

Dragutin Jordanić
ELKA kabeli d.o.o., Zagreb
dragutin.jordanic@elka.hr

Antonio Elez
ELKA kabeli d.o.o., Zagreb
antonio.elez@elka.hr

HIBRIDNI KABELI – KONSTRUKCIJE ENERGETSKIH KABELA SA SVJETLOVODNIM VLAKNIMA

SAŽETAK

Praćenjem potreba tržišta i razvoja elektroenergetskog sustava u kojem pametne mreže („smart grids“) postaju uobičajene, te na kabele osim prijenosa električne energije postavljaju i zahtjeve za kontrolu i regulaciju mreža, došlo je do razvoja hibridnih kabela.

Osnovna ideja kod konstrukcije hibridnih kabela je spoj dvaju kabela energetskog i svjetlovodnog u jedan. Neke od mogućih konstrukcija su da se svjetlovodna vlakna dodaju u ekran, armaturu, pri pouzenu ili pod zajednički plašt što je detaljno razrađeno u referatu.

Ugradnjom hibridnih kabela stvara se potrebna infrastruktura koja je preduvjet za razvoj i unapređenje elektroenergetskih mreža te lako i jeftinije proširenje palete usluga, jer je omogućen prijenos podataka do svakog korisnika koji ima električnu energiju.

Ključne riječi: pametne mreže, hibridni kabeli, svjetlovodno vlakno, prijenos podataka

HYBRID CABLES – CONSTRUCTIONS OF POWER CABLES WITH OPTICAL FIBERS

SUMMARY

Following the market demand and development of power system in which smart grids are becoming common, setting on cables beside the electric power transmission also the requirements for the control and regulation of networks, the development of hybrid cables has occurred.

The basic idea for the construction of hybrid cables is a combination of two cables, the power and the optical cable, in one. Some of the possible constructions are that the optical fibres are added to the screen, the armour during stranding, or under the common sheath, what is detailed in the paper.

By fitting of hybrid cables is created the necessary infrastructure which is a prerequisite for the development and improvement of electricity grids, same as easy and cheaper expansion of the range of services, as it enables the data transfer to each user having the access to the electric power.

Key words: smart grids, hybrid cables, optical fibre, data transfer

1. UVOD

Svijet ulazi u razdoblje gdje će se sve više koristiti „pametne mreže“ (smart grids). To znači da će, osim samog prijenosa električne energije, sve više rasti potreba za istovremenim prijenosom podataka uz postojanje odgovarajuće informatičke i komunikacijske opreme sa ciljem kvalitetnijeg upravljanja mrežom. Iz tih razloga prijenos električne energije i prijenos podataka treba uzimati zajedno, a ne kao zasebne dijelove distribucijskih mreža. Kroz ovaj referat želimo objasniti spoj dvaju kabela u jedan tkz. hibridni kabel pomoću kojeg će biti omogućen istovremeni prijenos informacija i električne energije.

Najbolji način izvedbe ovakvih kabela je ugradnja svjetlovodnih vlakana u standardne energetske kabele. Prednosti prijenosa podataka svjetlovodnim vlaknima su velike: ogroman kapacitet prijenosa, nema smetnji, veliki domet, geometrijski su sitna pa ih se može lako ugraditi u gotovo sve kabele. U referatu su prikazane neke od mogućih konstrukcija ovakvih kabela gdje su u energetski kabel ugrađena svjetlovodna vlakna ili su ugrađene tkz. mikrocijevi u koje se kasnije (u slučaju potrebe) mogu lako upuhati svjetlovodna vlakna.

