

ISKUSTVA U EKSPLOATACIJI UNIVERZALNOG SREDNJENAPONSKOG KABLA U PODRUŽNICI „ELEKTRODISTRIBUCIJA“ ZENICA

EXPERIENCE IN THE EXPLOITATION OF UNIVERSAL MEDIUM VOLTAGE CABLES IN SUBSIDIARIES „ELECTRICAL OF DISTRIBUTION ZENICA“

Ahmed Mutapčić, dipl.ing.el. Edin Čatić, dipl.ing.el. Nadir Redžić, dipl.ing.el.
Elektrodistribucija Zenica

Zenica- Bosna i Hercegovina

Sažetak: U Elektrodistribuciji Zenica od 2004. godine počeli smo sa ugradnjom univerzalnog srednjenaponskog kabla 12/24 kV sa XLPE izolacijom na pojedinim namjenski odabranim lokacijama. S obzirom na protekli period možemo govoriti o određenom iskustvu u eksploataciji i održavanju. Uvođenje i početak primjene univerzalnog kabla zahtjevalo je određene izmjene i prilagođenja u pogledu projektovanja, izgradnje i održavanja nove opreme. Način projektovanja i izgradnja univerzalnog kabla može imati u toku eksploatacije znatan uticaj na održavanje odnosno brzinu lociranja i otklanjanja eventualnih kvarova.

Upotreba univerzalnog kabla na pojedinim područjima imala je pozitivan efekat na smanjenje broja kvarova i zastoja usljed vanjskih uticaja (vjetar, snijeg, pad drveća), usljed elemenata vodova, zapetljanja vodiča, smanjenje uslijed udara groma.

Za vrijeme posljednjih poplava i klizišta koje su pogodile Bosnu i Hercegovinu u 2014. godini gdje smo na pojedinim područjima imali oštećene dalekovode na pojedinim dionicama i nemogućnost korištenja postojećih trasa univerzalni kabl pokazao se kao vrlo kvalitetno i brzo rješenje.

Razvoj i izgradnja elektrodistributivnih mreža mora imati za cilj povećanje pouzdanosti, kvalitete i sigurnosti napajanja električnom energijom

Ključne riječi: univerzalni srednjenaponski kabl, distributivna mreža, održavanje

Abstract: Since 2004 we started with the installation of universal cable 12/24 kV XLPE insulation on some dedicated selected locations in the Electrical of distribution of Zenica. We can talk about a certain experience in operation and maintenance with regard to the previous period. The introduction and start of implementation of a universal cable required a certain changes and adjustments in terms of design, construction and maintenance of new equipment. The way of design and construction of the universal cable can have during exploitation significant impact on maintenance and speed of locating and eliminating potential failures.

Using the universal cable in some areas has a positive effects on reducing the number of failures and delays due to external influences (wind, snow, fall trees), due to elements lines, tangles guides, a drop due to lightning.

Universal cable proved to be a very good and quick solution during recent floods and landslides that struck Bosnia and Herzegovina in 2014. Then we had in some areas damaged transmission lines on certain sections and the inability to use the existing route.

Development and construction of distribution networks should have the goal of increasing the reliability, quality and security of electricity supply.

Key words: universal medium-voltage cable, distribution network, maintenance

UVOD

Tradicionalni pristup izgradnji nadzemnih srednjenaponskih vodova je u principu zasnovan na nadzemnim vodovima sa neizolovanim ALFe uzadima različitog presjeka. Ovako građeni dalekovodi su, obzirom na:

- konfiguraciju terena,
- prisustvo šumske vegetacije na trasi,
- nagib terena,
- udaljenost od putnih komunikacija,
- nadmorsku visinu,
- prisustvo infrastrukturnih i prirodnih prepreka na trasi,

građeni na drvenim, armirano-betonskim ili željezno-rešetkastim uporištima- stubovima. Izolacija i ovjesni pribor su se kroz razvoj tehnologije izolacionih materijala mijenjali od upotrebe porculanskih do laganih kompozitnih, polimernih izolacionih materijala.

Promjene u pristupu i tehnologiji izgradnje nadzemnih srednjenaponskih vodova su od Drugog svjetskog rata do posljednjeg rata na prostoru bivše Jugoslavije bile veoma ograničene i uglavnom su se ogledale u promjenama koje je donijelo strateško opredjeljenje, usvojenom sredinom 70-tih godina prošlog vijeka, da se koncepcija usmjeri ka razvoju 20kV vodova uz obavezno ugradnju opreme projektovane za nazivni napon 20kV umjesto dotadašnjih 10kV i 35kV vodova.

Međutim, sva rješenja koja su kroz relativno dug period implementirana na polju unapređenja pouzdanosti napajanja i smanjenja broja zastoja, kod kupaca napojenih nadzemnim vodovima, nisu postigla značajnije uspjehe. Kao napisano pravilo, postojala je činjenica da je stepen pouzdanosti napajanja ruralnih i prigradskih naselja znatno niži od pouzdanosti napajanja mreža napojenih podzemnim kablovskim mrežama bez obzira o kom se naponskom nivou radilo.

Problemi sa pouzdanosti napajanja su posebno izraženi u mrežama u brdskim predjelima naše zemlje. Konfiguracija terena u BiH je upravo najčešće izrazito brdovita sa naseljima karakterisanim gusto građanim stambenim objektima i mjestima unutar kojih su koncentrisani individualni stambeni objekti. Ako se u obzir uzme i činjenica da trase SN vodova uglavnom idu preko šumovitih terena koji u zimskom periodu obiluju snježnim padavinama stiče se jasnija slika zašto su učestali i dugotrajni kvarovi na vodovima koji napajaju naselja smještena na ovakvim terenima.

Kako bi se preduprijedili stalni problemi sa kvarovima na ovim dugim radijalnim vodovima stalna je obaveza distributivnih preduzeća da periodično vrše prokrese rastinja u trasama dalekovoda, bilo to na privatnim posjedima ili na šumskom zemljištu. Nerijetko su ove aktivnosti praćene negodovanjem i odštetnim zahtjevima vlasnika rastinja i zemljišta, spriječavanjem pristupa trasama, složenim procedurama dogovaranja sa šumskim privrednim društvima i nadležnim ministarstvima.

Iz svega opisanog može se doći do zaključka da održavanje SN vodova građanih klasičnim tehnologijama neizolovanih vodiča naročito na brdsko-planinskim terenima podrazumijeva relativno visoke godišnje troškove održavanja te angažman većeg broja ljudi kako bi se održavani kapaciteti u sklopu redovnih i vanrednih zahvata tokom godine u potpunosti opslužili.

Pored toga, razvoj i sve sofisticiranije i zahtjevnije potrebe kupaca električne energije u smislu potrebe za većom pouzdanosti i kvalitetom napajanja električnom energijom samo po sebi iziskuje značajniju implementaciju najnovijih dostignuća u domenu razvoju tehnologije materijala.

Otvaranje tržišta i redefinisane prava i obaveza distributera javne usluge i kupaca električne energije početkom ovog vijeka osnažila je potrebu za iznalaženjem i primjenom novih naprednijih i pogodnijih tehnologija i tehničkih rješenja, koja će pomoći nastojanjima za unapređenjem ukupne usluge krajnjim korisnicima.

1. TEHNOLOGIJA PRIMJENE SAMONOSIVOG UNIVERZALNOG KABLOVSKOG VODA

Na osnovu evidentnih problema u pogonu SN vodova kod primjene „klasičnih“ rješenja neizolovanih vodiča na većem dijelu trasa građanih (ili koje su trebale biti predmet izgradnje) na nepristupačnim dijelovima terena ili trasama izuzetno teškim za buduće održavanje, na nivou Direkcije za distribucije JP EP BiH je u novembru 2002.g. imenovana Radna grupa za izradu elaborata „Nadzemni SN vodovi sa izoliranim vodičima- mogućnost primjene u elektrodistributivnim mrežama JP EP BiH“. Ovaj Elaborat je imao za cilj da provede preliminarna istraživanja i sagledavanje mogućnosti primjene tehnologije izoliranih vodiča u nadzemnim SN vodovima JP Elektroprivreda BiH d.d. Sarajevo. Prijedlozi za poduzimanje aktivnosti su trebali biti bazirani na implementiranim tehničkim rješenjima i iskustvima drugih elektroprivrednih preduzeća u okruženju i Evropi.

