

**PRIMENA SKYWRAP KABLA ZA POTREBE OSTVARIVANJA OPTIČKE VEZE
KAO ALTERNATIVNO REŠENJE PRI REKONSTRUKCIJI POSTOJEĆIH
NADZEMNIH VODOVA**

**USE OF SKYWRAP CABLE FOR ESTABLISHMENT OF OPTICAL
COMMUNICATION LINK, AS A SOLUTION ON EXISTING OVERHEAD LINES**

Ivica Bačvanski, dipl.ing.el.
ELEM & ELGO d.o.o.

Beograd, Srbija

Miloš Golubović, dipl. inž. el.
ELEM & ELGO d.o.o.

Beograd, Srbija

Jim Rowe
AFL Global

UK

Sažetak: Za potrebe JP Elektroprivreda Srbije, PD Elektrosrbija Kraljevo, ogranak ED Jagodina, izrađena je tehnička dokumentacija po ugovoru za izradu Glavnog projekta zamene zaštitnog užeta užetom sa optičkim vlaknima (OPGW) na DV 35(110)kV br. 1227 TS 400/110kV Jagodina 4 – TS 110/20/10kV Jagodina 3.

Velike struje kvara iz TS Jagodina 4 diktirale su korišćenje OPGW užeta sa velikim dozvoljenim strujnim impulsom, što nije moguće bez rekonstrukcije stubova. Analizirana moguća rešenja su odgovarajućim Elaboratom prezentovana Investitoru.

Rešenje sa primenom SkyWrap kabla odobreno je od Investitora. Na osnovu tehničkih podataka dobijenih od relevantnog proizvođača i prethodnog iskustva projektanta, izrađena je neophodna tehnička dokumentacija.

U referatu se prikazuju osnovne tehničke karakteristike ovakvog rešenja, sa primenom na konkretnom objektu. Takođe, dat je i pregled mogućih primena na drugim objektima, kao i iskustva iz drugih prenosnih sistema. U referatu se daju i moguće prednosti kao i problemi do kojih može doći u pogonu.

Ključne riječi: dalekovod, zaštitno uže, OPGW, struja kvara, rekonstrukcija čelične konstrukcije, SkyWrap.

Abstract: The authors of this paper prepared for the Client, Electric Power Industry of Serbia, Elektrosrbija Kraljevo, branch ED Jagodina, technical documentation for replacement of the existing steel earthwire by OPGW wire on the existing 35kV(110)kV overhead line No. 1227, from 400/110kV SS Jagodina 4 to 110/20/10kV SS Jagodina 3.

As the expected short circuit current values from SS Jagodina 4 are very high, use of wire with a higher rated thermal impulse was not possible without reconstruction of existing towers. The analysis conducted by the authors was presented to the Client by appropriate Report.

The Client approved the option with application of SkyWrap cable. Based on the technical data obtained from the relevant manufacturers and previous experience of the authors, the necessary technical documentation was prepared.

The paper presents the main technical characteristics of such a solution, with the application in the subject case. The paper also gives an overview of possible applications to other facilities, as well as experience from other transmission systems. The paper studies the possible benefits and disadvantages that may occur during the operation.

Key words: overhead line, earthwire, OPGW, short circuit current, reconstruction of steel structures, SkyWrap.

UVOD

Autori referata su, kao projektanti, tokom 2014. godine učestvovali na izradi tehničke dokumentacije za zamenu zaštitnog užeta užetom sa optičkim vlaknima (OPGW) na DV 35(110kV br. 1227 TS 400/110kV Jagodina 4 – TS 110/20/10kV Jagodina 3. Projekat je rađen za potrebe JP Elektroprivreda Srbije, Elektrosrbija Kraljevo, ogranak ED Jagodina.

U toku izrade dokumentacije, projektanti su se suočili sa izazovima na putu primene standardnih rešenja, koja su se do sada primenjivala u prenosnoj i distributivnoj mreži u Srbiji. Stoga je, u saradnji sa Investitorom, kao i JP Elektromreža Srbije (u čije vlasništvo predmetni dalekovod treba da pređe), analizirano više tehničkih mogućnosti u cilju pronalaženja optimalnog rešenja za postizanje željenog rezultata za Investitora.

1. ANALIZA TEHNIČKIH REŠENJA

Predmetni dalekovod izgrađen je po projektu "Elektrosrbija " – Kraljevo 1974. godine, kao dalekovod 35(110kV) Majur – Svetozarevo 1. Izgradnjom TS 400/110kV Jagodina 4, dalekovod je uveden u TS Jagodina 4. Uvođenje dalekovoda u TS Jagodina 4 izvedeno je po Glavnom projektu raspleta DV 110kV kod TS 400/110kV Jagodina 4. U krajnjoj fazi, dužina dalekovoda je oko 4,9 km.

Stubovi su čelično rešetkasti, sa jednim vrhom za zaštitno uže, sem stuba br. 6 koji je formiran od dva spojena stabla i ima dva vrha za zaštitno uže. Ukupan broj stubova je 23, od čega su 13 nosećih, i 10 ugaono-zateznih.

Na dalekovodu je montiran provodnik Al/Če 150/25mm² na dužini od 4660m i Al/Če 240/40mm² na dužini od 260m kod uvođenja u TS Jagodina 4. Primenjeno je zaštitno čelično uže poprečnog preseka 50mm². Predmetnim projektom je trebalo predvideti zamenu ovog užeta novim OPGW užetom.

