

Ruđer Dimnjaković, dipl.ing.
HEP ODS d.o.o., Elektra Zagreb
ruđer.dimnjakovic@hep.hr

Željko Miklež, dipl.ing.
HEP ODS d.o.o., Elektra Zagreb
zeljko.miklez@hep.hr

mr.sc. Zlatan Kos, dipl.ing.
HEP ODS d.o.o., Elektra Zagreb
zlatan.kos@hep.hr

DESET GODINA KORIŠTENJA UNIVERZALNOG KABELA U 10(20) KV MREŽI POGONA SAMOBOR

SAŽETAK

Na području Samobora nalazio se veći broj nadzemnih srednjenaponskih vodova nazivne naponske razine 10 kV, te se s obzirom na njihovu dotrajalost i planirani prijelaz srednjenaponske mreže s 10 kV na 20 kV naponsku razinu javila potreba za njihovom rekonstrukcijom.

Kao optimalno rješenje ovog problema odabran je srednjenaponski univerzalni kabel, te je od 2008. do 2017. godine značajan broj vodova izgrađen ovom vrstom kabela.

U ovom referatu opisani su razlozi odabira ovog kabela, pojedini načini ugradnje ovog kabela u mrežu i pogonska iskustva s korištenjem srednjenaponskog univerzalnog kabela

Glavne riječi: srednjenaponski univerzalni kabel, nadzemni vod, rekonstrukcija, pogon, kvarovi

10 YEARS OF USAGE OF UNIVERSAL CABLES IN THE 10(20) KV NETWORK SAMOBOR AREA

SUMMARY

In the area of Samobor there was a number of 10 kV overhead MV lines so because of their condition and because of the planned change of the nominal voltage of the MV network from 10 kV to 20 kV there was a need for their reconstruction.

Medium voltage universal cable was chosen as the optimal solution of this issue and between 2008. and 2017. A significant number of lines was constructed using this type of cable

This paper describes the reason for the choice of this type of cable, different ways of usage of the universal cable in the network and usage experience with the medium voltage universal cable.

Key words: midvoltage universal cable, overhead line, reconstruction, usage, faults

1. UVOD

Tema ovog referata su univerzalni kabeli nazivnog napona 20 kV i iskustva u njihovom korištenju u mreži. Naziv univerzalni kabel dolazi od toga što se za razliku od uobičajenih kabela ovaj kabel može polagati u zemlju, vodu ili zrak. Tehnologija univerzalnih srednjenaponskih kabela postoji već dulje vrijeme, s tim da se prvi put počela koristiti na području Skandinavije. Na području Hrvatske ova tehnologija se počela koristiti u širem obimu od 2000. godine, ali i dalje nije u potpunosti prihvaćena.

Ključna karakteristika ovih kabela je mogućnost njihovog polaganja u zemlju, vodu odnosno zrak. Ovaj kabel ima posebnu konstrukciju koja mu omogućuje samonosivost u zraku. To je glavna razlika u odnosu na uvjetno rečeno „klasične kabele“ koji uobičajeno mogu polagati ili u zemlju ili u vodu (u slučaju podmorskih kabela). Što se tiče primjene ovih kabela najviše se koriste u nadzemnoj mreži, najčešće na betonskim ili drvenim stupovima. U nadzemnoj mreži način montaže ovih kabela je donekle sličan montaži vodiča izvedenih samonosivim kabelskim snopom na niskonaponskoj razini.

U ovom referatu bit će ukratko opisana konfiguracija srednjenaponske mreže za koju je razmatrano korištenje univerzalnog kabela, zatim će biti opisana iskustva s pojedinim slučajevima ugradnje srednjenaponskog univerzalnog kabela te će na kraju biti opisana pogonska iskustva s korištenjem ovih kabela uz usporedbu s drugim tehničkim rješenjima.