Imenovani Stručni tim je u skladu sa povjerenim zadacima istražio iskustva elektroprivrednih preduzeća u domenu primjene novih tehnologija u cilju povećanja pouzdanosti nadzemnih SN vodova uz smanjenje operativnih troškova održavanja. Kao pogodno alternativno rješenje, kroz iskustva susjednih elektroprivrednih društava, prepoznata je primjena izoliranih kablovskih vodiča. Njihova primjena bi se usmjerila na određena specifična područja, na način da bi

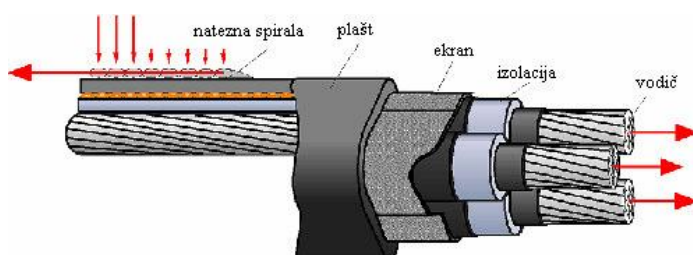
se gradili npr. duž zahtjevnih planinskih šumom obraslih trasa uz povećanje stepena pouzdanosti napajanja tokom eksploatacije i smanjenje evidentno visokih troškova održavanja. Sve ovo je moralo biti praćeno uz prihvatljiv nivo investicionog ulaganja.

Komparativnim metodama i dostignutim stepenom pozitivnih efekata implementacije različitih tehnoloških rješenja, stručni tim je ocijenio kao najpogodnije rješenje švedskog proizvođača Ericsson, izrađeno u tehnici tzv. samonosivog univerzalnog kablovskog voda sa proizvodnim oznakama EXCEL 3x10/10 i AXCES 3x70/16 i AXCES 3x95/25.

1.1. Konstrukcija kabla

Kablovi koje zovemo univerzalnim posjeduju određene bitne osobine, jer moraju podnijeti različite uslove postavljanja pod zemljom, u vodi i nadzemno. Da bi mogao ležati u zemlji kabal mora biti vrlo čvrst, ali i podatan za ukopavanje. Da bi ležao u vodi mora biti takve gustoće da potone. No, možda su najzahtjevniji uvjeti za kablove u zraku, kada se postavljaju kao samonosivi.

Da bi mogao izdržati ekstremne uslove kojima je izložen u zraku, kada može biti opterećen ledom, izložen nevremenu i drveću pod snijegom, kabal mora biti napravljen-dizajniran na poseban način kao što su napravljeni patentiranim načinom kablovi EXCEL i AXCES.



Slika 1. Presjek univerzalnog kabla

U samonosivim kablovima tipa EXCEL i AXCES vodiči su ti koji preuzimaju najveća naprezanja u kablo. Budući da su pod naponom vodič ne smije biti direktno napregnut već se aksijalne sile moraju prenijeti kroz vanjsku oblogu i izolaciju na nosivi vodič, a da se pri tom ne ošteti sistem izolacije.

Kabl može duže vrijeme biti izložen velikom opterećenju kako na nosnim stezaljkama tako i na nateznim spiralama. To je slučaj npr. kada na vodu leži drvo opterećeno snijegom. Kabl mora biti posebno oblikovan kako bi se spriječilo puzanje različitih slojeva kabla jednog prema drugome, te da se spriječi da vlakna zaštitnog ekrana ne probiju u vanjski poluprovodni sloj žile.

Obični SN kablovi ne zadovoljavaju takve zahtjeve. Univerzalni kablovi EXCEL/AXCES su zbog jedinstvene izrade prilagodljivi različitim uslovima i kada su postavljeni kao samonoseći nadzemni kablovi.

Tabela 1- trajno dopuštena strujna opterećenja UKB vodiča

| tip vodiča | max temp. vodiča | u zraku 25°C | u zemlji 15°C |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------------|------------------|
| EXCEL 3x10/10 12/24kV | 90°C | 90 A | 96 A |
| | 65°C | 71 A | 81 A |
| | kao samonosivi nadzemni kabl 65°C | 71 A | |
| AXCES 3x70/16 12/24kV | 90°C | 180 A | 210 A |
| | 65°C | 160 A | 190 A |
| | kao samonosivi nadzemni kabl 65°C | 160 A | |
| AXCES 3x95/25 12/24kV | 90°C | 250 A | 250 A |
| | 65°C | 200 A | 210 A |
| | kao samonosivi nadzemni kabl 65°C | 200 A | |

Po svojoj konstrukciji univerzalni kabal pripada kategoriji 3-žilnih ekraniziranih kablova s električnom zaštitom od bakrene mrežice i bez metalne armature. Zbog svoje samonosivosti na određenim razmacima između dvije tačke učvršćenja, vodiči preuzimaju najveći dio vlačne sile i naprezanja jer kabal nema dodatnu vanjsku mehaničku zaštitu koju ima npr. podmorski kabal. Uzdužna sila kojom je kabal zategnut prenosi se sa prethodno oblikovane zatezne spirale na vanjski plašt, a sa vanjskog plašta i na žile kabla koje su međusobno použene u smjeru kazaljke na satu. Na kraju, ovo naprezanje se sa žila prenosi i na sam vodič.

Zbog tog pojačanog mehaničkog opterećenja, vodič za kablove 70 i 95 mm² čini kompaktirano uže izrađeno od aluminijske legure AlMgSi (komercijalni naziv CSA), a za kablove 10 mm² okrugli jednožični bakreni vodič. Poluvodljivi sloj oko vodiča i oko izolacije izrađen je od crnog poluvodljivog i termostabilnog polietilena dok je primarna izolacija izrađena od umreženog polietilena (XLPE) postupkom trostrukog brizganja i tehnologijom suhog umrežavanja.

Sva tri ova sloja izrađuju se istovremeno postupkom trostrukog brizganja (ekstrudacije), što je danas uobičajena praksa u proizvodnji energetskih kablova srednjeg napona. Važno je ovdje napomenuti da je vanjski poluvodljivi sloj lagano skidajući tzv. "banana" tip i da za njegovo skidanje nije potreban specijalni alat.

Električna zaštita kablova izvedena je od uzdužno položene tri bakrene pokositrene mrežice presjeka 10, 16 ili 25 mm². Vanjski plašt kabla izrađen je od crnog polietilene niske gustoće (LLD), otpornog na habanje i UV zrake.

1.2. Rukovanje kablom

U pravilu treba s kablovima EXCEL i AXCES postupati na isti način kao i s trožilnim kablovima XLPE za napon od 12 i 24 kV. Razlika je u tome što AXCES ima vodič od aluminijske legure pa stopice i čahure treba montirati s priborom i na način, koji je predviđen za vodiče od aluminijskih legura. To normalno treba napraviti sa šestostranim alatom za pritiskanje ili sistemom zavrtnja s propisanim momentom.

Zahvaljujući jakoj vanjskoj PE zaštiti zajedno sa čvrstim oblikovanjem kabla postoji opasnost da se oštete žile ako se reže nožem. Pri ovom poslu treba biti posebno pažljiv, a zagrijavanjem kabla ovaj posao se može olakšati. Nastavljanje kablova vrši se odgovarajućim kablovskim spojnicama. Spojnice se obično ugrađuju na rasteretnim stupovima, uz prethodno mehaničko rasterećenje oba kraja kabla uz pomoć zateznih spirala, rasteretnog užeta i ostalog ovjesnog pribora. Postoji mogućnost ugradnje spojnica i u provjesu, a pri tome treba voditi računa o rasterećenju kabla. Ovo rasterećenje ostvaruje se slično rasterećenju na stupu, samo što se u ovom slučaju mehanička naprezanja sa jedne strane kabela na onu drugu, prenosi uz pomoć dviju zateznih spirala i komada čeličnog užeta. Iskustvo je pokazalo da je na kابلu kritično mjesto kablovska spojnica ili kablovski završetak.