Prema dostupnim podacima o stubovima dalekovoda, odnosno ulaznim podacima za statički proračun, moguća je primena jedino OPGW užeta u mreži JP EMS poznatog kao tip D (proizvođač DRAKA) koje je približnog prečnika kao i postojeće zaštitno uže.

Projektant je od Investitora dobio podatke o raspodeli subtranzijentne struje jednopolnog kratkog spoja duž predmetnog dalekovoda, za perspektivno stanje mreže 2020. godine. Na osnovu ovih podataka, kao i ostalih ulaznih podataka i parametara za predmetni dalekovod i trafostanice Jagodina 3 i Jagodina 4, rađene su sve odgovarajuće termičke provere OPGW užeta za analizirane slučajeve.

Kako su, prema podacima JP EMS, očekivane struje kvara iz TS Jagodina 4 velike (29.48kA kod TS Jagodina 4), to i strujni impuls duž cele trase dalekovoda znatno prevazilazi dozvoljeni strujni impuls u užetu tipa D (25kA²/s). Korišćenje užeta većeg prečnika sa većim dozvoljenim strujnim impulsom nije moguće bez rekonstrukcije stubova, pošto postojeći stubovi statički ne izdržavaju odgovarajuće uslove opterećenja. Analiza sprovedena od strane Projektanta pokazala je da su, primenom užeta većeg prečnika, ugroženi pojasni štapovi u stablu nosećih stubova.

Projektant je zatim razmatrao kombinacije različitih rešenja koja se praktikuju u Srbiji, i to:

- paralelno polaganje energetskog kabla tipa XHP 48 - A 95mm² duž voda radi smanjenja struja kroz OPGW uže,
- zahvate na konstrukciji stubova za različite tipove OPGW užadi i
- polaganje optičkog kabla od TS Jagodina 3 do TS Jagodina 4.

Imajući prethodno navedeno u vidu, Projektant je, uz saglasnost Investitora, analizirao i mogućnosti primene novih rešenja na tržištu, a sve analize i poređenja različitih opcija su uobličene u odgovarajući Elaborat, koji je dostavljen na razmatranje Investitoru. Razmatrana moguća rešenja su prikazana u Tabeli 1 ispod.

Tabela 1. Pregled razmatranih rešenja

Red. broj	Predlog rešenja	Opis neophodnih zahvata na DV
1.	Podzemni optički kabl od TS Jagodina 3 do TS Jagodina 4	Nema zahvata na dalekovodu.
2.	Upotreba OPGW užeta tipa D, uz istovremeno polaganje energetskog kabla tipa XHP 48 - A 95mm ² duž voda, od TS Jagodina 4 do TS Jagodina 3, na koji bi se povezali uzemljivači svih stubova.	Imajući u vidu konfiguraciju terena duž trase i lokaciju stubnih mesta, ovakvo rešenje je tehnički moguće. Polaganje energetskog kabla duž trase dalekovoda sa povezivanjem na uzemljivač svakog stuba iziskivalo bi i rešavanje imovinsko pravnih odnosa radi polaganja kabla i za pristup svakom stubnom mestu.
3.	Upotreba OPGW užeta tipa B (proizvođač DRAKA) uz istovremeno polaganje energetskog kabla tipa XHP	Ovakvo rešenje iziskuje izmene na čeličnoj konstrukciji postojećih stubova, i to: 1. <u>Noseći stubovi</u> -U dostavljenoj dokumentaciji (tipski projekat

Red. broj	Predlog rešenja	Opis neophodnih zahvata na DV
	48 - A 95mm ² duž voda, od TS Jagodina 4 do šestog stuba od TS Jagodina 4 (postojeći stub br. 9), na koji bi se povezali uzemljivači stubova.	stuba br. 1-0.DV.G.55) pojasni štapovi u glavi stuba i prvi pojas ispod konzola su ojačani (u radioničkoj dokumentaciji je samo zamenjena oznaka profila, ali detalji nisu menjani). Neophodno je pre eventualne izrade projekta rekonstrukcije, uvidom na terenu, proveriti izvedeno stanje. Step en iskorošćenja ostalih pojasnih štapova je od 97% - 100%. Najveći step en iskorošćenja je u donjem delu konstrukcije koji je najpodložniji koroziji. 2. <u>Zatezni stubovi</u> - Na svim zateznim stubovima, sem na krajnjem stubu isperd TS Jagodina 4 treba ojačati / zameniti vrhove za zaštitno uže.
4.	Upotreba OPGW užeta tipa A (proizvođač DRAKA) uz istovremeno polaganje energetskog kabla tipa XHP 48 - A 95mm ² duž voda, od TS Jagodina 4 do petog stuba od TS Jagodina 4 (postojeći stub br. 8), na koji bi se povezali svi uzemljivači stubova.	Ovakvo rešenje iziskuje izmene istog tipa na čeličnoj konstrukciji postojećih stubova, kao i za varijantu 2 iz ove tabele.
5.	Upotreba dva OPGW užeta tipa E (proizvođač DRAKA) od TS Jagodina 4 do šestog stuba od TS Jagodina 4 (postojeći stub br. 9), a dalje prema TS Jagodina 3 jednog OPGW užeta tipa B (proizvođač DRAKA).	Ovo rešenje iziskuje rekonstrukciju dalekovoda sa zamenom svih stubova adekvatnim, sa vrhom za dva zaštitna užeta na deonici od TS Jagodina 4 do šestog stuba od TS Jagodina 4, a za ostale stubove u trasi bi se primenile modifikacije kao za varijantu 2 iz ove tabele.
6	Primena SkyWrap kabla oko faznog provodnika	U pitanju je rešenje koje se primenjuje upravo u slučajevima kada je potrebno ostvariti optičku vezu između trafostanica, a nije moguće izvršiti jednostavnu zamenu postojećeg zaštitnog užeta, niti postaviti drugi alternativni put (optički kabl, ADSS...).