2. MREŽA RAZMATRANA ZA UGRADNJU SREDNJENAPONSKOG UNIVERZALNOG KABELA

2.1. Ukratko o mreži u koju je ugrađivan srednjenaponski univerzalni kabel

Srednjenaponska nadzemna mreža na području Samobora je izvedena magistralnim dalekovodima na čelično rešetkastim stupovima s Al/Fe vodičem najčešćeg presjeka 95 mm², dok su otcjepni vodovi do pojedinih stupnih transformatorska stanica izveden na drvenim stupovima s Al/Fe vodičem najčešćeg presjeka 35 mm². Većina ove mreže izgrađena je u razdoblju između 1970. i 1990. godine.

Početkom 2000.-tih stanje velikog broja otcjepnih vodova izvedenih drvenim stupovima bilo je loše zbog dotrajalosti stupova i izolatora te je relativno učestalo dolazilo do kvarova na srednjenaponskoj mreži, najčešće izazvanih padom drveća na vodove te je bilo potrebno pronaći rješenje za rekonstrukciju. Pored ovoga oprema ovih vodova je bila konstruirana za pogonskinapon mreže od 10 kV, a u istom periodu obavljane su pripreme za prijelaz srednjenaponske mreže s naponske razine 10 kV na 20 kV, te se i iz tog razloga moralo pribjeći rekonstrukciji ovih vodova.

Karakteristično za ove mreže je da su nadzemni vodovi često postavljeni na teže pristupačnom brdovitom terenu na području Samoborskog gorja i Žumberka što predstavlja otegotnu okolnost za njihovo održavanje. Još jedna otegotna okolnost za održavanje ovih vodova je zapuštanje pašnjaka kojima je prolazio znatan dio trase, a kako je čišćenje trase obveza vlasnika voda, javlja se potreba za češćim čišćenjem trase od vegetacije što iziskuje dodatne materijalne troškove.

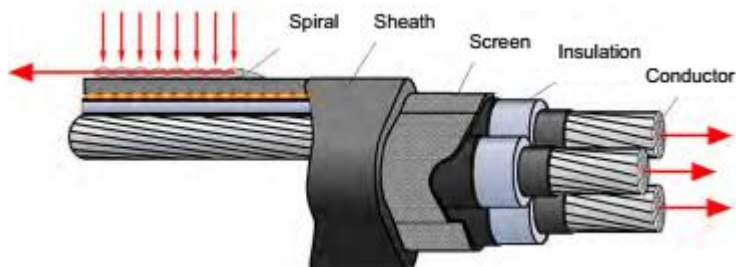
Osim rekonstrukcije postojećih transformatorska stanica radi poboljšanja kvalitete napajanja i priključenja novih kupaca na ovim područjima se javljala i potreba za izgradnjom novih transformatorska stanica u stupnoj izvedbi te je i za njihovo spajanje na 10(20) kV mrežu bilo potrebno pronaći zadovoljavajuće rješenje.

2.2. Odabrano rješenje

Karakteristika nadzemnih otcjepnih vodova je da oni u velikoj većini slučajeva napajaju jednu do dvije stupne transformatorske stanice s opremom montiranom na betonskim, čeličnim ili aluminijskim stupovima. Ove transformatorske stanice projektirane su za maksimalnu nazivnu snagu od 250 kVA, međutim zbog većinom malih potreba za snagom najčešće su opremljene transformatorima nazivnih snaga do 100 kVA. Shodno tome odabrana je optimalno tehničko rješenje za rekonstrukciju opisanih nadzemnih otcjepnih vodova.

Kao optimalno rješenje u većini slučajeva odabrano je korištenje srednjenaponskog univerzalnog kabela tipa EXCEL 12(20)/24 kV 3x10/10 mm², te će se ovaj referat baviti prvenstveno ovim tipom kabela. Kabel EXCEL 12(20)/24 kV 3x10/10 mm² izveden je s vodičima od bakra presjeka 10 mm², izolacijom od umreženog polietilena (XLPE), bakrenim ekranom i plaštom od linearnog polietilena niske gustoće (LLDPE).