U vremenu životnog vijeka spojnice i završeci ne bi trebali predstavljati problem ako su izvedeni savjesno i u skladu sa uputama proizvođača.

2. PREGLED IMPLEMENTIRANIH PROJEKATA

Iskustva stečena na području Elektrodistribucije Sarajevo iz 2003.g. , Elektrodistribucija Zenica (u to vrijeme dio koji je obuhvatala Elektrodistribucija Travnik) je prvi puta implementirala tokom 2004.g. u sklopu izgradnje dijela priključnih elektrodistributivnih vodova za grupu malih hidroelektrana na području općine Fojnica. Kao polazna osnova za pokretanje postupka izgradnje i izrade investiciono-tehničke dokumentacije poslužio je Elaborat priključenja na elektroenergetsku mrežu malih hidroelektrana na području Općine Fojnica (ED Travnik, decembar 2003.godine) koji je revidovan i odobren na nivou Sektora za distribuciju JP EP BiH.

2.1. Prvi projekat na području ED Zenica- UKB „RS Majdan- STS Korita“ Fojnica

Elaborat priključenja grupe mHE na području općine Fojnica je trebao svojevremeno opredijeliti optimalno energetska rješenje priključenja prihvatljivo i sa tehno-ekonomskog aspekta. Složenost problema ogledala se kroz činjenicu da su objekti malih hidroelektrana izgrađeni na izuzetno teško pristupačnim terenima do kojih je u pojedinim slučajevima bilo teško ili skoro nemoguće predvidjeti priključenje podzemnim kablovskim vodovima, dok je izgradnja dalekovodnih priključaka zahtijevala prokrese većih šumskih površina za što nije postojala saglasnost šumskog privrednog društva. Problem pribavljanja saglasnosti za gradnju sredjenaponskih nadzemnih vodova na bazi neizolovanih vodiča potiče iz potrebe prokresa značajnih šumskih površina, tj. formiranje širih prokresanih koridora.

Obzirom na saznanja o pozitivnim iskustvima na, do tada, izgrađenim dionicama SN vodova na bazi samonosivog univerzalnog kabla (*skr. UKB*) stručni tim za izradu Elaborata priključenja je nakon obilaska i detaljnog „izviđanja“ potencijalnih trasa za priključenje mHE Majdan i Botun kao jedno varijantno rješenje predložio izgradnju dionice „RS Majdan- DV Korita“ u dužini od cca 3400m primjenom tehnologije UKB-a uz upotrebu kablovskog vodiča tip AXCES 3x95/25mm² 12/24kV. Odabrana trasa novoprojektovanog voda karakterisana je:

- isključivo podzemno priključenje (svođenje) u RS Majdan i nužno podzemno vođenje kablovske trase duž vijugavog šumskog puta u dužini od cca 300m
- izuzetno veliki nagib dijela trase do lokaliteta Vladića vrh u dužini od 1400m. Trasa samonosivog kablovskog vodiča je na navedenoj poddionici radi nepristupačnosti terena za bilo kakvu mehanizaciju, koja bi se koristila za dopremu i podizanje uporišta, morala biti izvedena nadzemno, drvenim stubovima na betonskim nogarima;
- od lokaliteta Vladića vrha do naselja Korita trasa je pratila vijugavi šumski put gdje je postojala mogućnost kombinovanog vođenja podzemno-nadzemno uz prilagođavanje preprekama na trasi i nastojeći da se pristup mehanizaciji i budućem održavanju maksimalno olakša.

Ovako opisana trasa upućivala je na potrebnu izvedbu kombinovanog podzemno-nadzemnog vođenja trase koristeći nadzemno vođenje na nepristupačnim dijelovima trase obraslim gustom šumom radi sužavanja koridora za prokres i umanjenja uticaja pristupačnosti mehanizaciji. Podzemno vođena trasa se u načelu odabirala na dionicama na kojima je bilo izvodivo polagati kablovske vodiče u trup puta pri čemu je širina putne površine dovoljna da se nakon iskopa neometano odvija protok saobraćaja. Značaj nadzemnog vođenja vodiča UKB na dionicama okarakterisanim velikim nagibom terena, pokrivenog gustom šumom, nedostupnom mehanizaciji je što se doprema drvenih stubova i betonskih nogara mogla bez problema izvesti zapregom i ručnim spuštanjem niz odabranu trasu, pri čemu se ista prethodno prokresala u minimalnoj širini od 3m što je naročito pozitivno ocijenjeno od strane šumsko-privrednog gazdinstva. Relativno uzak pojas SN voda sa UKB-om uslovljen je potpunom neutralnošću izolovanih kablovskih vodiča od dodira grana stabala uz trasu voda.

Da se kojim slučajem opredjeljenje baziralo na primjeni neizolovanih vodiča prosječna trasa bi bila višestruko šira uz očekivani veliki broj kasnijih prolaznih i trajnih zemljospojeva radi dodirivanja granja faznih vodiča.

Pored toga, ciljanom narudžbom tvorničkih pakovanja kablovskih doboša (tromlova) cjelokupna trasa voda u dužini od 3420m izvedena je uz izradu svega jedne kablovske spojnice na zateznom AB stubu na lokalitetu Vladića vrh. Time je broj potencijalnih „oslabljenih“ mjesta na trasi, osjetljivih na prenaponska i atmosferska pražnjenja, smanjen na minimum. Izbjegnuto je i veliki broj prelaza nadzemno-podzemno sa prekidanjem vodiča koje bi iziskivalo ugradnju značajnog broja odvodnika prenapona, kablovskih završetaka, konzolne opreme. Tehnologija neprekidnog prelaska univerzalnog samonosivog kablovskog vođenja sa podzemnog na nadzemno vođenje omogućila je ovu značajnu uštedu, ali i efikasno eliminisanje potencijalnih mjesta proboja, preskoka prenaponskih talasa i atmosferskih pražnjenja. Sve ove prednosti se najbolje ogledaju u dosadašnjoj statistici zastoja pouzdanosti eksploatacije predmetnog voda na kome od dana stavljanja u pogon krajem 2004.g. do 2015.g. (period duži od 10 godina) **nije zabilježen niti jedan jedini kvar niti neispravnost!** Iako je početna trasa pomenutog voda u toku 2010.g. djelimično izmještana po zahtjevu Općine Fojnica radi proširenje i rekonstrukcije putne komunikacije duž koje je djelimično vođen, izmještanje je izvedeno odabirom tehničkog rješenja na način bez rasjecanja faznih vodiča čime se zadržala neprekidnost vodiča.

Zaključak koji se može izvesti iz iskustava do kojih se došlo u toku projektovanja, izgradnje i pogona dionice UKB „RS Majdan- TS Korita“ je da kod odabira tehnologije izgradnje SN voda preko teško dostupnih, šumovitih terena sa nepovoljnom strukturom tla za iskop i polaganje kablovskog kanala, a naročito za kasnije održavanje podzemnih kablovskih vodiča prednost treba dati tehnologiji samonosivog univerzalnog kablovskog voda.

Nepovoljan aspekt primjene UKB na ovim terenima jeste relativno manji prenosni kapacitet vodiča UKB koji su nominalno manjih presjeka od tipiziranog vodiča tipa XHE 49-A te je prije donošenja konačne odluke o primjeni istog nužno dugovoročno procijeniti potrebni kapacitet u prenosu snage na dionici koja je predmet izgradnje.