Imajući u vidu da Projektant ima iskustva sa primenom SkyWrap kabla na nadzemnim vodovima, dostavljena je i osnovna tehnička dokumentacija za ovo rešenje. Investitor je, nakon konsultacije sa nadležnim službama u JP EMS, kao budućim vlasnikom voda, odabrao rešenje sa primenom SkyWrap kabla kao optimalno.

2. OSNOVNE INFORMACIJE I POLJA PRIMENE SKYWRAP KABLA

2.1. Polje primene

Za ugradnju na dalekovodima do sada su, generalno, razvijene tri različite vrste optičkog kabla:

- OPGW uže (Optical Ground Wire – OPGW) - najzastupljenije na regionalnom tržištu,
- dielektrični samonoseći kabl (ADSS) i
- „pridruženi“ optički kabl (Optical Attached Cable - OPAC).

Svaki tip kabla ima drugačije osobine i zato bolje odgovara određenim okolnostima i tipu primene. OPAC kablovi se najčešće koriste kada je pristup dalekovodu težak (na primer, u udaljenim područjima ili, u drugoj krajnosti, u naseljenim gradskim sredinama), kao i kada je dalekovod strukturno / statički preslab da izdrži dodatnu težinu ADSS ili OPGW užeta.

OPAC kabl je vrsta optičkog kabla koji se montira na provodnik ili zaštitno uže duž nadzemnih vodova. Način instalacije podrazumeva namotavanje, kačenje ili privezivanje optičkog kabla na nosaču / provodniku. Instalacija se obično izvodi korišćenjem specijalizovane opreme koja "putuje" duž provodnika od stuba do stuba, i instalira optički kabl. Različiti proizvođači imaju različite sisteme i opremu za instalaciju, tako da kablovi i hardver nisu zamenljivi / kompatibilni.

Iako su sistemi sa kačenjem i privezivanjem bili istraživani kao načini pričvršćivanje optičkih kablova za provodnike nadzemnih vodova, sistemi sa namotavanjem kablova bili su prvi razvijeni i ostali su jedini u opštoj upotrebi danas.

Sistemi sa namotavanjem su samostalno razvijeni u Velikoj Britaniji (SkyWrap) i Japanu (GWWOP) tokom 80-ih godina prošlog veka, a u širokoj upotrebi su na svim kontinentima. Kroz licenciranje i kroz samostalan razvoj, sistemi sa namotavanjem su takođe razvijani i od strane francuskih, italijanskih, nemačkih i ruskih kompanija.

2.2. Tehnološki zahtevi

SkyWrap kablovski sistem se sastoji od:

- nemetalnog optičkog kabla sa pogodnim performansama za montažu na provodnik ili zaštitno užje,
- uređaja za namotavanje i
- opreme za fiksiranje i prihvatanje.

U ovom referatu se navode osnovni tehnološki zahtevi za elemente SkyWrap kablovskog sistema.

Kabl

SkyWrap optički kabl mora da ima sledeće karakteristike:

- Mali prečnik: da ima što manje uticaja na opterećenje vetrom nosećeg provodnika;
- Mala težina: kako bi se ukupna težina mašine za namotavanje i kabla održala što manjom.
- Žilav spoljni omotač: da obezbedi zaštitu od raznih vrsta mehančkih uticaja na dalekovode: sunce, kiše, atmosfersko zagađenje, kandže i kljunovi ptica, sačma (lovci pucaju na ptice koje stoje na ili lete u blizini dalekovoda) i vetrom izazvanih vibracija.
- Dovoljna granica istezanja: za zaštitu optičkih vlakana na ekstreme u operativnom opsegu dalekovoda: niske noćne ili zimske temperature izazivaju skupljanje provodnika, visoke dnevne ili letnje temperature uzrokuju širenje. Optički kabl mora biti dizajniran tako da omogući prenos podataka optičkim vlaknima za ceo dnevni i sezonski temperaturni opseg. Jaki vetrovi i eventualni led na provodniku će izazvati dodatna istezanja provodnika, što zahteva i visoke granice istezanja optičkih kablova.
- Otpornost na toplotu: Provodnici za nadzemne vodove izloženi su teškim temperaturnim promenama iz dva različita izvora: udar грома i kvarovi. U cilju potrebe da izdrži ova temperaturna naprezanja, omotač SkyWrap kabla je napravljen od visoko-temperaturnih materijala ili umrežen da spreči topljenje.

SkyWrap kablovi se isporučuju na kasetama. 'Kaseta' obuhvata jednake dužine kabla namotane na dva kablovska bubnja. Svaki bubanj je motan na 'unutra' sa suprotnih krajeva kabla. Ova dva bubnja ostaju spojena i isporučuju se na gradilište zajedno, kao jedan paket.

Ovakva kombinacija povećava rastojanje između spojeva i omogućava da svaka mašina za namotavanje nosi samo polovinu od ukupne mase kabla.



Slika 1. SkyWrap kasetna – tipičan izgled

Uređaj za namotavanje

Instalaciona oprema (uređaj za namotavanje) nosi bubanj sa optičkim kablom duž provodnika - nosača, prolazeći duž i oko provodnika.

Dizajn instalacione opreme varira od proizvođača do proizvođača. Neki proizvođači imaju različite tipove mašina koje odgovaraju različitim tipovima dalekovoda.

