

# Konstrukcija DSL kablova za širokopoljasnu pristupnu mrežu

Đuro Kopitović, Velimir Šćepanović<sup>1</sup>

**Sadržaj-** Ovaj rad se bavi problematikom konstruisanja i proizvodnje DSL kablova za potrebe širokopoljanskih pristupnih mreža. Po tehnološkim fazama analizira se uticaj tehnoloških procesa izrade na prenosne parametre finalnog kabela i time daju preporuke i uputstva za postupak konstrukcije i proces izrade DSL kablova.

**Ključne reči:** DSL, kablovi, pouzavanje, parice, četvorke, pristupne mreže, preslušavanje.

## I. UVOD

Namera „Telekom Srbija“ da u poslednjem kilometru pristupne mreže preko simetričnih parica obezbedi vremenski stabilan [1] multimedijalan širokopoljanski pristup nameće potrebu za izradom tri prioriteta pilot projekta:

- Definisanje konstruktivnih i električnih karakteristika DSL kablova za pristupne mreže
- Prekategorizacija mreže izgrađene sa NF kablovima
- Projektovanje i izgradnja širokopoljanske pristupne mreže DSL kablovima

Postojeća pristupna mreža Telekom Srbija izgrađena je sa NF kablovima podužanog kapaciteta parica 38nF/km i karakteristične impedanse 600Ω na 800Hz. NF kablovi u eksploataciji i kablovski pribor atestirani su na 800Hz te predviđeni za govorni servis. Firma KABLSISTEM, d.o.o. - Beograd predložila je Telekomu Srbija da se nove pristupne mreže izgrade kao 135Ω-ske širokopoljanske mreže sa DSL kablovima [2] koji zadovoljavaju preporuke IEC 62255 „Višeparični simetrični DSL kablovi“ (Ženeva, 2005) [3] i koji će se koristiti u krugu prečnika 1km koje pokriva jedno multimedijalno čvorište (u daljem tekstu MSAN). Predlog je prihvaćen i domaćim fabrikama kablova FKS, NFK i FK Zaječar su dostavljene konstruktivno-električne karakteristike za sve DSL kablove u pristupnoj mreži (završne, glavne, distributivne, razvodne i instalacione), tako da je u toku realizacija projekta „DSL KABLOVI - SRBIJA“. Zajedničko za sve konstrukcije DSL kablova je da slabljenje parica (u daljem tekstu Attn) kao i raspodele slabljenja preslušavanja na bližem kraju (u daljem tekstu NEXT) unutar A sektora kao i između parica susednih i nesusednih A sektora imaju približno jednake vrednosti. U zavisnosti od kapaciteta jezgra glavnih i distributivnih kablova, glavni E i D sektori ( $E=A_{1-5}$  i  $D=A_{1-10}$ ) mogu da sadrže različite konstrukcije elementarnih A sektora (sa paricama ili četvorkama). Za sve vrste DSL kablova, kapacitet jezgra i vrsta omotača treba da odgovaraju uslovima eksploatacije. Investiciona vrednost mreže i njen vek eksploatacije nameću potrebu da odluke kod izgradnje širokopoljanske pristupne mreže

imaju utemeljenje u nauci. Ova odluka može se smatrati strateškom za Telekom.

## II. KONSTRUKTIVNI ELEMENTI DSL KABLOVA

Izbor konstruktivnih elemenata DSL kabla određuju zahtevi operatora u pogledu:

- eksploatacione frekvencije (izbor kategorije DSL kablova) [4], [5]
- električnih parametara /Attn, NEXT(PSNEXT), FEXT,(ELFEXT, PSELFEXT)/ [6], [7] i proizvođači koji treba da se odrede u pogledu:
- ekonomičnosti konstrukcije
- mogućnosti proizvodnje DSL kablova

## III. TEHNOLOGIJA IZRADE JEZGRA KABLA

Kvalitetan telekomunikacioni DSL kabl moguće je napraviti ako se kvalitetno izvedu sve tehnološke faze u procesu proizvodnje. Drugim rečima, ako u prvoj tehnološkoj fazi napravimo provodnik neadekvatnih elektromehaničkih svojstava, teško da se može u narednim tehnološkim zahvatima adekvatno nadomestiti taj nedostatak. Tehnološke faze su povezane u lanac gde je najslabija karika ogledalo kvaliteta celog lanca.