2.2. UKB 20kV „Prusac- Han Čardak“ (dovište Ajvatovica) Donji Vakuf

Početkom 2006.g., u fazi priprema za obilježavanje petstotina godina stare tradicije vjersko-kulturne manifestacije „Dani Ajvatovice“, pristupilo se stvaranju tehničkih preduslova za sveobuhvatnije i bogatije programske sadržaje koji su bili uslovljeni realizacijom projekta elektrifikacije područja dovišta Ajvatovica i priključenja objekta pratećih sadržaja na elektrodistributivnu mrežu. Zahtjev organizacionog odbora i sufinansijera projekta je bio da se kroz realizaciju projekta izgradnje priključnog 20kV voda i KBTS Ajvatovica, duž puta Prusac- Han Čardak (dovište Ajvatovica) uporedo sa izgradnjom SN priključnog voda stvore preduslovi za buduće kvalitetno napajanje električnom energijom objekata koji će biti izgrađeni na ovom lokalitetu. Dionice priključnog UKB za KBTS Ajvatovica su morale biti izvedene podzemnim polaganjem kabla radi uslova koje je trasa pješачke staze nametala.

Putna komunikacija koja se koristi za hodočašće dovištu polazi iz drvnog grada Prusca te dijelom uzanom a dijelom širom putnom komunikacijom- šumskim putem vodi do samog dovišta. Šumski put je svojevremeno izgrađen na

stjenovitoj podlozi, kroz gustu crnogoričnu šumu koja ima svoj ambijentalni značaj ali i za zaštitu od sunca prilikom uspinjanja od Prusca do dovišta nekoliko hiljada hodočasnika koji svake godine pohode dovište tokom vrućih ljetnih mjeseci kada se tradicionalno i organizuje ova manifestacija.

Opisana trasa puta i njen ambijent su predstavljali specifičan projektni zadatak i izazov projektantima ED Zenica kod odabira tehnologije gradnje 20kV priključnog voda. Naime, podloga u kojoj bi se eventualno izvršio iskop kablovskog kanala za izgradnju podzemnog voda je sačinjena skoro isključivo od stijena velike čvrstoće sa skoro nikakvim mogućnostima za njeno razbijanje bez primjene tehnike miniranja. Zahtjevi organizatora da dugoročno riješe problem osvjetljenja buduće turističke pješačke rute i zaštitu šumske vegetacije u dužini od cca 4,4km ukazivala je na potrebu opredjeljenja za nadzemnim vođenjem priključnog SN voda pri čemu ne bi postojao problem zajedničkog vođenja instalacija rasvjete i 20kV voda.

Projektovana instalisana snaga budućih kupaca električne energije na lokalitetu Han Čardak je u vrijeme pripreme investicionog elaborata bila reda 100kW i dozvoljavala je izvođenje SN priključnog voda kablovskim vodičem relativno manjeg presjeka. Međutim, pored kapaciteta vezanih za vjersku manifestaciju, dugoročno su uzeta u obzir i činjenice o postojanju određenog broja objekata za odmor u neposrednoj blizini dovišta, namjera izgradnje objekata mobilne telefonije, objekata mHE.

Vođeni iskustvima stečenim na prvom projektu izgrađenom na bazi UKB nedvosmisleno se nametnulo rješenje izgradnje 20kV kablovskog voda na bazi samonosivih kablovskih vodiča koji bi bio ugrađen na armirano-betonskim stubovima (uporištima). Za vodič je odabran kabl tipa AXCES 3x70/16mm² 12/24kV čiji kapacitet je ocijenjen dovoljnim u skladu sa dugoročnim razvojnim planovima ovog područja.

Implementacijom projekta u potpunosti su zadovoljeni zahtjevi organizacionog odbora sa potrebama i dugoročnim razvojnim planovima ED Zenica na području Ajvatovice.

Tokom godina eksploatacije uočeni na kابلu su evidentirani zastoji u napajanju usljed proboja izolacije uzrokovanog vanjskim mehaničkim uticajima.

Naime već prve godine funkcionisanja, 2006.g., UKB Prusac- Han Čardak tokom tradicionalnog defilea konjanika prema dovištu usljed nepažnje jednog od konjanika i upotrebe vatrenog oružja je došlo do oštećenja vodiča u provjesu između stubova usljed pogađanja puščanog zrna.

Kako su dužine rezervi kablova na susjednim zateznim poljima bile ograničene, nužno je bilo izvesti spojnicu u provjesu sa mehaničkim rasterećenjem.



Slika 2. fotografija spojnice u provjesu na UKB Prusac- Ajvatovica

Nakon sanacije kvara upotrebom tipizirane toplospajajuće spojnice za trožilne kablovske vodiče i namjenskih spirala za UKB presjeka tip AXCES 70/16mm² na stvorenom oslabljenom mjestu više nije dolazilo do bilo kakvih anomalija. Pogodnost koja je postojala za samo mjesto oštećenja je ta da je bilo dostupno vozilu sa nadgradnjom (tzv. „korpi“) te je bilo znatno jednostavnije pristupiti izradi spojnice. Međutim otežavajuća okolnost su bile nedovoljne rezerve kablovskog vodiča ostavljene na susjednim zateznim stubovima te se došlo do zaključka da prilikom projektovanja nadzemne trase UKB na pogodnim mjestima treba ostaviti određena rezerva u kablovskom vodiču kako bi se u slučaju potrebe izrade kablovskih spojnica moglo istu izvesti izradom jednog spojnog mjesta, a ne dva (do čega bi došlo nedostatkom dovoljne dužine). Poznato je da je postojećim Pravilnikom o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodove nazivnog napona 1kV do 400kV zabranjeno izvoditi više od jednog spoja u rasponu te bi primjenom pomenute odredbe, u slučaju nedovoljne rezervne dužine vodiča bilo potrebno formirati novo zatezno polje zamjenom vodiča unutar istog što znatno poskupljuje zahvat popravke i produžuje vrijeme njegove realizacije.

Nakon dvije godine od dana stavljanja u pogon UKB „Prusac- Ajvatovica“, preduzeće BH Telecom je na lokalitetu Borovnica koje se prostorno nalazi uz trasu predmetnog voda pristupilo gradnji GSM objekta te je u cilju njegovog priključenja kao tehničko rješenje odabrana varijanta interpolacije/otcjepa STS Borovnica i pripadajućeg 20kV voda na postojeći 20kV UKB vod.

Projektno rješenje priključka na 20kV samonosivi kablovski vod predvidjelo je svodenje postojećeg magistralnog voda na otcjepni stub, ugradnju otcjepnog linijskog rastavljača u vertikalnom položaju sa pripadajućim kablovskim završnicama, odvodnicima prenapona i zaštitom kablovskih vodiča od oštećenja.

Nažalost, u toku realizacije projekta Izvođač radova je kablovske završnice magistralnog voda UKB pozicionirao na vršnu konzolu otcjepnog stuba uz njihovo pričvršćenje na odvodnike prenapona. Obzirom da je lokalitet Borovnice izložen učestalim atmosferskim pražnjenjima jer se radi o visoravni na uzvisini od cca 1000m nadmorske visine tokom grmljavinskog nevremena u januaru 2008.g. došlo je do direktnog atmosferskog pražnjenja u kablovske završnice vodiča UKB kojom prilikom je u većoj mjeri mehanički i termički oštećena jedna faza voda.

Detaljnijom analizom posljedica došlo se do zaključka da je stradavanje KB završnice uzrokovano nepovoljnom dispozicijom opreme na stubu. Naime, kako je UKB trožilni vod, sa zajedničkim plaštom oko sva 3 vodiča, on je u elektromagnetnom smislu neutralan prema okolini i ima znatno manju mogućnost incidencije direktnog udara atmosferskog pražnjenja u vodič. U konkretnom slučaju je kablovska završnica imala funkciju hvataljke za prenaponski talas i samo prisustvo ispravno postavljenih odvodnika prenapona je spriječilo značajnija podužna oštećenja izolacije vodiča samonosivog kablovskog vodiča. Stoga se kod svih narednih projekata kao trajno opredjeljenje i nalog projektantima za posebno poklanjanje pažnje ovom detalju ukazalo na potrebu pozicioniranja KB završnica ispod uzemljenih konzolnih elemenata armirano-betonskih stubova.