Mašine mogu biti pogonjene ručno pomoću konopca sa zemlje ili mogu biti samohodne i daljinski kontrolisane. Pogon može pružati benzinski ili elektro motor. Pogonski agregat može biti ugrađen u sklop mašine za namotavanje ili može biti posebna jedinica. Odvojene jedinice imaju tu prednost da su dva manja komada opreme lakša za rukovanje na stubu od jednog velikog komada.

Najvažnije ograničenje opreme za namotavanje je ukupna težina mašine i kasete sa kablom. Ta težina dodatno opterećuje stubove i provodnik tokom namotavanja kabla. Tipična vrednost naprezanja u provodniku tokom instalacije ovog tipa kabla ne sme da pređe 50% računске sile kidanja. Dodatna ograničenja su ona koja potiču od stubova i

eventualno potpornih izolatora. Generalno, ako se instalacija vrši u normalnim vremenskim uslovima, sva naprezanja su u okviru izuzetno dozvoljenih naprezanja.

Ova ukupna težina značajno utiče na efektivnu dužinu optičkog kabla koji se može ugraditi u jednom komadu. U praksi se ta dužina kabla kreće do oko 2.5km.

Armatura za prihvat SkyWrap kabla

Za prihvatanje kabla namotanog oko faznog provodnika koristi se specijano izrađena oprema. Oprema se sastoji od aluminijumskih vodica i različitih tipova stezaljki za fiksiranje kabla za fazni provodnik / zaštitno uže, neophodnih da bi učvrstio optički kabl na provodnik, da zaštiti kabl dok prolazi preko ili oko izolatora i stubova, i da kontroliše električne efekte na fazni provodnik. Svaki dobavljač ima svoje rešnje / dizajn armature i među njima nema kompatibilnosti. Nastavljanje / splajsovanje optičkog kabla moguće je vršiti ravnopravno na svakom tipu stuba, u spojnoj kutiji koja može da bude fiksirana na stubu ili provodniku / zaštitnom užetu.

2.3. Instalacija SkyWrap optičkog kabla

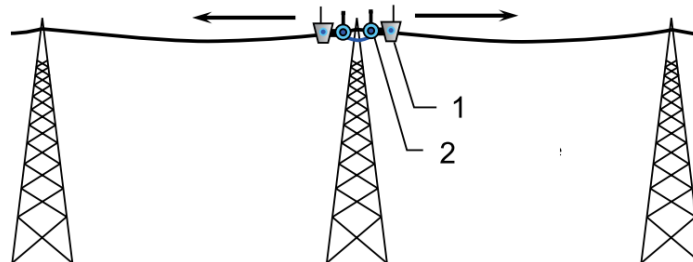
Precizna situacija i podužni profil trase dalekovoda su potrebni da bi se odredio kasetni plan i potrebna dužina kabla na svakom bubnju. Konfiguracija terena, ugib provodnika, parametar lančanice i visine stubova se uzimaju u obzir da bi se izradio kasetni plan, koji identifikuje lokaciju svake spojne i polazne tačke ("spin" tačka) duž trase.

Kaseta i instalaciona oprema se montira na prvom zajedničkom stubu koji postaje prva "spin" tačka. Par bubnjeva u kaseti se montira na odgovarajući par mašina za namotavanje, po jedna sa obe strane stuba.

Kabl koji spaja dva bubnja se fiksira u početni položaj koristeći specijalno dizajnirane spojke i kablovske vodice koji se pričvršćuju za provodnik sa obe strane stuba.

Mašina kontrolisano otpušta i obavija kabl oko provodnika u spiralama dužine od oko 1 metar. Pri tome je težište sistema konstantno malo ispod nosećeg užeta / provodnika.

Obe instalacione mašine namotavaju kabl prema spolja od ove "spin" tačke na prvom zajedničkom stubu. Instalacione mašine namotavaju kabl duž određenog broja raspona prema kasetnom planu, dok ne dostignu stubno mesto koje je označeno kao mesto za spajanje. Kaseta će biti gotovo prazna na ovom stubnom mestu.



Slika 2. "Spin" tačka – šematski prikaz, 1- vučna mašina, 2 – kaseta sa kablom



Slika 3. "Spin" tačka, Raspored kasete i mašina

Oprema za instalaciju se zatim prebacuje na sledeću "spin" tačku i ponovo se radi isti postupak prema spolja u oba smeru, vraćanjem na prvu lokaciju za spajanje u jednom smeru i na sledeću zajedničku lokaciju u drugom smeru.



Slika 4. Instalacija SkyWrap optičkog kabla

Nakon namotavanja vrši se fiksiranje optičkog kabla, splajsovanje i ispitivanje prema standardnoj proceduri za optičke transportne puteve.

3. PRIMENA SKYWRAP SISTEMA NA DALEKOVODU DV 35(110) kV br. 1227 TS 400/110kV Jagodina 4 – TS 110/20/10kV Jagodina 3

3.1. Opis tehničkog rešenja

Prema zahtevima projektnog zadatka predviđena je zamena postojećeg zaštitnog užeta užetom sa optičkim vlaknima (OPGW) od TS Jagodina 4 do TS Jagodina 3.