2. HIBRIDNI KABELI

2.1. Svjetlovodna vlakna

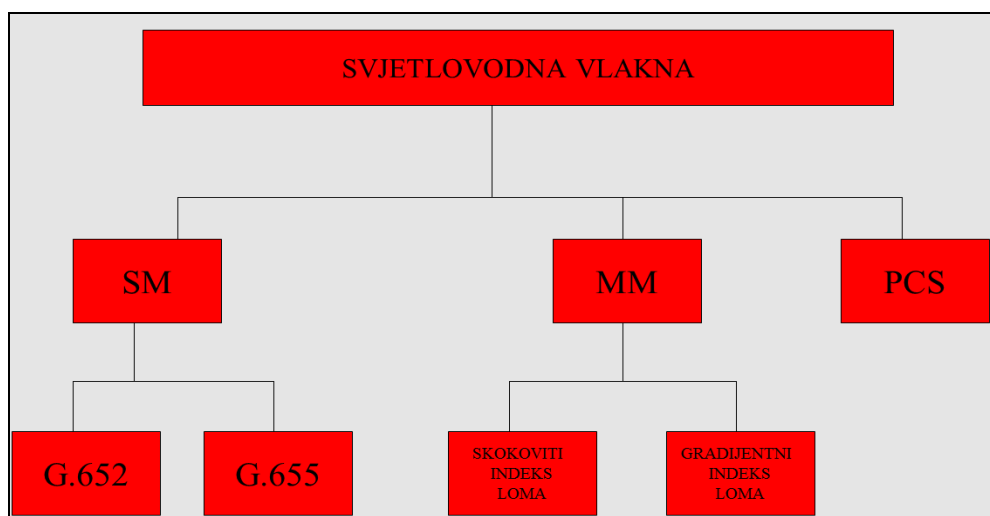
Svjetlovodno vlakno sastoji se od staklene jezgre cilindričnog oblika, oko koje je stakleni omotač koji ima različiti indeks loma od jezgre. S obzirom na njihove geometrijske karakteristike, odnosno način širenja svjetla unutar jezgre, vlakna možemo podijeliti u tri osnovne skupine:

- višemodno vlakno sa skokovitim indeksom loma
- višemodno vlakno s kontinuirano promjenljivim indeksom loma
- jednomodno vlakno

U slučaju višemodnog vlakna sa skokovitim indeksom loma postoji više mogućih puteva širenja svjetlosne zrake kroz vlakno. Ovako širenje po višestrukim putevima dovodi do proširenja impulsa, tj. disperzije što će se direktno odraziti na maksimalnu moguću brzinu prijenosa signala. Mnogo složenija višemodna vlakna su ona s kontinuirano promjenljivim indeksom loma tzv. gradijentna vlakna. Zbog male disperzije kroz ova vlakna mogu se prenositi signali mnogo većom brzinom.

Za prijenos signala najvećim brzinama koriste se jednomodna vlakna. Kod njih je jezgra promjera reda veličine valne dužine svjetla pa se može širiti samo jedan mod.

Pored navedenih osnovnih tipova vlakana postoje i druga – specijalna vlakna koja služe kao senzori – za mjerenje temperature, vibracija i sl.



Slika 1. Podjela svjetlovodnih vlakana



Slika 2. Izgled svjetlovodnih vlakana

Tablica 1. Karakteristike svjetlovodnih vlakana

Svojstva		Mjere	SM vlakno G.652.D	SM vlakno G.655	MM vlakna Gradijentni indeks loma	
Promjer polja moda	1310 nm	μm	$9,2\pm 0,4$	-		
	1550 nm		$10,4\pm 0,5$	$8,2\pm 0,5$		
Promjer jezgre		μm			50 ± 3	$62,5\pm 3$
Promjer ovojnice		μm	$125\pm 0,7$	$125\pm 0,7$	125 ± 1	125 ± 1
Primarna zaštita		μm	242 ± 5	242 ± 5	245 ± 5	245 ± 5
Prigušenje na 850 nm		dB/km			2,7-4,0	3,0
Na 1300 nm		dB/km	0,38		1,0	1,5
Na 1550 nm		dB/km	0,25	0,25		
Na 1625 nm		dB/km		0,25		
Koeficijent disperzije						
1285-1330 nm		ps/nm.km	3,5			
1550 nm		ps/nm.km	18			
1530-1565 nm		ps/nm.km		2-6		
1565-1625 nm		ps/nm.km		4-10		
Valna duljina odsijecanja		nm	1150-1330	1450		
Širina pojasa 850 nm		MHz.km			>200	>200
1300 nm		MHz.km			>500	>500
Test na vlačnu silu		N/1 s	>5	>5	>5	>5
Numerički otvor					0,18-0,24	0,26-0,29