Na slici br.4 je prikazan otcjepni stub za STS Borovnica na kome su nakon izrade novih KB završnica urađene preinake na dispoziciji opreme što je rezultovalo eliminaciju daljih kvarova na UKB Prusac- Han Čardak.

Generalno se može izvući zaključak da su nedostaci i problemi u eksploataciji na predmetnom vodu uzrokovani isključivo vanjskim faktorom, a ne prirodom tipa vodiča i iskustva stečena na ovom projektu uvelike su pomogle u kvalitetnijoj realizaciji narednih projekata.

Ono što treba, takođe naglasiti jeste to da se kroz implementaciju više projekata na području ED Zenica nastojalo uključiti što više različitih projekata kako bi se steklo potrebno iskustvo u odabiru tehničkih rješenja ali i ekipa na izvođenju radova prilikom ugradnje samog vodiča što je veoma značajno radi praktičnog educiranja elektromonterskog osoblja za budući domen održavanja ovih vodiča.

2.3. UKB 10(20)kV Relej Vlašić, Travnik

Radio-relejni objekat „Paljenik“ na planini Vlašić na području općine Travnik od vremena njegove izgradnje imao je ogroman vojno-strateški značaj za bivšu državu, ali je takođe veoma značajna kota sa aspekta civilne komunikacije i prenosa radio-televizijskih signala na širem području Bosne i Hercegovine. Stoga je obezbjeđenje neprekidnosti njegovog napajanja oduvijek imalo primarni cilj za elektrodistributivna preduzeća koja su gospodarila distributivnom mrežom na području srednje Bosne.

Osnovno napajanje je još 50-tih godina prošloga vijeka bilo izvedeno 10kV nadzemnim vodom na drvenim portalnim stubovima od naselja Paklarevo- Babići do 600m pred RR objektom, a nakon toga podzemnim kablom to objekata TS „Relej Vojna“ (u funkciji) i TS „Relej RTV“ (havarisana tokom ratnih dejstava).

Trasa priključnog dalekovoda i podzemne dionice ide izuzetno teškim terenom okarakterisanim kamenitom podlogom bez rastinja izloženoj ekstremnim vjetrovima, atmosferskim pražnjenjima, obilnim snježnim padavinama, većim dijelom godine nepristupačnosti usljed snježnim nanosa u visini od nekoliko metara i dr.

Tokom izuzetno dugih zimskih perioda sa oštrim zimskim uslovima u slučaju lociranja kvarova na predmetnoj dionici dugoj 3km jedina mogućnost da bi se izvršio obilazak voda je bila upotrebom snježnih sanki ili ratraka obližnjeg ski-centra Babanovac. Do otklanjanja kvara relejna stanica funkcioniše na agregatskom napajanju koristeći ograničene resurse dizel-goriva koji se obezbijede prije zimskog peroda. Stoga su popravke na predmetnoj dionici predstavljale „noćnu moru“ za ekipe održavanja i stvarale izuzetne troškove elektrodistribuciji u kupcima do trenutka lociranja i otklanjanja kvara.



Slika 3. Releј „Paljenik“ Vlašić i trasa priključnog 10kV voda

Sticanjem pozitivnih iskustava u eksploataciji tehnologije UKB na području ED Zenica došlo se do zaključka da bi pogodno rješenje za dugogodišnje probleme na održavanju priključnog DV za TS „Releј Vojna“ bila primjena tehnologije UKB, zadržavajući postojeću trasu i princip nadzemne ugradnje UKB.

U tom smislu se 2010.g. pristupilo izradi projektne dokumentacije i izgradnji dionice duge 2.890m od lokaliteta Galica do Paljenika na AB (na dostupnim mjestima za mehanizaciju) i drvenim uporištima na betonskim nogarima (na nepristupačnim lokacijama). Obzirom na nepoznanicu oko eventualnih problema u eksploataciji na ovako zahtjevnoj dionici tokom implementacije je donešena odluka da se pored novoizgrađenog UKB voda privremeno zadrže i vodiči neizolovanog 10kV voda kako bi se u slučaju težih havarija u testnom periodu moglo preći na alternativno (prijašnje) rješenje izvedeno AlFe užadima.

Projekat je uspješno realizovan i objekat je pušten u trajni pogon u ljeto 2010.g. i do danas na njemu nije zabilježen zastoj u napajanju. Ovo je posebno značajno napomenuti ako se u obzir uzmu enormne snježne padavine praćane orkanskim vjetrovima u januaru 2012.g.

Ovakvi ekstremni uslovi su doveli do loma 6 armirano-betonskih nogara na gornjem dijelu trase dalekovoda u neposrednoj blizini završnog zateznog željezno-rešetkastog stuba pred objektom releja.

Pored izuzetno teških uslova i okolnosti pod kojima je došlo do havarije na dionici sa UKB vodičima pogon je nesmetano nastavljen i kontinuitet napajanja značajnog kupca nije bio doveden u pitanje. Stvarno stanje na terenu je ustanovljeno kada su vremenski uslovi dozvolili da se izvrši obilazak trase. Po otapanju debelog snježnog pokrivača pristupilo se sanaciji oštećenja i dodatnom mehaničkom ojačanju uporišta na kojima je konstatovana potreba dodatnih mehaničkih ojačanja.

Činjenica je da je u ranijem periodu kao česti razlog kvara na predmetnoj dionici identifikovano pucanje vodiča. Ova vrsta kvara je logično uzrokovana izuzetnim naprezanjem vodiča i ovjesnog pribora stalnim udarima vjetera. Međutim nikada do izgradnje UKB nije bilo šteta većeg obima na uporištima koja su bila portalnog tipa na drvenim stubovima.

Gradnjom UKB-a te njegovim pogonom u uslovima velikog obleda i udara bočnih vjetrova došlo je do loma najslabijeg elementa statičke stabilnosti- betonskih nogara. Izračunom sile bočnog vjetera uz dodatni teret leda na vodiču primjenjujući najveći stepen rezerve u mehaničkom dimenzionisanju tipa stuba i temelja postigla se stabilnost uporišta te je od 2012.godine pogon predmetne dionice besprijekorno pouzdan i bez ponovnih zastoja. Iz ove činjenice se može izvući zaključak da je kod izrade projektne dokumentacije posebnu pažnju posvetiti snimanju uzdužnog profila trase, izradi proračuna lančanice i u skladu s time provesti odabir tipa, visine i nazivne sile stuba te adekvatnog temelja. Empirijska iskustva projektanata stečena na projektovanju i gradnji vodova izgrađenih AlFe vodičima često mogu dovesti do pogrešnih pretpostavki i primjeni pojednostavljenih proračuna koji nisu adekvatni samonosivim univerzalnim kablovskim vodičima.

2.4. UKB 10(20)kV za STS Vrhovine 2, Vitez

Veoma čest problem sa kojim se suočavaju elektrodistributivna preduzeća jeste interpolacija novih objekata trafostanica. Do ovoga dolazi kada usljed širenja naseljenog mjesta ili porasta potrošnje postojećeg konzuma dođe do problema sa kvalitetom pogonskih parametara isporučene enektrične energije kod napajanja udaljenih kupaca. Tada se pristupa interpolaciji novih objekata trafostanica. Problem koji tada nastupa jeste pronalazak raspoložive i pogodne

lokacije za gradnju iste što je u prostornom smislu manje zahtjevan problem od odabira trase srednjenaponskog priključnog voda.

Konfiguracija naseljenih mjesta u BiH ali i okruženju je najčešće takva da su stambeni i poslovni objekti koncentrisani na relativno uskom prostoru čime svaka raspoloživa površina ili trasa dobiva na značaju za njihove vlasnike i u tom kontekstu problemi sa dobivanjem saglasnosti vlasnika za zauzimanjem prostora radi izgradnje elektroenergetskih objekata postaju nemoguća misija odnosno najzahtjevnija faza izgradnje novih objekata.