Kao što je već navedeno, za potrebe uspostavljanja optičkog puta po dalekovodu DV 35(110)kV br. 1227 TS 400/110kV Jagodina 4 – TS 110/20/10kV Jagodina 3 izabrano je rešenje sa SkyWrap optičkim kablovskim sistemom, koji predviđa montažu nemetalnog optičkog kabla oko faznog provodnika srednje faze. Izabrana je opcija montaže SkyWrap kabla oko faznog provodnika zbog starosti voda i pretpostavke da je postojeće zaštitno uže u mnogo lošijem stanju u poređenju sa faznim provodnicima. Takođe, ispred TS Jagodina 4 postoji delimično preplitanje provodnika ostale dve faze, što usložnjava instalaciju SkyWrap kabla.

Kako je maksimalna dužina ovog tipa kabla ograničena tehnološkim mogućnostima izrade na oko 2760m (prema preporuci proizvođača), predviđeno je jedno optičko spojno mesto na nosećem stubu br. 16.

U Tabeli 2 date su osnovne tehničke karakteristike primenjenog kabla.

Tabela 2. Osnovne tehničke karakteristike primenjenog SkyWrap kabla

Tip kabla	SW-48HM4, sa 4 grupe po 12 optičkih vlakana	
Težina	65	kg/km
Prečnik	8,2 ± 0,2	mm
Površina poprečnog preseka	53	mm ²
Maksimalno radno naprezanje optičkih vlakana	300	N
Minimalni poluprečnik savijanja	160	mm
Boja plašta	Crna	
Debljina plašta	1,5	mm
Radna temperatura	-40 do 85	°C
Maksimalna dozvoljena kratkotrajna temperatura	250	°C
Temperaturni opseg za montažu	-10 do 50	°C
Slabljenje (za vlakna G-652)	1310 nm 0,36	dB/km
	1550 nm 0,22	dB/km
Testiranje	Prema IEEE 1594, IEC-60794, EIA-455	

3.2. Uticaj kabla na elemente dalekovoda

Projektom je analiziran i uticaj kabla na elemente dalekovoda, odnosno, na ugib provodnika i dodatna opterećenja na konstrukciju čelično rešetkastih stubova dalekovoda.

Kako je težina predloženog nemetalnog optičkog kabla mala (oko 10% težine provodnika), namotavanje na fazni provodnik neće izazvati značajne promene u ugibu provodnika. Povećanje ugiba provodnika iznosi oko 2% u odnosu na ugib provodnika bez dodatnog optičkog kabla. Kako je izabrano da se kabl instalira na provodniku srednje faze, eventualno povećanje ugiba provodnika sa dodatim kablom neće imati uticaja na postojeća međusobna rastojanja provodnika i zaštitnog užeta u sredini raspona. Namotani SkyWrap kabl povećava efektivnu površinu porečnog preseka za 10-20%, a zbog načina montaže, tj. namotavanja optičkog kabla oko faznog provodnika, nema nepovoljnih dodatnih uticaja vetra – provodnik sa namotanim kablom je stabilan.

Takođe, usled male težine optičkog kabla i tehnologije montaže koja ne podrazumeva nikakva zatezanja, neće biti nepovoljnih mehaničkih uticaja na stubove.

3.3. Specifikacija primenjenog materijala i orema

U okviru projekta je specificirana oprema i materijal za montažu SkyWrap kabla, kako je navedeno u Tabeli 3.

Tabela 3. Pregled specificirane opreme i materijala

Provodnici i užad
SkyWrap nemetalni optički kabl za namotavanje oko faznog provodnika, sa 24 x ITU-T G.652D monomodnih optičkih vlakana i 24 x ITU-T G.655D non-zero dispersion shifted monomodnih optičkih vlakana
Ovesna oprema
Prolazno zavešenje na nosećim stubovima
Prolazno zavešenje na zateznim stubovima
Ovesna oprema za zavešanje na nosećem stubu sa odvojkom za splajsovanje, uključujući i optičku spojnu kutiju
Ovesna oprema za zavešanje na portalima TS, uključujući i optičke spojne kutije

U okviru predračuna opreme i radova dati su svi pripadajući troškovi, a u Tabeli 4 date su i procenjene uporedne cene u odnosu na rešenje sa OPGW užetom, pod pretpostavkom da nisu potrebni zahvati na konstrukcijama stubova. Bitno je istaći da ova procena važi za konkretan slučaj (konfiguracija terena, gradska sredina, postojeći vod).

Tabela 4. Uporedni prikaz cena usvojenog rešenja i rešenja sa OPGW užetom

Br.	Opis	SkyWrap (EUR / km)	OPGW (EUR / km)	Napomena
1	Oprema i materijal	7.600,00	6.500,00	Bez zahvata na čeličnoj konstrukciji stubova i polaganja dodatnih kablova
2	Radovi na montaži	1.400,00	1.500,00	Za SkyWrap - sa uključenom obukom i nadzorom od strane proizvođača tokom montaže)
3	Troškovi Investitora	isto za obe opcije		

Glavni projekat za izvođenje radova na predmetnom dalekovodu je predat Investitoru i očekuje se realizacija tokom 2015. godine.