Univerzalni srednjenaponski kabel se može polagati u zemlju, vodu, te po zraku na drvenim ili betonskim stupovima uz odgovarajuću ovjesnu opremu. Polaganje u vodu moguće je jer kabel specifično konstrukcijsko rješenje po pitanju gustoće, dok polaganje po zraku omogućuje specijalna ovjesna oprema i izvedba vanjskog plašta ojačanim LLDPE-om. Na idućoj slici prikazan je prijenos sile kod kabela polaganog po zraku.



Slika 1. Presjek i prijenos sile univerzalnog kabela tipa EXCEL/AXCES [1]

Kabeli se spajaju na nadzemne vodove izvedene neizoliranim vodičima odgovarajućim kabelskim završecima, uz izvedenu zaštitu odvodnicima prenapona na mjestu spoja na dalekovod, s tim da se takvi kabeli mogu osim na zračnu mrežu spojiti i na vodno polje kabelske transformatorske stanice na isti način kao i podzemni kabeli.

Tablica I - osnovne karakteristike kabela tipa EXCEL 3x10/10 i AXCES 3x70/16 [1]

	EXCEL	AXCES
presjek vodiča [mm ²]	3x10/10	3x70/16
materijal	Cu	Al
nazivni napon $U_i/U_l/(U_m)$ [kV]	12/20(24)	12/20(24)
nazivna struja (kao samonosivi kabel, temperatura zraka 25 °C, temperatura vodiča 65 °C) [A]	71	160
otpor vodiča na 20 °C [Ω/km]	1,83	0,44
najveća struja kratkog spoja (1s) [kA]	2	3,2

Karakteristika mreže izvedene ovim kabelom je znatno veća pouzdanost napajanja, budući da, kod prolaznih kvarova kao što je pad grane na vod on i dalje ostaje pod naponom. Također, u slučajevima kao što je pad drveta na vod, ovi kabeli su dizajnirani da izdrže značajne sile kroz dulji vremenski period, tako da ni u ovom slučaju ne dolazi do prekida napajanja, što bi bio slučaj kod vodova izvedenih s Al/Fe vodičima. Osim toga kod izvođenja nadzemne mreže kabelom otpada potreba za izolatorima, pa se time eliminira rizik od proboja na izolatoru.

Još jedna prednost ovog kabela je što postoji mogućnost vođenja srednjenaponske i niskonaponske mreže po istim stupovima. Ovakav način gradnje mreže ima značajne prednosti. Kod takve izvedbe javlja se ušteda na postavljanju stupova, te bolja iskorištenost prostora jer se ne treba tražiti posebna trasa za srednji napon ni dodatno rješavanje imovinsko-pravnih pitanja.

Budući da se niskonaponska mreža u pravilu postavlja uz prometnice, manji je trošak pri održavanju trase, budući da sječu vegetacije uz prometnice obavljaju tvrtke koje se bave održavanjem samih prometnica. Preduvjet za ovakvu izgradnju srednjenaponske mreže je da na trasi postoji niskonaponska mreža, ukoliko je nema mora se tražiti posebna trasa za srednjenaponski vod.

Ograničavajući faktor izvedbe nadzemne mreže univerzalnim kabelom u usporedbi s klasičnom nadzemnom mrežom je maksimalni presjek koji kod AXCES tipa iznosi 3x70 mm², te nemogućnost stvaranja dodatnih otcjepa radi čega je korištenje ovih kabela u principu ograničeno na otcjepne radijalne vodove.