2.2. Neki od primjera konstruktivnih rješenja

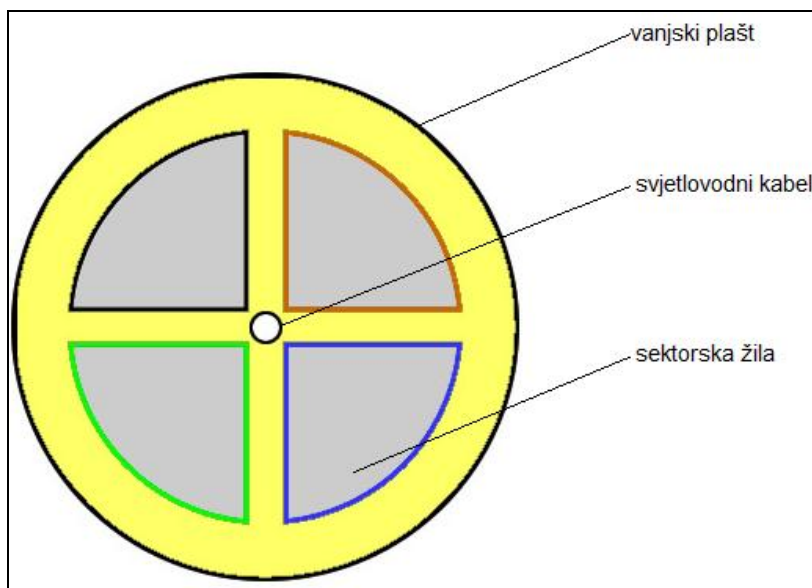
Kao i kod distribucijskih mreža s niskonaponskim kabelima tako i kod distribucijskih i prijenosnih mreža sa srednjenaponskim i visokonaponskim kabelima operateri se suočavaju sa sve većim zahtjevima za napajanje električnom energijom i prijenosom podataka. Postoje razne teorije o pametnim mrežama, što moraju omogućiti i kako mogu izgledati, ali jedno je sigurno, električne mreže budućnosti morat će se lakše kontrolirati i regulirati, a da bi se to ostvarilo potrebna je infrastruktura.

Prednosti ovakvih kabela su jednostavnija i značajno jeftinija montaža zbog velike gustoće kabela u kabelskim kanalima ili nedovoljne širine postojećih trasa. Time do svakog kućanstava samo jednim kabelom dovodimo i električnu energiju i komunikacijsku mrežu, te time paralelni vodovi postaju stvar prošlosti. Nakon instalacije u slučaju potrebe neke konstrukcije hibridnih kabela lako se razdvoji u dva kabela, klasični energetska i svjetlovodni kabel zahvaljujući svojoj konstrukciji koja omogućuje da osnovni izgled energetskog kabela ostane nepromijenjen. Time svojim korisnicima hibridni kabel pruža višestruke mogućnosti. Također, hibridni kabel je jednostavniji za rukovanje i transport jer se sve nalazi na jednom bubnju. Osim ekonomske isplativosti i jednostavnijeg rukovanja i transporta svojim korisnicima ovi kabeli ostavljaju višestruke mogućnosti zbog mogućeg korištenja svjetlovodnih vlakana za razne namjene ovisno o potrebama korisnika. Iako se svakodnevno otkrivaju nove namjene, neke od njih uz manje modifikacije su: prijenos podataka, mjerenje temperature, registriranje pomaka, u mostovima i zgradama za mjerenje opterećenja, u bušotinama i rudnicima za mjerenje tlakova, detekciju plinova...

Mnoga komunalna poduzeća ili distributeri električne energije danas još uvijek nemaju potrebu za proširenjem i unapređenjem svojih mreža, ali ugradnjom hibridnih kabela stvaraju preduvjete za lako i jeftinije proširenje svojih usluga, te to ulaganje vraćaju u kratkom vremenu.