Neke od najznačajnijih karakteristika tehnologije univerzalnog samonosivog kabla su višestruko korištenje uporišta na koje se UKB instalise i mala sigurnosna udaljenost od susjednih objekata i instalacija. U tom smislu su se u rješavanju problema odabira trase u gusto naseljenim mjestima u kojima već postoje ugrađena uporišta ili na kojima je moguće izvršiti ugradnju novih prepoznate mogućnosti instalacije samonosivog univerzalnog kabla.

Jedan takav projekat je realizovan na području općine Vitez, u naselju Vrhovine u kome je širenjem naselja nastala potreba interpolacije nove stubne TS. Obzirom na konfiguraciju terena, dispoziciju postojeće niskonaponske mreže i raspored putnih komunikacija u selu ocijenjeno je kao tehno-ekonomski napogodnije rješenje izgradnja priključnog SN voda u tehnologiji UKB sa vodičem EXCEL 3x10/10 mm² 12/24kV.

Odabir ovog tipa vodiča je ocijenjen kao potpuno opravdan i dovoljan obzirom da ne postoji perspektiva daljeg širenja SN mreže preko njega te da će se isključivo koristiti za radijalno napajanje novoprojektovane STS Vrhovine 2, snage 100kVA. Skučene putne komunikacije koje su mještani asfaltirali vlastitim sredstvima na kojima nisu dozvoljavali naknadne iskope radi polaganje podzemnih vodiča bili su opredjeljujući faktor za odabi AB stubova visine 10m za zajedničko vođenje vodiča UKB i samonosivog kablovskog vodiča niskonaponske mreže.

Zadovoljstvo mještana se posebno odnosilo na stvaranje mogućnosti za ugradnju instalacija javne rasvjete po novougrađenim AB stubovima te je i to bio dodatni olakšavajući faktor kod rješavanja imovinsko-pravnih odnosa i smještaja stubova uz granicu javne površine.

Kroz ovakve primjere najbolje se ogleda kako usaglašavanje interesa i potreba krajnjih kupaca sa potrebama elektrodistributivnih preduzeća u praksi pomaže u rješavanju najkrupnijih problema u domenu izgradnje novih elektroenergetskih objekata.

2.5. Period poplava i klizišta na području BiH u maju 2014. godine

U maju 2014. godine katastrofalne nepogode, poplave i klizišta pogodile su Bosnu i Hercegovinu. U Podružnici „Elektrodistribucija“ Zenica, a posebno na području Zenice (nemilski kraj) i Žepča (Željezno polje) pričinjene su velike štete na SN dalekovodima. Usljed klizišta i vodenih bujica nestale su u potpunosti pojedine dionice dalekovoda. U početnom periodu radi vremenskih neprilika i oštećenih putnih komunikacija nismo bili u mogućnosti niti tačno utvrditi koji su svi elektroenergetski objekti uništeni. Veliki dio kupaca i trafopodučja ostao je bez napajanja električnom energijom. Nakon smirivanja vremenskih prilika imali smo izuzetno veliki pritisak kako društvene zajednice, tako i kupaca na ugroženim područjima za što brže obnavljanje oštećenih elektroenergetskih objekata i obezbjeđenje ponovnog napajanja kupaca.

Potrebno je bilo brzo djelovati, projektovati i izvesti nove alternativne dalekovode. S obzirom na konfiguraciju terena, oštećene dionice i mjesta konekcije sa neoštećenim postojećim dalekovodima, potrebe za prolaskom kroz naseljena mjesta odlučili smo se da pojedine nove dionice dalekovoda izvodimo univerzalnim kablom. Prilikom izvođenja novih dalekovoda dodatna otežavajuća okolnost predstavljale su oštećene putne komunikacije tako da prilikom izrade temelja, podizanja stubova kao i iskopa kanala nismo bili u mogućnosti dovesti i koristiti raspoloživu mehanizaciju.

3. PREGLED UGRAĐENIH SREDNJENAPONSKIH UNIVERZALNIH KABLOVA

U prethodnom poglavlju predstavljani su neki projekti implementirani proteklih godina na području Podružnice „Elektrodistribucija“ Zenica, ali koji su imali svoj značaj jer se na određeni način radi o karakterističnim slučajevima koji kroz pozitivna ali i negativna iskustva može poslužiti projektantima i odgovornim licima za odobravanje investicionih projekata prilikom opredjeljenja na tip primijenjene tehnologije. Stečena iskustva u proteklih 11 godina odnose se na ukupno 62,48 km ukupno izgrađenih srednjenaponskih vodova od čega ih već 9,8 km funkcioniše pod 20kV naponskim nivoom.

Tabela 2. Pregled izgrađenih UKB vodova na području ED Zenica

| Naziv PJD | Tip vodiča | Dužina (m) | Pogonski napon (kV) |
|-------------------|----------------------------|--------------|---------------------|
| Fojnica | AXCES 3X70/16 14/24 kV | 2.285 | 10 |
| Fojnica | AXCES 3X95/16 14/24kV | 3.420 | 10 |
| Travnik | AXCES 3X70/16 14/24 kV | 9282 | 10 |
| Vitez | EXCEL 3X10/10 14/24kV | 530 | 10 |
| Vitez | AXCES 3X70/16 14/24 kV | 3.111 | 10 |
| Novi Travnik | AXCES 3X70/16 14/24 kV | 9.160 | 10 |
| Bugojno | AXCES 3X70/16 14/24 kV | 5434 | 20 |
| Donji Vakuf | AXCES 3X70/16 14/24 kV | 4.340 | 20 |
| Breza | AXCES 3X70/16; 14/24 kV | 8398 | 10 |
| Zavidovići | AXCES 3X70/16; 14/24 kV | 346 | 10 |
| Tešanj | AXCES 3X70/16; 14/24 kV | 5890 | 10 |
| Zenica | AXCES 3X70/16; 14/24 kV | 1983 | 10 |
| Vareš | AXCES 3X70/16; 14/24 kV | 5327 | 10 |
| Žepče | AXCES 3X70/16; 14/24 kV | 2774 | 10 |
| Ukupno (m) | | 62280 | |

Ako se uzme u obzir činjenica da je na području Srednjobosanskog Kantona u nadležnosti Podružnice „Elektrodistribucije“ Zenica u funkciji 881,7 km nadzemnih vodova dođe se do zaključka da je već 4,3% od svih nadzemnih SN vodova izvedeno primjenom tehnologije univerzalnog samonosivog kablovskog voda. Obzirom da postoji u planu i pripremi niz novih projekata koji bi se u narednim planskim godinama realizovali kroz program pripreme i prevođenja vodova na 20kV naponski nivo očekujemo da će do 2025.godine ovaj procenat porasti na 10%.

Iz gornjih tabela se može doći do zaključka da je najčešće korišteni presjek UKB bio 70mm². Kao što je to ovim radom već pomenuto odabir presjeka je vršen sa aspekta dugoročnih razvojnih planova i energetske planova za područje koje implementirani UKB vod treba da napaja te je i sa aspekta složenosti i zahtjevnosti trase, potrebnog dimenzionisanja uporišta i temelja ovaj tip vodiča prepoznat kao najpogodniji.

4. EKONOMSKI ASPEKT IZGRADNJE I ODRŽAVANJA SREDNJE-NAPONSKIH VODOVA

Kao dio ovog rada smatramo da je interesantno dati usporedbu cijena koštanja za ugradnju univerzalnog samonosivog kablovskog snopa UKB i drugih tehnologija i materijala koje primjenjujemo prilikom izgradnje srednjenaponskih vodova.

Prilikom izvođenja usporedbi potrebno je uzeti ukupno sve troškove koji se odnose na opremu, stubove, materijal, urbanističko građevinsku dokumentaciju, rješavanje imovinsko-pravnih odnosa i ostalo u odnosu na gradnju srednjenaponskih vodova uz primjenu AlFe užeta, kao i srednjenaponskog elektroenergetskog voda uz primjenu standardiziranog podzemnog kabla XHE-49A, 1x150/25 mm².