### A. Izolovanje provodnika

**Provodnik** treba da je ravnomerno izvučena, cilindričnog oblika, meko žarena bakarna žica homogenog sastava bez zacepaka i primesa stranih tela. Izrađuje se od elektrolitičkog bakra prema JUS N.CDI.008/73. Prečnik provodnika je 0.4mm i 0.6 mm.

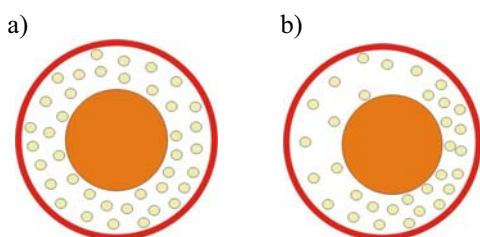
**Izolacija:** Penasti polietilen sa skinom (sloj punog polietilena). Za kablove namenjene unutrašnjoj instalaciji može se koristiti puni polietilen.

**Ravnomerna penušavost polietilena** (sl.1.) je veoma bitna radi dobijanja uniformne podužne dielektrične konstante, jednog od ključnih parametara koji utiče na prenosne karakteristike parice. Stepenu penušavosti treba da je između 40% i 50%. Veličina ekspanziranih ćelija treba da je maksimalno ujednačena a njihov raspored ravnomerno raspoređen na poprečnom preseku izolacije što se utvrđuje u procesu kontrole izolacije pomoću mikroskopa. Razlika između nominalne i dobijene debljine izolacije ne treba da prelazi 20%!

**Centričnost izolacije** (sl.1.) u odnosu na osu provodnika je drugo bitno svojstvo izolovanog provodnika. Dobra centričnost doprinosi ravnomernom podužnom kapacitetu parice. Takođe, između parica sa izolacijom koja ima dobru centričnost sa osom provodnika, smanjuje se

Đ.Kopitović, V.Šćepanović, „KABLSISTEM“doo, III Bulevar 188, SRBIJA; (tel: 381-11-2135135, fax:381-11-3112828, email: tt-kabl@eunet.yu)

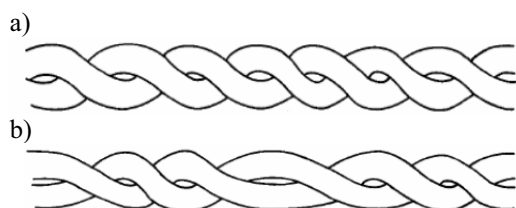
asimetrija kako prema zemlji tako i prema drugim paricama što utiče na smanjenje nivoa šuma koji parica emituje u međuprostor kao i nivoa šuma koji se spolja indukuje u posmatranu paricu (parica se na visokim frekvencijama ponaša kao radio primopredajnik). Kvalitet izolovanog provodnika direktno zavisi od kvaliteta izabranog penastog polietilena, pravilnog izbora dimezija alata (dorna, matrica), stanja u kojem se alat nalazi kao i oblika i temperature provodnika koji se izoluje. Podešavanje temperatura po zonama ekstruzije treba isključivo raditi po uputstvu proizvođača polietilena.



Sl.1. Oblici porozno-pune izolacije provodnika  
a) centrična sa ravnomernom poroznošću  
b) ekscentrična sa neravnomernom poroznošću

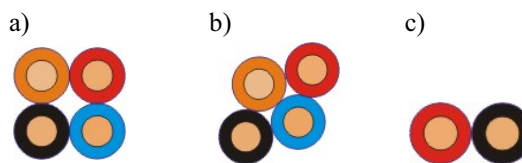
#### B. Uvrtnje parica/četvorki:

Za potrebe širokopoljasnih digitalnih servisa formiranje elemenata upredanja (parica ili četvorka kod DSL kablova) preporučeno je koristiti mašine sa povratnim kretanjem (back twist). Povratno kretanje je proces u kome se dva/četiri izolovana provodnika tokom upredanja delimično okreću i oko sopstvene ose u odnosu na osu uvrtnja provodnika. Ovom tehnikom se postiže izvestan stepen kompenzacije nedostataka koje mogu imati izolovani provodnici nakon izrade (ekscentričnost i neravnomernost penušavosti PE omotača. Stepenn kompenzacije asimetrije provodnika raste sa stepenom povratnog kretanja koji se izražava u procentima i kreće se oko 30% pa naviše. Sa druge strane povećanje procenta povratnog kretanja smanjuje linijsku brzinu izvlačenja parice/četvorke tako da je potrebno odabrati optimalan odnos nivoa kvaliteta prenosnih parametara i ekonomičnosti proizvodnje. Kontrola zatezanja parica je neophodna za postizanje ravnomernog koraka upredanja što direktno utiče na stabilnost i simetriju bakarne parice/četvorke (sl.2). Dužina koraka upredanja ne sme biti velika da se parica ne bi razvrtala u daljem procesu proizvodnje i eksploatacije kao i zbog smanjenja koraka kompenzacije međusobne asimetrije parica u jezgru kabla. Preporučuje se da dužina koraka upredanja parice za prečnik provodnika 0.4mm bude manja od 80mm, odnosno za parice prečnika provodnika 0.6mm, manja od 100mm. Za četvorke, maksimalne vrednosti koraka upredanja mogu biti veće za 20%.



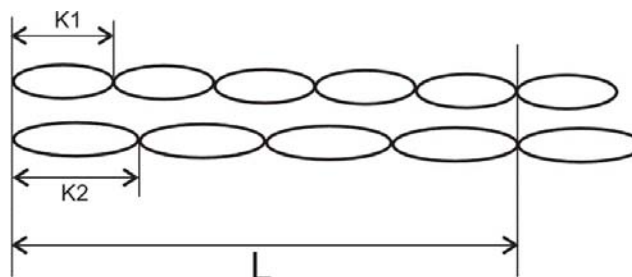
Sl.2. Parica: a) idealna b) nesavršena

Zvezda četvorka (sl.3), zbog svoje forme, ima veću verovatnoću deformacije (sl.3b) u odnosu na paricu. Ova činjenica ide u prilog izboru parice kao osnovnog elementa pouzavanja.



Sl.3. a) idealna ZČ, b) nesavršena ZČ, c) parica

Kod konstrukcije kablova za širokopoljaste sisteme prenosa (DSL kablovi) pažnju treba usmeriti ka konstrukciji elementarnog A sektora (10x2/5x4). Prilikom odabira koraka treba koristiti proračun iz teorije upredanja kablovskih elemenata o međusobnoj usaglašenosti koraka upredanja parica/četvorki. Proračun se bazira na izračunavanju efektivnog koraka upredanja parice koji se dobija na osnovu odabranog koraka upredanja parice i koraka upredanja elementarnog sektora. Biraju se koraci čiji odnos je što približniji odnosu celih brojeva, što su brojevi manji kompenzacija asimetrije je bolja. Na sl.4. je kao ilustracija dat odnos koraka upredanja parica u međusobno paralelnom položaju.



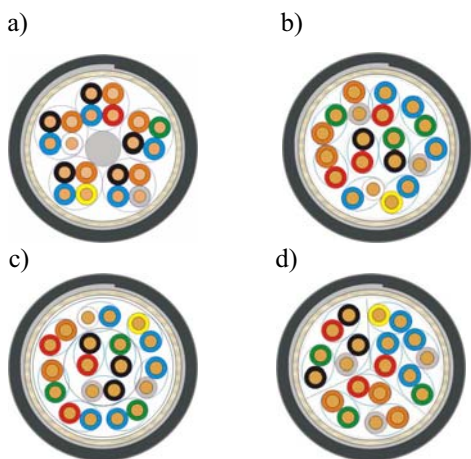
Sl.4. Odnos koraka upredanja parica

Kao što se vidi, nakon dužine L odnos broja koraka prve parice K1 i broja koraka druge parice K2 jednak odnosu celih brojeva. U ovom slučaju to je odnos brojeva 5 i 4. Jasan je i zaključak da manji bojevi obezbeđuju kompenzaciju nesimetrije na kraćoj dužini. U praksi je gotovo nemoguće postići da je odnos koraka upredanja za svake dve parice odnos dva cela broja, zato se teži da razlika između odnosa dva cela broja, recimo  $4/5=0.8$  i odnosa dužina koraka dve parice  $K1/K2$  bude što manji. Prioritetno je što bolje usaglasiti korake međusobno susednih elemenata!