2.2.1. Ugradnja svjetlovodnih vlakana u centar kabela sa sektorskim vodičima

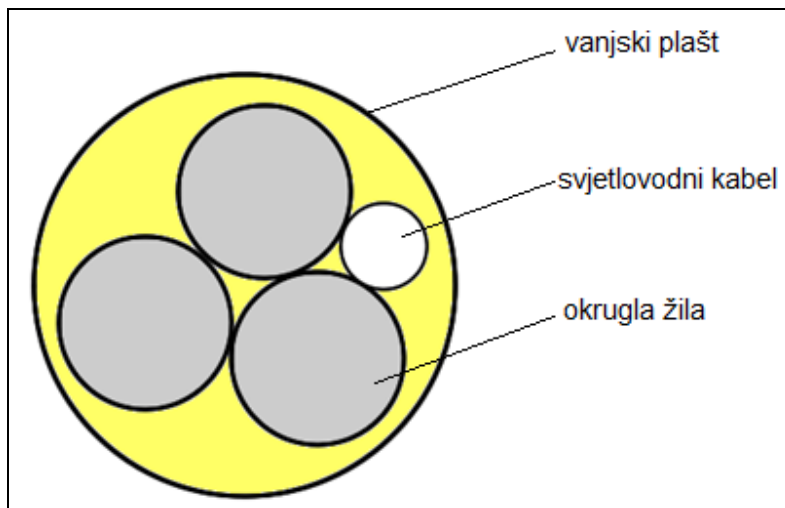
Ovo konstruktivno rješenje se koristi kod niskonaponskih kabela sa sektorskim žilama. Svjetlovodni kabel se ugrađuje u centar prilikom použenja žila. Skica konstrukcije prikazana je na donjoj slici:



Slika 3. Konstrukcija hibridnog kabela sa sektorskim žilama

2.2.2. Ugradnja svjetlovodnih vlakana u bočni prazni prostor kod višezilnih kabela

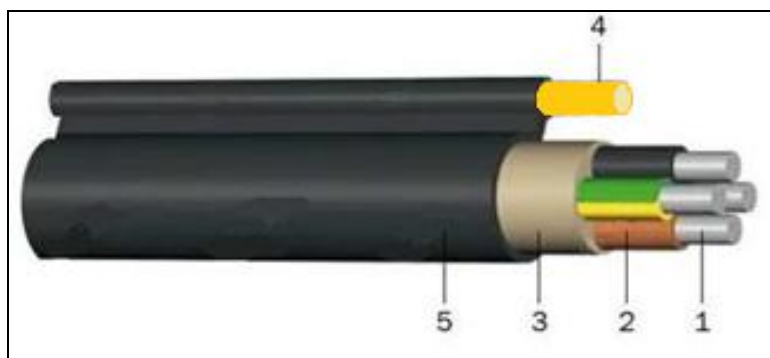
Ovo konstruktivno rješenje može se koristiti kod svih višezilnih kabela sa okruglim žilama neovisno o naponskoj razini. Kod použenja žila u bočni prazni prostor među žilama dodaje se svjetlovodni kabel. Može se dodati i više svjetlovodnih kabela ovisno o broju použenih žila tj. o broju bočnih praznih prostora. Skica konstrukcije nalazi se na donjoj slici:



Slika 4. Konstrukcija višezilnog kabela sa svjetlovodnim kabelom

2.2.3. Ugradnja svjetlovodnih vlakana ili mikrocjevčice pod zajednički plašt

Ovo rješenje može se primijeniti kod svih jednožilnih kabela neovisno o naponskoj razini. Pri plaštiranju kabela pod isti plašt se stavljaju energetski i svjetlovodni kabel ili polietilenska cjevčica. Spoj na plaštu dvaju kabela je lako razdvojiv te ukoliko je potrebno dobiju se dva potpuno neovisna kabela. Radi boljeg razumjevanja na donjim slikama je prikazana skica, te primjer gotovog niskonaponskog hibridnog kabela dobivenog ovim konstruktivnim rješenjem.