Uzimajući u obzir sve ove aspekte i realizirane projekte dobili smo da je cijena koštanja izgradnje srednjenaponskih vodova korištenjem AlFe vodiča 50 mm² u odnosu na UKB može približno izraziti formulom $C_{AlFe}=0,78 \cdot C_{UKB}$. Što se tiče cijene koštanja izgradnje srednjenaponskih vodova korištenjem kabla XHE-49A, 1x150/25 mm² možemo koristiti formulu $C_{XHE}=0,85 \cdot C_{UKB}$.

Poredeći cijene koštanja izgradnje srednjenaponskih vodova primjenom različitih tehnologija može se primjetiti da je cijena srednjenaponskih vodova građenih primjenom univerzalnog samonosivog kablovskog snopa veća u odnosu na druga dva načina gradnje srednjenaponskih vodova - primjenom golih vodiča odnosno primjenom srednjenaponskog standardiziranog podzemnog elektroenergetskog kabla.

Međutim, kada se uzmu u obzir prednosti koje univerzalni, kablovski snop donosi tokom godina eksploatacije, te tereni gdje se vrši ugradnja, jasno je da će nešto veće ulaganje tokom gradnje biti vrlo brzo kompenzirano malim troškovima koje iziskuje održavanje ovakvih vodova, u odnosu na srednjenaponske vodove građene na druga dva načina gradnje, kao i smanjenje zastoja u toku eksploatacije.

5. ISKUSTVA U EKSPLOATACIJI

Kako svaka tehnologija pored svojih pozitivnih karakteristika, u manjem ili većem obimu, ima i negativnih strana to je iste potrebno objektivno sagledati kod tehnologije UKB.

Kao najreprezentativniji primjer koji je zabilježen u dosadašnjem pogonu SN mreže na području Podružnice „Elektrodistribucije“ Zenica jesu pogonski problemi na dionici UKB 20 kV „Brižina- Rostovo“ na DV 20kV „Donji Vakuf 2“.

Pomenuta dionica je izgrađena 2013. g. iz kreditnih sredstava Europske investicijske banke (EIB) pri čemu je izvođač radova na izgradnji bio ugovorni organ - domaće renomirano elektroinženjering preduzeće. Predmetna dionica je izgrađena početkom 80-tih godina prošloga vijeka i primarno je izgrađena za napajanje ski-centra Rostovo, a nakon toga i vikend naselja Rostovo koje u poslijeratnom periodu doživljava procvat i porast broja kupaca električne energije. Pored toga proteklih godina je na ovom lokalitetu sagrađen određeni broj repetitorskih stanica te je neprekidno napajanje postalo veoma značajno. Dionica Brižina-Rostovo je najudaljenija dionica DV 20 kV Donji Vakuf 2 ukupno dugog 33.376 m i preko koga se vrši napajanje 922 kupca električne energije putem 23 distributivne trafostanice.

Do izgradnje predmetne dionice UKB te i dionice Rovna-Brižina u dužini od 1.250 m, koja se veže na istu, postojao je izuzetan problem sa održavanjem ovog dalekovoda. Učestali ispadi bili su popraćeni negodovanjem kupaca od kojih su najnezadovoljniji bili vlasnici ski-centra kojima je svaki zastoj naročito u zimskom periodu pravio probleme u poslovanju.

U cilju bržeg odziva na sekcionisanje kvara ispred dionice Brižina-Rostovo je ugrađen učinski linijski rastavljač sa daljinskim upravljanjem, ali to i dalje nije rješavalo probleme kupaca na Rostovu. Konačnom implementacijom izgradnje projekta Rovna-Brižina-Rostovo pouzdanost u napajanju je bila podignuta na zadovoljavajući nivo i praktično nije bilo nikakvih poremećaja u napajanju koji su se mogli pripisati ovoj dionici.

Međutim, u subotu 10.01.2015. g. u kasnim popodnevnim satima prekinuto je napajanje konzuma na platou Rostova i isto je potrajalo sve do četvrtka 15.01.2015. g. U periodu spornih pet dana stečena su nemjerljivo korisna iskustva koja će u svakom slučaju pomoći u svim narednim projektima koji se planiraju graditi.

Najveći problem koji je rezultirao višednevnim prekidom u napajanju ukupno 21 kupca električne energije jeste lociranje mjesta kvara. Predmetna dionica je preko linijskog rastavljača LR „Brižina“ vezana na DV Donji Vakuf 2 i na mjestu odvajanja su postavljeni metal-oksidni odvodnici prenapona 24 kV, 10 kA. Na ove odvodnike prenapona na početku dionice je spojen UKB vod sa kablovskim završecima (za vanjsku montažu). Od te tačke UKB vod je vođen teško pristupačnom trasom, preko planine Kalin bez mjerno-rastavnih mjesta sa ukupno pet spojnica, do lokaliteta Rostovo. Na lokalitetu Rostovo UKB vod se grana prema STS Motel Rostovo (sa 100 m dugim UKB otcjepnim vodom) i prema STS-a GSM Rostovo i Rostovo 2 (sa zračnim AlFe vodom dugim 500 m, a potom podzemno sa XHE 49-A, 1x150/25mm² dužine 2400 m).

Prilikom uključanja pripadajuće ćelije u primarnoj TS 110/20/10kV Bugojno redovno je dolazilo do prorade zemljospojne zaštite te je sve ukazivalo na proboj jedne faze prema masi.

Tokom ispitivanja vodiča samonosivog kablovskog snopa uređaji su pokazivali zadovoljavajuće veliki iznos prelaznog otpora između faznih vodiča i uzemljenog zajedničkog plašta trožilnog kabla, tj. struja zemljospoja je bila reda 2-3 A i kao takav, eventualni kvar je prema procjeni ekipe iz mjerne grupe bio veoma težak za lociranje. U cilju sniženja prelazne otpornosti mjesta kvara pristupilo se neposrednoj koordinaciji aktivnosti sa ekipom Elektroprenosa BiH koja održava i podešava zaštitne relejne uređaje u TS 110/20/10kV Bugojno. Tako je u cilju analize napona i struja kvara konsultovana služba za zaštite Elektroprenosa BiH koji su kvar predstavili kao visokoomski koji varira na mjestu kvara. Poslije bezuspješnog traganja za kvarom krajem dana u noćne sate su radovi prekinuti i ekipe elektromontera raspoređene duž trase su povučene sa terena. Prilikom ponovnih stavljanja dionice UKB pod napon dalekovod je ostajao u funkciji jedan kraći vremenski period uz izraženu veliku nesimetriju faznih napona i struju zemljospoja reda 2-3 A nakon čega bi se nesimetrija napona naglo uvećala, a zatim i struja zemljospoja koja poraste na cca 14-15 A kojom prilikom bi dolazilo do prorade zemljospojne zaštite.

Na zahtjev mjerne grupe SOMiP Zenica od Elektroprenosa se zahtjeva podizanje praga osjetljivosti zaštite kako bi se kvar učinio „vidljivijim“ za ispitnu opremu (sa $0,05U_0$ na $0,2U_0$). Tom prilikom je izvršeno uzemljavanje jedne faze zdravog voda DV 20kV Donji Vakuf 2 (metalni zemljospoj) i puštanje pod napon kojom prilikom je reagovala zemljospojna zaštita, a relej je zabilježio struju zemljospoja od 40 A. Podizanjem nivoa prorade zaštite (bez podizanja vremenskog zatezanja) uključanjem vod pokazuje nesimetriju faznih napona praćeno „cvrčanjem“ iz pravca kablovskih završetaka uz LR Brižina. Usljed sumnje na ispravnost KB završetka pristupa se demontaži toploskupljajućih slojeva sa sumnjive žile kablovskog završetka bez skidanja sa druge dvije zdrave žile kabla. Pri tom, se u cilju probe, pokušava uključiti UKB vod sa samo dvije zdrave žile ali relej zaštite isključuje kompletan DV 20kV Donji Vakuf 2 zbog nesimetrije koju prouzrokuje sama vrsta spoja. Nakon zahvata na jednoj žili kablovskih završetaka, prepodešavanja osjetljivosti releja zaštite i podizanju vremenskog zatezanja, probnog uključanja zdravog dijela voda sa uzemljenom jednom fazom, probi zdravih dviju žila UKB voda na radni napon, raspoređivanjem ekipa na obilasku duž trase zbog noćnog osmatranja voda prilikom uključanja pristupa se uključanju voda u 19:50 h, noćni uslovi, gdje je vidno eventualno sijevanje na vodu. Po uključanju voda isti ostaje pod naponom sa nesimetrijom faznih napona u iznosu od oko 1 do 2 kV i strujom zemljospoja od 3 A. Ovakav režim je trajao do 21:09 h kada je proradila zemljospojna zaštita pri struji zemljospoja od 14 A i naponu nesimetrije od 3 kV.