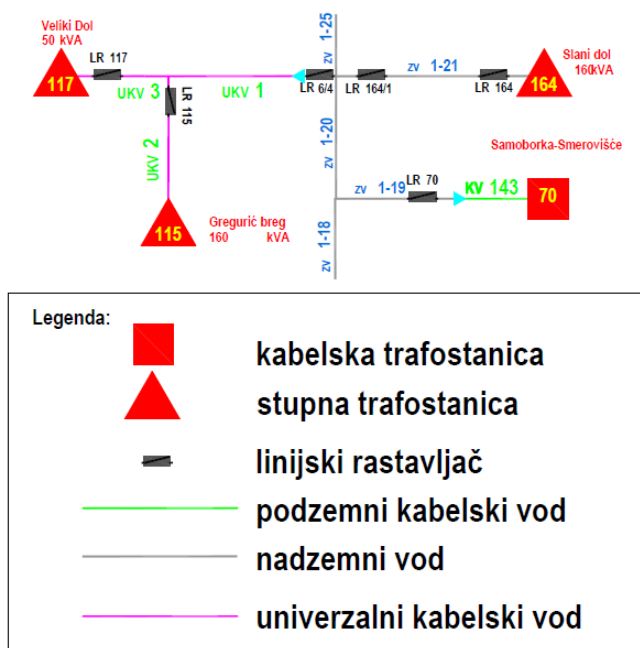
3. PRIMJERI UGRADNJE SREDNJE NAPONSKE UNIVERZALNOG KABELA

3.1. Rekonstrukcija postojeće trase

Ovo je prvi 10(20) kV vod izveden univerzalnim kabelom na području Samobora. U ovom slučaju radilo se o rekonstrukciji stare trase dalekovoda koja je bila dotrajala, te s opremom dimenzioniranom za 10 kV nazivni napon. Ovaj vod napaja dvije stupne transformatorske stanice 2TS 115 Gregurić Breg i 2TS 117 Veliki Dol. Korišten je kabel tipa EXCEL 12(20)/24 kV 3x10/10 mm² ukupne duljine 2000 metara.



Slika 2. Spajanje kabela EXCEL 12(20)/24 kV 3x10/10 mm² na stupnu transformatorsku stanicu [2]



Slika 3. Jednopolna shema dijela mreže u kojem je ugrađen univerzalni kabel [2]

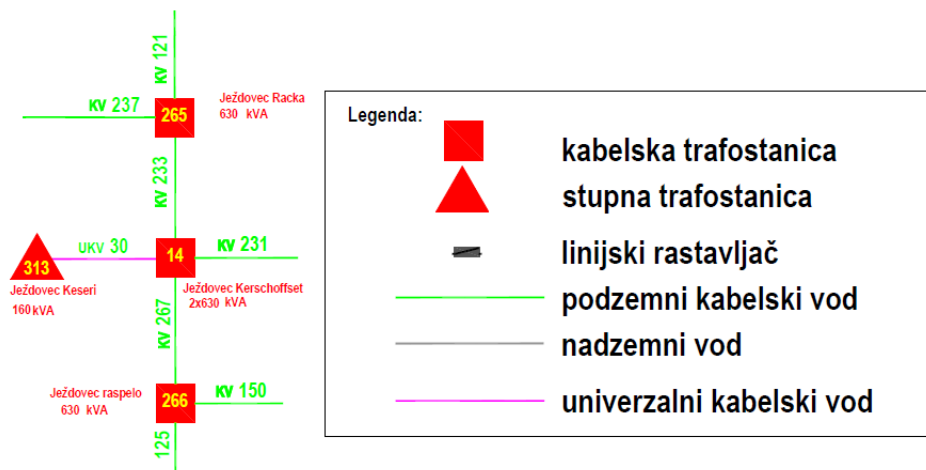
Mreža je izvedena po postojećoj trasi, univerzalni kabel je montiran na drvene stupove s betonskim nogarima koji su bili dijelom postojeći a dijelom novi te napaja dvije stupne transformatorske stanice. Ukupna duljina mreže iznosi oko 2000 m. Ovaj vod izgrađen je 2008. godine.