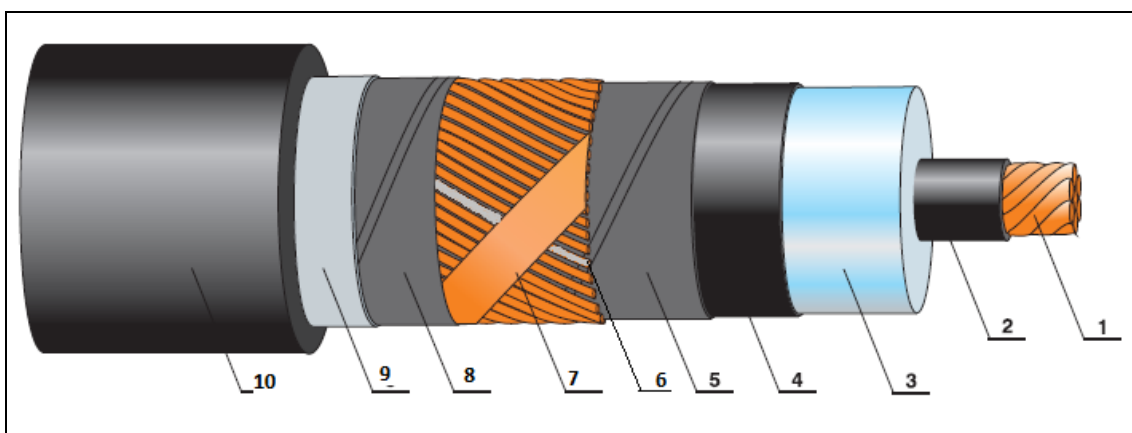
Slika 5. Konstrukcija niskonaponskog hibridnog kabela

Opis konstrukcije:

1. Vodič
2. Izolacija
3. Ispuna
4. Mikrocijev ili svjetlovodni kabel
5. Zajednički plašt na spoju lako razdvojiv

2.2.4. Dodavanje svjetlovodnog kabela u ekran kabela

Kod jednožilnih konstrukcija neovisno o naponskoj razini koje imaju električnu zaštitu tj. bakreni ekran svjetlovodna vlakna se mogu ugraditi između žica ekrana. Za primjer je na donjoj slici prikazana konstrukcija visokonaponskog hibridnog kabela:

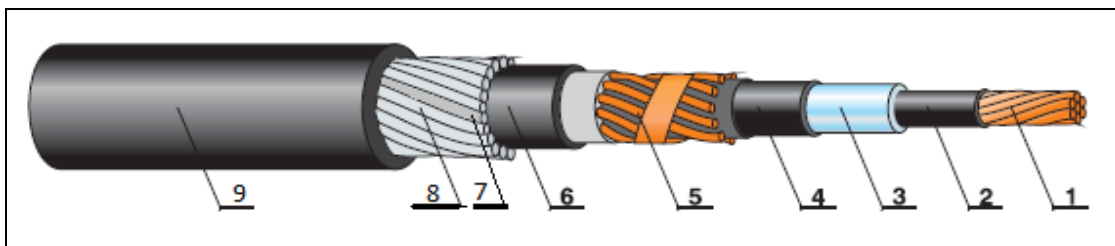


Slika 6. Konstrukcija visokonaponskog hibridnog kabela

1. aluminijски ili bakreni vodič, kompaktirani
2. poluvodljiva traka i ekstrudirani poluvodljivi sloj XLPE
3. XLPE izolacija
4. ekstrudirani poluvodljivi sloj XLPE preko izolacije
5. bubriva poluvodljiva traka
6. svjetlovodni kabel
7. električna zaštita
8. bubriva poluvodljiva traka
9. aluminijска traka sa kopolimerom
10. plašt HDPE + poluvodljivi skin HDPE

2.2.5. Dodavanje svjetlovodnog kabela u armaturu kabela

Kod podmorskih i općenito kabela koji imaju armaturu, hibridni kabel se konstruira dodavanjem svjetlovodnog kabela u armaturu kabela. Konstrukcije s polietilenskom cjevčicom se ne razmatraju jer se kabel primjenjuje na mjestima gdje je moguće mehaničko oštećenje te bi time moglo doći do oštećenja polietilenske cjevčice i samih svjetlovodnih vlakana.

