kV montažna stupa brzo ponovno uspostavio neposrednu dalekovodnu vezu između Šaleške i Dravske doline na oštećenom DV 2x110 kV Dravograd – Velenje.

Elektro Ljubljana je pomoću osam 110 kV montažnih stupova brzo uspostavila praktično normalno operativno stanje i tako omogućila relativno brzu normalizaciju stanja kod korisnika koji se napajaju iz TS Logatec i TS Cerknica.

Poduzeća ELES i Elektro Ljubljana su ponovno dokazali da uz odgovarajuću stručnu osposobljenost kadrova i pomoću uporabe inovativnih tehničkih rješenja svaki neočekivani i kompleksni zadatak ne predstavlja prepreku, nego izazov i doprinos k visokoj tehnološkoj razini u poduzećima s ciljem omogućavanja opskrbe potrošača.

Tijekom sanacije je bila od značaja tipizacija montažnih stupova i mogućnost ispomoći jedne tvrtke drugoj prilikom brze sanacije srušenih stupova. Slovenske distribucije su formalizirale taj dogovor s potpisom sporazuma o suradnji kod havarijskih stanja.

Distribucijske i prijenosne organizacije su spremne za sanaciju havarijskih stanja na SN i VN dalekovodima. Na osnovu kvalitetno pripremljenih postupaka sanacije montažerske ekipe u izuzetno teškim vremenskim uvjetima veoma uspješno saniraju havarijsko stanje u najkraćem mogućem vremenu.

5. LITERATURA

- [1] J. E. Bushnell, Method and means for erecing masts, US patent 1,758,389, 13.5.1930, (on line <http://ip.com/patent/US1758389>).
- [2] B. Rhenberger, J. F. Van Wolven, Method for raising a structure for emergency power line, apparaturrs and kit of parts therefor US patent 6,301,841 B1, 16.10.2001, (on line <http://ip.com/patent/US6301841>).
- [3] K. Lindsey, History of Emergency Restoration Structures and A Comparison of Available Structures, predavanje, Joint IEEE PES TP&C/ESMOL/CIGRE, 13.-18.2.2011., Las Vegas.
- [4] Mutual assistance plan for transmission line emergencies, Transmission and Distribution Committee, Edison Electric Institute, July 1984.
- [5] IEEE Guide for the Design and Testing of Transmission Modular Restoration Structure Components, IEEE 1070-2006 (Revision of IEEE Std 1070-1988 and 1070-1995).
- [6] T. Pungartnik, V. Lovrenčić, B. Barl: Uporaba havarijskih stebrov pri sanaciji poškodovanje stebra 110 kV daljnovoda, 10. konferenca slovenskih elektroenergetikov CIGRE – CIRED, 30.5. - 1.6.2011., Ljubljana.
- [7] V. Lovrenčić, T. Pungartnik, B. Barl, Havarijski stupovi prihvatljivo rješenje u sustavu održavanja visokonaponskih nadzemnih vodova, 10. Savjetovanje HRO CIGRE, 6.-10.11. 2011., Cavtat.
- [8] T. Pungartnik, Sanacija podrtega jeklenega predalčnega daljnovodnega stebra VN daljnovoda v enem dnevu, Predlog za izboljšavo št. OB KUD 018-OP25-03, 12.01.2009.
- [9] Dokumentacija kanadskog proizvođača ERS aluminijske modularne konstrukcije, SBB, Kanada (arhiv C&G d.o.o. Ljubljana).
- [10] V. Lovrenčić, M. Hrast, R. Ferlič, A. Brenčič, V. Leva, P. Ogrizek, D. Debeljak, Inovativna rješenja kod rekonstrukcije 110 kV transformatorske stanice Nova Gorica, 11. savjetovanje HRO CIGRE, 10.-13.11. 2013., Cavtat.
- [11] Slovenija v ledenem objemu, NAŠ STIK, Revija slovenskega elektrogospodarstva, br. 1/2014.
- [12] L. Belak, R. Maruša, R. Ferlič, J. Ribič, J. Pihler, Analiza žledoloma 2014 v prenosnom omrežju ELES, 23. mednarodno posvetovanje Komunalna energetika, 13. do 15. maj 2014., Maribor.
- [13] L. Belak, R. Maruša, Žled 2014 in ukrepi za odpravljanje ledu na vodnikih prenosnih vodov, 2. slovenska konferenca o vzdrževanju elektroenergetskih objektov, CIGRE – CIRED, SKLOP 1-2, 12.11.2014., Nova Gorica.
- [14] P. Ogrizek, V. Leva, R. Ferlič, R. Maruša, T. Pungartnik, Uporaba montažnih havarijskih stebrov pri odpravi posledic žledoloma, 2. slovenska konferenca o vzdrževanju elektroenergetskih objektov, CIGRE – CIRED, SKLOP 1-2, 12.11.2014., Nova Gorica.
- [15] V. Lovrenčić, M. Gabrovšek, N. Zima, V. Leva, P. Ogrizek, R. Maruša, T. Pungartnik, Iskustva upotrebe montažnih stupova kod rekonstrukcije postrojenja i sanacije 110 kV dalekovoda srušenih u Sloveniji za vrijeme ledenog nevremena, 12. savjetovanje BH K CIGRE, 04.-08.10. 2015., Neum.
- [16] V. Lovrenčić, N. Zima, V. Leva, P. Ogrizek, R. Maruša, Iskustva uporabe montažnih havarijskih stupova kod sanacije 110 kV dalekovoda srušenih u Sloveniji za vrijeme ledenog nevremena, 12. savjetovanje HRO CIGRE, 08.-11.11. 2015., Šibenik.