3.2. Stupna transformatorska stanica napajana iz kableske transformatorske stanice

U ovom slučaju, javila se potreba za izgradnjom nove stupne transformatorske stanice za potrebe korisnika mreže te je, budući da je na trasi postojala niskonaponska mreža, kao optimalno rješenje za spajanje TS na srednjenaponsku mrežu odabran univerzalni kabel. Radilo se o području Ježdovca, rubnog naselja Grada Zagreba sa značajnim rastom potrošnje. Ovaj primjer korištenja univerzalnog kabela razlikuje se od većine ostalih primjera ugradnje univerzalnog kabela u tome što je otcjep izveden univerzalnim kabelom nalazi na području izvedenom pretežno podzemnom a ne nadzemnom mrežom.



Slika 4. Vođenje srednjenaponske i niskonaponske mreže na istom betonskom stupu [2]



Slika 5. Jednopolna shema dijela mreže iz koje se napaja 2TS 313 [2]

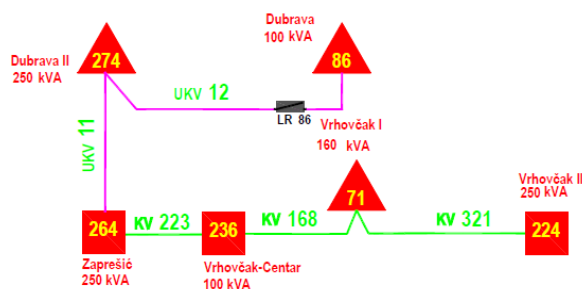
U ovom primjeru radilo se o kombinaciji podzemne i nadzemne ugradnje univerzalnog kabela. Kabel izlazi podzemno iz 2TS 14 Ježdovec I, te izlazi na stup koji se nalazi pored transformatorske stanice te se do nove transformatorske stanice 2TS 313 Ježdovec Keseri vodi po postojećim stupovima niskonaponske mreže. Duljina kabela iznosi cca. 300 m. Ovaj vod izgrađen je 2017. godine.

3.3. Priključak stupne TS sa magistralnog nadzemnog voda

U ovom primjeru, radilo se o transformatorskim stanicama u blizini magistralnih vodova na čelično-rešetkastim stupovima koje su spojene preko jednog stupa ili direktno na magistralni vod s neizoliranim vodičima presjeka $3 \times 95 \text{ mm}^2 \text{ Al/Fe}$. Zbog dotrajalosti, te prvenstveno radi toga što oprema ovih otcjepa nije bila zadovoljavajuća za nazivnu naponsku razinu 20 kV, krenulo se u njihovu rekonstrukciju. I u ovom slučaju odabran je univerzalni kabel kao optimalno rješenje. U ovim primjerima se radilo o duljinama voda do maksimalno 50 m.

3.4. Interpolacija novih TS kao nastavak radijalne kableske mreže

U ovom primjeru javila se potreba za izgradnjom nove transformatorske stanice naziva 2TS 274 Dubrava II i rekonstrukcijom postojeće stupne transformatorske stanice naziva 2TS 86 Dubrava radi zadovoljavanja kvalitete napona. Kao rješenje za spajanje ovih transformatorskih stanica na mrežu odabran je univerzalni kabel kako bi se izbjegla potreba za polaganjem podzemnog kabela cijelom duljinom trase zbog nemogućnosti ishođenja dozvole na dijelu trase.