Narednog dana 14.01.2015. g., prije početka svih radova provjerava se još jednom uključenje dionice UKB voda (bez tri pomenute STS) i pri tom struja zemljospoja ponovo iznosi 3 A. Tog dana pristupa se istovremenom izvođenju radova na više lokacija:

- izradi nove kablovske završnice na LR „Brižina“,
- preventivnoj zamjeni metal-oksidnih odvodnika prenapona na LR Brižina,
- presijecanju UKB voda na 1300 m od krajnje tačke voda i izradi nove spojnice na kojoj su ekipe na obilasku uočile grijanje,
- ispitivanju opreme i transformatora na STS Motel Rostovo,
- ispitivanju VNKB vodova za STS Rostovo 2 i GSM Rostovo.

Pomenuti radovi su započeli oko 12:00 h nakon što je izvršeno neuspješno probno uključenje i ponovna provjera ispitnom opremom, koje je završeno bez rezultata. U toku izvođenja radova po izvršenoj zamjeni odvodnika prenapona i kablovskih završetaka na LR „Brižina“ i obrađenim krajevima kabla na presječnoj spojnici izvršeno je probno uključenje voda sa UKB do rasječene spojnice. Na DV 20 kV Donji Vakuf 2 pri tako uključenom vodu vladala je potpuna simetrija faznih napona, a vrijednost struje zemljospoja je iznosila 0 A. Ovi rezultati su dostavljeni u printanoj formi kao raport releja zaštite polja DV 20 kV Donji Vakuf 2 u TS 110/20/10kV Bugojno (dostavljen iz Elektroprenosa) s obzirom da je proba izvršena u toku radnog vremena. Nakon toga nastavilo se sa izradom kablovske spojnice koja je na udaljenosti oko 2,8 km od LR Brižina a oko 1,3 km od krajnje tačke UKB na Rostovu. Pri izradi spojnice nakon isjecanja starih čahura (hilzni) konstatovano je da su dužine UKB nedovoljne da se spoje pa su umetnuti nastavci te je rađena spojnica sa dvije čahure po žili. Završetkom radova na spojnici u 18:30 h vod je uključen pod napon i pristupilo se provjeri prisustva sve tri faze i provjeri redoslijeda faza. Na STS Motel Rostovo je konstatovano prisustvo sve tri faze na VN strani kao i prisustvo i zadovoljavajući iznosi faznih i linijskih napona na NN strani.

6. ZAKLJUČAK

Pozitva su iskustva u toku dosadašnje eksploatacije univerzalnog sredjenaponskog kabla. Pokazao se kao pouzdan i siguran element elektrodistributivnog sistema. Pri teškim vremenskim okolnostima (snijeg, led, vjetar, pad grana...) ostajao je u pogonu. Iskustva koje smo imali u slučajevima lociranja kvara ukazala su nam na pojedine detalje o kojima ćemo voditi računa prilikom budućeg projektovanja i izvođenja novih dionica sa UKB-om.

Iz opisa aktivnosti, koraka koji su poduzimani i primjenjenih mjera na lociranju i otklanjanju kvara potrebno je da projektanti i izvođači obrate pažnju na slijedeće:

- kod izrade projektne dokumentacije posebnu pažnju posvetiti snimanju uzdužnog profila trase, izradi proračuna lančanice i u skladu s time provesti odabir tipa, visine i nazivne sile stuba te adekvatnog temelja,
- sve dionice UKB duže od cca 1 km potrebno je izvoditi sa bar jednim rastavnim mjestom u trasi koje će biti dostupno ispitnim kolima za potrebe ispitivanja ispravnosti dionice i lociranja mjesta kvara ukoliko je ista neispravna,
- prilikom projektovanja i zvođenja nadzemne trase UKB na pogodnim mjestima potrebno je ostaviti određena rezervu u kablovskom vodiču kako bi se u slučaju potrebe izrade kablovskih spojnica moglo istu izvesti izradom jednog spojnog mjesta
- sve spojnice radi mogućnosti lakšeg pregleda i uvida u stanje njihove ispravnosti projektovati na zateznim stubovima čime će se i na nedostupnim lokacijama omogućiti elektromonterima olakšan pristup i provjeri ispravnosti,

- na zateznim stubovima a naročito na stubnim mjestima sa izvedenim spojnicama ostaviti dovoljno rezerve u kابلu (tzv. „šlinga“) radi jednostavnijeg eliminisanja oštećenog dijela vodiča,
- izrada spojnica u provjesu u mehaničkom i električnom smislu nisu značajno manje pouzdana mjesta ali u domenu njihovog pregleda i eventualne zamjene postoje veliki problemi i projektnim rješenjima ih je u svakom slučaju potrebno izbjegavati,
- kod havarije na izrađenim spojnicama u provjesima otvara se niz problema koji se ogledaju u otežanoj dostupnosti, u nemogućnosti zamjene iste bez spuštanja vodiča u zateznom polju, nedovoljnoj dužini kablovskog vodiča kako bi se eliminisalo oštećeno mjesto, otežanim uslovima izrade i nemogućnosti obezbjeđenja suhih uslova za rad kao preduslova ispravno izvedene spojnice i niz drugih nedostataka,
- sve krajeve UKB vodiča uvijek i obavezno štiti odvodnicima prenapona čijem pregledu kod nastanka kvara posvetiti dužnu pažnju. Na mjestu spoja kablovskog završetka na odvodnik prenapona ostaviti dovoljnu dužinu vodiča kako bi se spriječilo mehaničko opterećenje faznih vodiča i konstrukcije odvodnika prenapona.
- Ukoliko ispitivanje ispitnim naponom iz mjernih kola ne indicira na kvar na UKB, obavezno je potrebno provesti pogonskim naponom bez odvodnika prenapona kako bi se uvjerali na njihovu neispravnost. Iskustva pokazuju da raspoloživa mjerna oprema vrlo često kod anomalija u strukturi metal-oksidnog odvodnika prenapona nije u mogućnosti dovesti u okviru raspoložive akumulirane energije u ispitnom uređaju potpuni proboj odvodnika prenapona. Procjena je, nakon detaljno analiziranih rezultata ispitivanja UKB Brižina-Rostovo da je jedan od najvjerovatnijih razloga nemogućnosti lociranja kvara neispravnost odvodnika prenapona u kombinaciji sa oštećenim izolacionim potencijalom kablovske spojnice izvedene u provjesu kabla.
- metoda ispitivanja ispravnosti vodiča UKB se u načelu ne razlikuje od ispitivanja podzemnih kablova ali obzirom da je kabl u zraku a ne zemlji udarne metode ispitivanja kabla ne daju efekat proboja prema sredini te je mogućnost lociranja kvara otežana.

LITERATURA

- [1] Katalog univerzalnog kabla Ericsson
- [2] Elaborat „Nadzemni SN vodovi sa izoliranim vodičima- mogućnost primjene u elektrodistributivnim mrežama JP EP BiH“ (Direkcija za distribuciju JP EP BiH novembar 2002. godine)
- [3] Elaborat priključenja na elektroenergetsku mrežu malih hidroelektrana na području Općine Fojnica (ED Travnik, decembar 2003.godine)