4. PREDNOSTI I MANE SKYWRAP SISTEMA

Na osnovu iskustva autora referata u radu sa SkyWrap optičkim kablovskim sistemima i raspoložive literature, nameću se pozitivne strane ovog sistema, kao što su:

- Niska ukupna cena sistema, u poređenju sa varijantom sa OPGW užetom, za slučaj da je potrebno vršiti značajne zahvate na čeličnoj konstrukciji ili polagati dodatni kabl za smanjenje struja kratkog spoja;

- Brza i jednostavna montaža, gde nema potrebe za vučnom i kočionom mašinom i teškom opremom i mehanizacijom;
- Mogućnost montaže na mestima sa ograničenim pristupom (npr planinski predeli, ukrštanje reka, gradske sredine);
- Mogućnost montaže na zaštitno uže i fazni provodnik – sistem je primenljiv i na vodovima bez zaštitnog užeta (distributivne mreže);
- Mogućnost instalacije na zaštitno uže dok je vod u pogonu, tamo gde je to propisima dozvoljeno;
- Mogućnost instalacije na postojeći OPGW radi povećanja prenosog kapaciteta optičkog sistema;
- Nema dodatnih horizontalnih napreznja;
- Jednostavno nastavljjanje optičkih kablova (splajsovanje) na bilo kom tipu stuba i u rasponu

Takođe, kao i svaki drugi sistem, i SkyWrap kablovski sistem ima i svoje negativne strane:

- U slučaju korišćenja SkyWrap sistema na faznom provodniku postoji mogućnost povećanja gubitaka u prenosu usled korone, pošto kabl namotan oko provodnika deformiše elektromagnetno polje u okolini provodnika;
- Povećan nivo buke, usled korone;
- Nakon demontaže, provodnik ili zaštitno uže sa SkyWrap kablom je praktično neupotrebljiv za ponovno korišćenje na nekom drugom vodu;
- U pitanju je novo rešenje na tržištu, što može uzrokovati poteškoće u početku eksploatacije.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu svega navedenog, može se zaključiti da upotreba SkyWrap optičkog kabla može da obezbedi alternativno, tehno - ekonomski prihvatljivo rešenje za uspostavljanje optičkog puta na dalekovodima pri rekonstrukciji postojećih vodova, i to posebno u slučajevima na dalekovodima na kojima je montaža OPGW užeta ili ADSS kabla komplikovana i skupa, odnosno kada iziskuje dodatne zahvate na čeličnoj konstrukciji stubova i polaganje getskih kablova duž voda, kao i usled nepristupačnosti vodu i u gradskim sredinama.

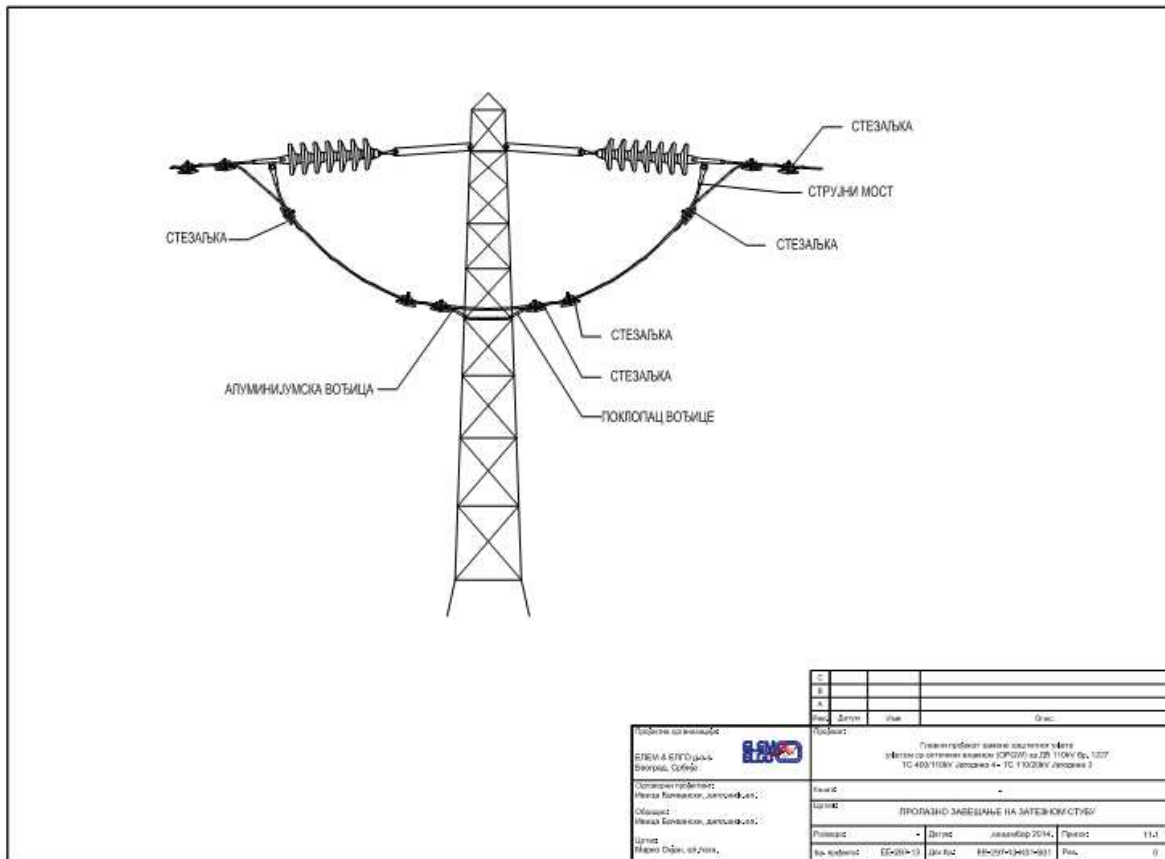
Takođe, zbog svojih specifičnosti i osobine da se može lako i jednostavno montirati i na fazni provodnik, ovaj sistem može da ima široku primenu za uspostavljanje optičkih puteva i u distributivnim mrežama na svim naponskim nivoima.