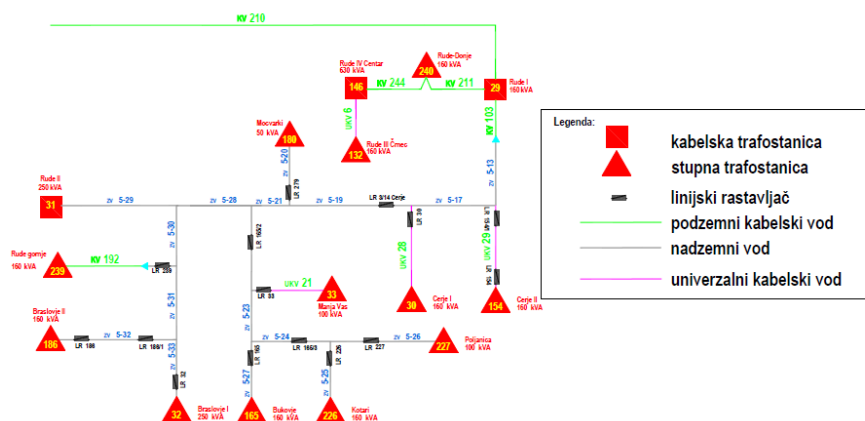


Slika 6. Jednopolna shema dijela mreže iz koje se napajaju 2TS 274 i 2TS 86 [2]

Mreža koja napaja ove dvije transformatorske stanice izgrađena je univerzalnim kablom iz kabelske TS, s tim da je kabl u dijelu mreže na kojem nema niskonaponske vođen podzemno te u nastavku prelazi na betonske stupove paralelno s niskonaponskom mrežom.

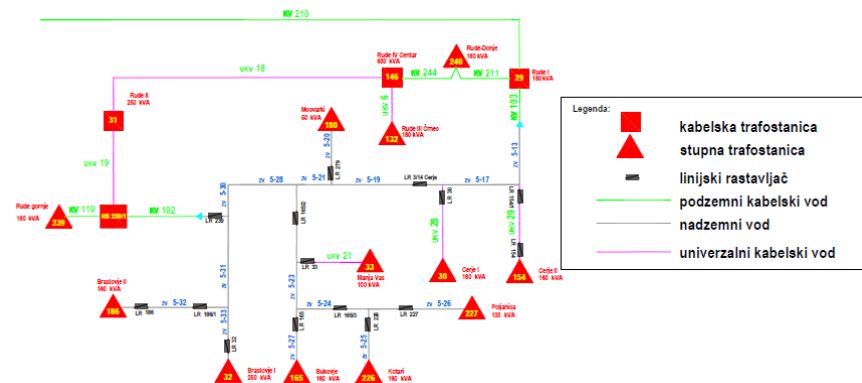
3.5. Izgradnja povezne mreže univerzalnim kabelom

U ovom primjeru u sklopu prijelaza na 20 kV, radi dotrajalosti i nezadovoljavajuće naponske razine opreme javila se potreba za rekonstrukcijom postojeće transformatorske stanice tipa „tornjić“ naziva 2TS 31 Rude II, koja se napajala nadzemnim otcjepnim vodom s magistralnog dalekovoda.



Slika 6. Jednopolna shema dijela mreže prije rekonstrukcije univerzalnim kabelom [2]

Radi omogućavanja alternativnog napajanja kupcima na kraju predmetnog dalekovoda krenulo se u izgradnju povezne mreže iz postojeće kableske transformatorske stanice TS 146 Rude Centar. Ovo je jedini primjer gdje je odabran univerzalni kabel većeg presjeka tipa AXCES 12/20(24) kV 3x70/16, radi većeg planiranog opterećenja mreže.



Slika 6. Jednopolna shema dijela mreže nakon rekonstrukcije univerzalnim kabelom [2]

Kabel izlazi podzemno iz postojeće kableske transformatorske stanice, vodi se nadzemno zajedno s niskonaponskom mrežom, te ulazi podzemno u rekonstruiranu transformatorsku stanicu. Iz rekonstruirane transformatorske stanice drugi kabel vodi se, također paralelno sa niskonaponskom mrežom do izgrađenog rasklopišta pored postojeće stupne transformatorske stanice koja je dotada bila na kraju radijalne mreže, a u kojem se mreža izgrađena univerzalnim kabelom spaja na postojeći podzemni kabel. Nakon rekonstrukcije napuštena je otcjepna dionica nadzemnog voda s kojeg se do tada napajala 2TS 31 Rude II. Ova mreža izgrađena je 2016. godine.