#### C. Elementarni (A) sektori

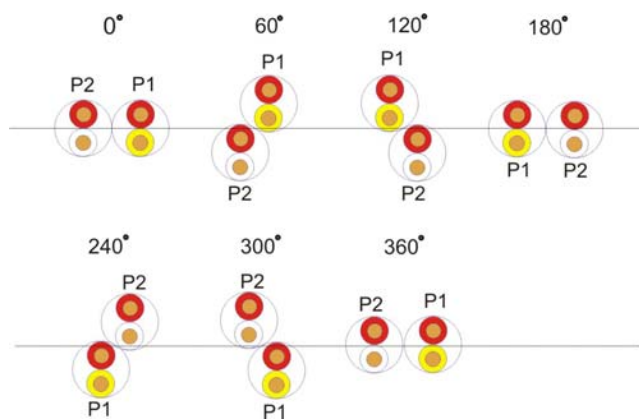
Rezultati izvršenih merenja u ispitnim stanicama proizvođača kablova, pokazala su da je sumarna snaga preslušavanja na bližem kraju (PSNEXT) unutar A sektora /ometajućih parica na ometanu paricu (9:1)/ dominantan parametar koji određuje kvaliteta kabla. Ako se raspodela NEXT-a (PSNEXTA) unutar elementarnog A sektora nalazi u granicama normi za DSL kablove onda će ove norme biti zadovoljene i između susednih odnosno nesusednih A sektora odnosno između parica glavnih E i

D sektora. U praksi, zbirni uticaj ometajućih sistema xDSL tehnologije, osim prostorne raspodele NEXT-a (PSNEXT-a) parica, zavisi i od spektralne gustine snage pojedinih sistema. Primera radi, na paricu koja upošljava ADSL sistem sa DMT linijskim kodom, jači signal smetnje će praviti potencijalni E1 sistem (HDB3, 2B1Q) nesusedne parice nego isti ADSL sistem susedne parice. Pri formiranju elementarnog A sektora, sl.5, bilo da su u pitanju parice ili četvorke, preporučujemo da sve parice/četvorke imaju različite korake upredanja.



Sl. 5. Formacije elementarnih A sektori  
a) 5x4                                      b) 10x2; (2+8)x2  
c) 10x2; (3+7)x2                      d) 10x2; (3x2+3x2+4x2)

Dotatna tehnološka metoda za smanjenje nesimetrije između elemenata upredanja jeste formiranje jezgra elementarnog (A) sektora na mašini za pouzavanje sa planetarnim kretanjem. Planetarni princip pouzavanja obezbeđuje da vertikalne ose elemenata pouzavanja (parica/četvorka/sektor) ostaju međusobno paralelne i ne menjaju svoj ugao u odnosu na ravan pouzavanja tokom procesa upredanja. Ovim se postiže da je međusoban položaj elemenata upredanja (parica) u okviru elementarnog sektora promenljiv i periodično se promeni za 360° na dužini koraka upredanja elementarnog sektora. Na sl.6 data je ilustracija promena međusobnog položaja parica za vreme jedne rotacije mašine sa planetarnim principom kretanja.



Sl.6. Položaj parica kod planetarnog principa kretanja (3+

Stiče se utisak da jedna parica rotira oko druge istovremeno se okrećući oko svoje ose (kao što planete rotiraju oko sunca istovremeno se okrećući oko svoje ose. Dužina koraka uvrtnja elementarnog sektora treba da je u opsegu: **(25-30) x prečnik sektora**. Svaki elementarni A sektor se omata termoplastičnom trakom ili sintetičkom niti bele boje u otvorenoj zavojnici. Početni elementarni sektor u okviru glavnog sektora omata se trakom/niti crvene boje. Glavni nedostatak pouzavaljke sa planetarnim kretanjem jeste mala brzina izvlačenja (formiranja) jezgra (sektora).