LITERATURA

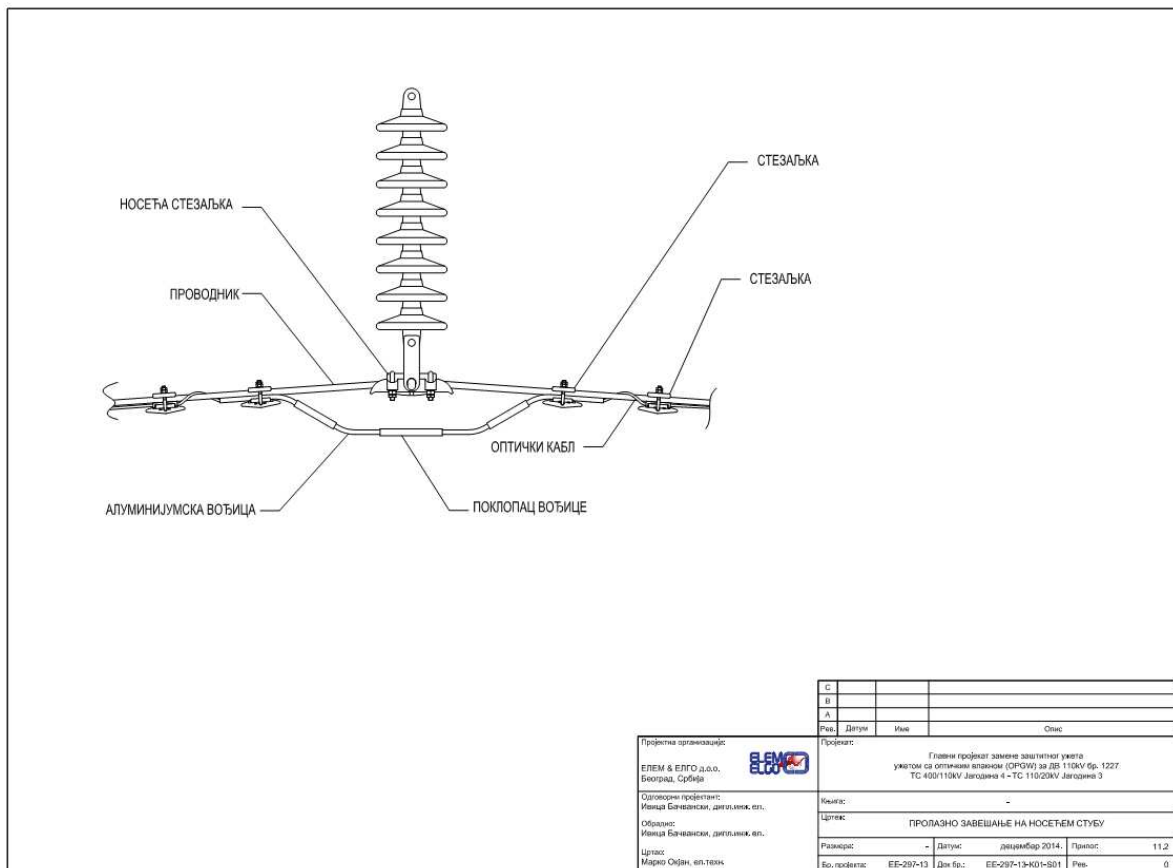
- [1] "SkyWrap" Official AFL Global Publication, Retrieved 2014-07-16.
- [2] "AccessWrap" Official AFL Global Publication, Retrieved 2014-07-16
- [3] SW-48HM4 SkyWrap cable technical data, AFL Global
- [4] SW030 SkyWrap Cassette System, AFL Global
- [5] SW006 SkyWrap Installation, AFL Global
- [6] Freileitungen, Friedrich Kießling, Reinhard Fischer
- [7] Glavni projekat adaptacije – zamena zaštitnog užeta užetom sa optičkim vlaknom (OPGW) za DV 110kV br. 1227 TS 400/110kV Jagodina 4 - TS 110/20kV Jagodina 3, ELEM & ELGO d.o.o. (2014)
- [8] ABA IPP Project T&D Works, 33kV Overhead Lines, 33kV OHL Owerrinta, Detailed Design, ELEM & ELGO d.o.o. (2010-2012)