4. ISKUSTVA U KORIŠTENJU UNIVERZALNOG KABELA

U srednjenaponskoj mreži na području Pogona, odnosno Terenske jedinice Samobor je u razdoblju od 2008. do 2017. univerzalnim kabelom izgrađeno ukupno 30 vodova u ukupnoj duljini od oko 15000 metara. Od toga je oko 13725 m izvedeno kabelom tipa EXCEL 12/20(24) kV 3x10/10 a oko 1215 m kabelom tipa AXCES 12/20(24) kV 3x70/16.

Tablica II. Popis vodova izgrađenih univerzalnim kabelom u Pogonu Samobor

Oznaka kabela	Početa i krajna točka	Presjek kabela (mm ²)	Tip kabela	Duljina kabela (m)	Godina izgradnje
UKV 1	ZV Spojni (Stup 43) - Gregurić Breg (LR)	3X10/10 Cu	EXCEL	850	2008
UKV 2	Gregurić Breg (LR) - TS 115	3X10/10 Cu	EXCEL	80	2008
UKV 3	Gregurić Breg (LR) - TS 117	3X10/10 Cu	EXCEL	1150	2008
UKV 4	ZV Klake - TS 268	3X10/10 Cu	EXCEL	600	2009
UKV 5	BS Falaščak - TS 81	3X10/10 Cu	EXCEL	40	2009
UKV 6	TS 146 - TS 132	3X10/10 Cu	EXCEL	650	2010
UKV 7	TS 85 - TS 323	3X10/10 Cu	EXCEL	1250	2009
UKV 8	ZV Spojni (LR 105) - TS 105	3X10/10 Cu	EXCEL	1600	2009
UKV 9	L.R. 55 - TS 55	3X10/10 Cu	EXCEL	65	2010
UKV 10	L.R. 164 - TS 164	3X10/10 Cu	EXCEL	80	2011
UKV 11	TS 264 - TS 274	3X10/10 Cu	EXCEL	790	2011
UKV 12	TS 274 - TS 86	3X10/10 Cu	EXCEL	911	2011
UKV 13	ZV Spojni - TS 306	3X10/10 Cu	EXCEL	1300	2012
UKV 14	TS 335 - TS 34	3X10/10 Cu	EXCEL	300	2014.
UKV 15	KV 261 - TS 338	3X10/10 Cu	EXCEL	1010	2014.
UKV 16	ZV Klake - TS 304	3X10/10 Cu	EXCEL	780	2015.
UKV 17	ZV Grđanjci - TS 38	3X10/10 Cu	EXCEL	100	2013.
UKV 18	TS 146 - TS 31	3X70/16 Al	AXCES	513	2016.
UKV 19	TS 31 - RS 239	3X70/16 Al	AXCES	702	2016.
UKV 20	ZV Lipovec - TS 46	3X10/10 Cu	EXCEL	14	2016.
UKV 21	LR 33 - TS 33	3X10/10 Cu	EXCEL	45	2016.
UKV 22	LR 108 - TS 108	3X10/10 Cu	EXCEL	60	2016.
UKV 23	LR 193 - TS 193	3X10/10 Cu	EXCEL	80	2016.
UKV 24	LR 191 - TS 191	3X10/10 Cu	EXCEL	40	2016.
UKV 25	LR 44 - TS 44	3X10/10 Cu	EXCEL	40	2016.
UKV 26	LR 65 - TS 65	3X10/10 Cu	EXCEL	80	2016.
UKV 27	TS 53 - TS 255	3X10/10 Cu	EXCEL	540	2017.
UKV 28	ZV Rude - TS 30	3X10/10 Cu	EXCEL	118	2017.
UKV 29	ZV Rude - TS 154	3X10/10 Cu	EXCEL	542	2017.
UKV 30	TS 14 - TS 313	3X10/10 Cu	EXCEL	710	2017