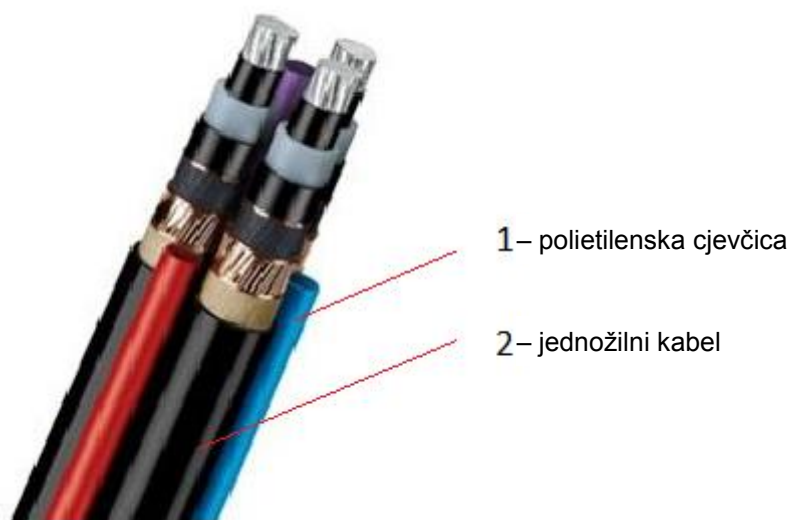


Slika 7. Konstrukcija hibridnog kabela sa svjetlovodnim kabelom u armaturi energetskog

1. aluminijски ili bakreni vodič, kompaktirani
2. poluvodljiva traka i ekstrudirani poluvodljivi sloj XLPE
3. XLPE izolacija
4. ekstrudirani poluvodljivi sloj XLPE preko izolacije
5. električna zaštita sa vodonepropusnim trakama
6. unutanji HDPE plašt
7. metalna cjevčica sa svjetlovodnim vlaknima
8. armatura od čeličnih žica sa vodonepropusnim trakama
9. plašt HDPE

2.2.6. Dodavanje polietilenskih cjevčica ili gotovih svjetlovodnih kabela u samonosive i srednjenaponske kableske snopove

Kod samonosivih kableskih snopova se pri použenju dodaju polietilenske cjevčice ili gotov svjetlovodni kabel ovisno o potrebama kupaca. Dok se kod srednjenaponskih snopova, ukoliko je promjer žila u ekranu pojedinog kabela premali, te ukoliko želimo mogućnost razdvajanja energetskog i svjetlovodnog dijela hibridnog kabela, použavaju zajedno tri gotova energetska kabela i polietilenska cjevčica ili svjetlovodni kabel. Tu imamo i dodanu mogućnost, a to je da možemo použiti 1, 2 ili 3 polietilenske cjevčice. Na zahtjev kupca na ovako použen kabel može se dodati ispuna i plašt, ali tada se gubi mogućnost lakog razdvajanja i otežava se rukovanje kabelom zbog povećanog radijusa savijanja.



Slika 8: Konstrukcija hibridnog srednjenaponskog snopa

3. ZAKLJUČAK

Razvojem „pametnih mreža“ rasti će i količina informacija koje će trebati prenositi i obrađivati. To znači da je potrebno graditi i mreže koje će to omogućiti. Ugradnjom hibridnih kabela omogućiti će se prijenos podataka do svih potrošača koji su opskrbljeni električnom energijom. Zbog vrlo velikih kapaciteta prijenosa svjetlovodnih kabela i mogućnosti ugradnje većeg broja vlakana u hibridni kabel, vrlo lako je postići višak kapaciteta koji onda vlasnik mreže može prodati drugim korisnicima.

LITERATURA

- [1] IEC 60840: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV ($U_m=36$ kV) up to 150 kV ($U_m=170$ kV), 2004.
- [2] IEC 60502: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m=1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m=36$ kV), 2005.
- [3] HRN HD 620 S2: Part 10: XLPE insulated single core and 3 core cables, and single core pre-assembled cables, 2010.
- [4] www.elka.hr