PRILOZI

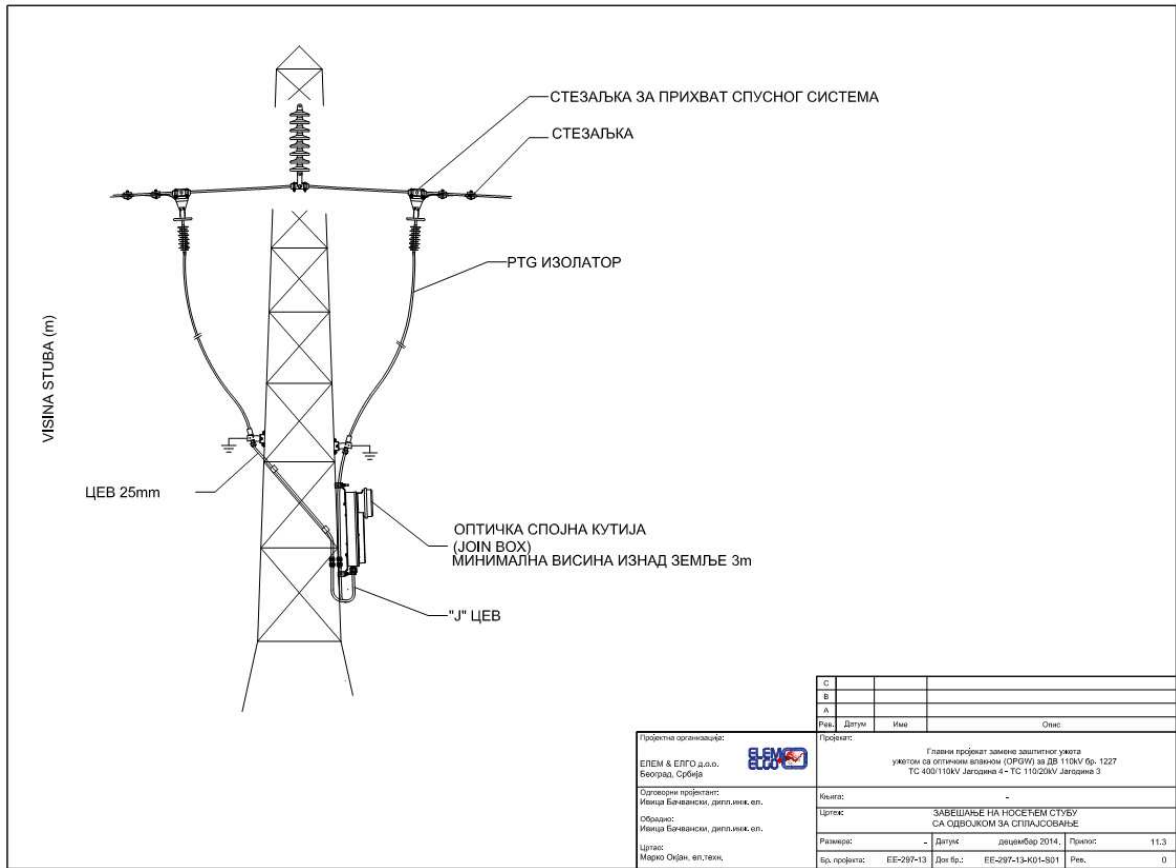
U ovom poglavlju prikazane su skice osnovne spojne i ovesne opreme primenjene na projektu.



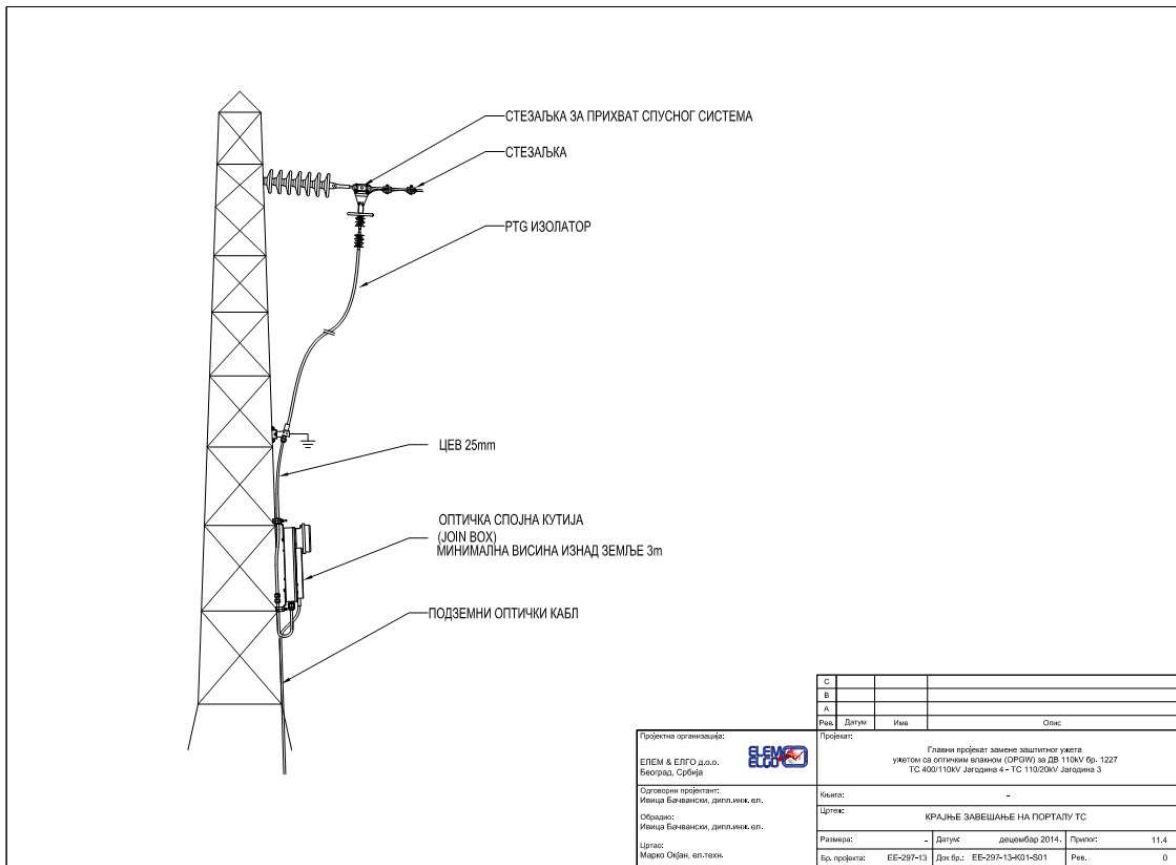
Prilog 1. Prolazno zavešanje na zateznom stubu



Prilog 2. Prolazno zavešanje na nosećem stubu



Prilog 3. Zavešanje na nosećem stubu sa odvojkом за splajsovanje



Prilog 4. Krajnje zavešanje na portalу trafostанице