U ovom razdoblju na vodovima izvedenim univerzalnim kabelom nije zabilježen niti jedan kvar, što govori o značajnim prednostima korištenja ovog kabela budući da je prije ugradnje na ovim vodovima relativno često dolazilo do kvarova uslijed dotrajalosti stupova, oštećenja izolatora, elektrokucija malih životinja ili ptica, odnosno pada stabala ili grana na vod. Bitno je naglasiti da su na svim lokacijama gdje je postavljan univerzalni kabel zamijenjeni stupovi ukoliko su bili u nezadovoljavajućem stanju pa se stoga mora uzeti starenje novopostavljenih stupova tokom vremena. U nekoliko slučajeva dogodio se pad manjih stabala na vod pri čemu se povećao provjes kabela, ali nije došlo do oštećenja izolacije ni prekida napona, te se nakon uklanjanja stabla kabel vratio u prvobitno stanje bez štetnih posljedica.

U periodu otkad je počela gradnja dionica mreže univerzalnim kabelom dolazilo je do ispada na izvodima iz transformatorskih stanica 110/20(10) kV koje napajaju mrežu izvedenu ovim kabelom, međutim ni u jednom slučaju mjesto kvara nije bilo na univerzalnom kabelu, već su mjesta kvara bila na nadzemnim vodovima izvedenim neizoliranim Al/Fe vodičima pri čemu se radilo ili o probojima na izolatorima ili padu stabala odnosno grana na vodu ili o elektrokuciji malih životinja.

5. ZAKLJUČAK

Iz dosadašnjih iskustava u korištenju SN univerzalnih kabela na području Samobora može se zaključiti da su sa stajališta pouzdanosti napajanja ovi kabeli kad se koriste u nadzemnoj mreži značajno pouzdaniji od nadzemnih vodova s neizoliranim vodičima. Njihovo korištenje je značajno smanjilo broj kvarova u srednjenaponskoj mreži a time i potrebu za intervencijama i nezadovoljstvo korisnika mreže.

Sa ekonomskog stajališta, iako je izgradnja vodova univerzalnim kabelom nešto skuplja u odnosu na izgradnju voda podzemnim kabelom odnosno nadzemnim vodom s neizoliranim vodičima, u kasnijem pogonu se javlja značajna ušteda u vidu manjih troškova za održavanje voda, a pogotovo manjim troškovima održavanja trase ukoliko se vodi zajedno s niskonaponskom mrežom uz prometnice. Pored navedenog, povećana pouzdanost također utječe na manje pogonske troškove imajući u vidu da će u skoroj budućnosti sve veći naglasak biti na kvaliteti električne energije.

Bitno je naglasiti da izvođenje srednjenaponske mreže univerzalnim kabelom omogućuje bolju iskorištenost prostora budući da se srednjenaponska mreža može voditi na istim stupovima sa niskonaponskom mrežom.

Još jedna prednost izvođenja nadzemne mreže univerzalnim kabelom umjesto neizoliranim vodičima je smanjenje utjecaja na okoliš zbog toga što se značajno smanjuje mogućnost stradavanja malih životinja i ptica.

Ograničavajući faktor za korištenje univerzalnih kabela je njihov maksimalni presjek, pa stoga u područjima s većim opterećenjima i dalje dolaze u obzir samo klasični podzemni kabelski vodovi.

Uzimajući u obzir sve ove faktore, a prvenstveno drastično smanjenje broja kvarova zaključak ovog referata je da je univerzalni srednjenaponski kabel idealno rješenje za izgradnju otcjepa za stupne transformatorske stanice te da se za tu primjenu u svakom slučaju može preporučiti

5. LITERATURA

- [1] www.ericsson.com
- [2] Dokumentacija HEP ODS d.o.o. , Elektre Zagreb