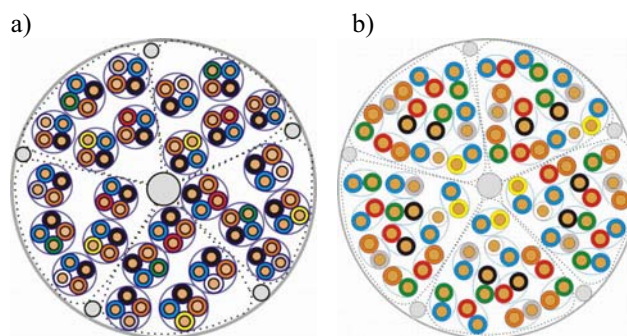
Na tržištu se već duže vreme upotrebljavaju grupni twineri (uvrtači) za formiranje osnovnih A sektora u jednom tehnološkom procesu. Kao osnovni uređaj za uvrtnja parice koristi se vertikalni uvrtač parica sa lirom sa "double twist" (sada i sa triple twist) tehnikom formiranja parice koja se koristi za LAN kablove kategorije 5, 6 i 7. Uređaj koristi princip formiranja parice sa eliminacijom efekta torzije ("zero twist") provodnika koja deformiše izolaciju provodnika čime se povećava asimetrija parice. Istovremeno se izvodi i povratno kretanje (oko 50%) koje dodatno doprinosi većoj simetriji parice. Ovakvih 10 tvinera se sprežu u grupu kojoj se dodaje namatač na kojem se uvrće jezgro elementarnog sektora. Linija je potpuno sinhronizovana, sa centralizovanom kontrolom zatezanja provodnika na odmatračima i namataču. Postoje i linije sa algoritmima za proračun usaglašenih koraka parica. Investicija u ovakvu liniju značajno bi doprinela povećanju kvaliteta kablova kao i njihovoj produktivnosti jer je izlazna brzina od 30 do 50 metara u minuti.

#### D. Glavni E i D sektori

Glavni sektori E (50x2), sl.7. se pouzavaju od elementarnih A sektora u formi:

$$E=5xA, \text{ sl.7a; } A = (5x4), \text{ sl.5a.}$$

$$E=5xA, \text{ sl.7b; } A = (2+8)x2, \text{ Sl.5b. Alternativa } (2+8)x2 \text{ je: } (3+7)x2 \text{ ili } (3x2+3x2+4x2), \text{ sl.5c,d.}$$



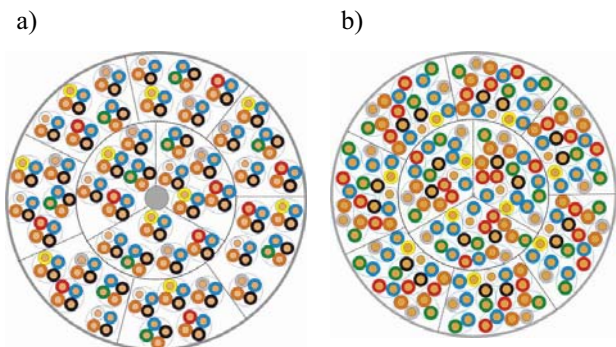
Sl.7. Jezgro glavnog E sektora

$$\text{a) } E=5xA \text{ (} A=5x4 \text{)} \quad \text{b) } E=5xA \text{ (} A=10x2 \text{)}$$

Glavni sektor D(100x2), sl.8. se pouzava od elementarnih A sektora u formi  $D=10xA$  odnosno  $D= (3+7)xA$ .

$$D=10xA, \text{ sl.8a; } A = (5x4), \text{ sl.5a.}$$

$$D=10xA, \text{ sl.8b; } A = (2+8) x 2, \text{ Sl.5b. Alternativa } (2+8)x2 \text{ je: } (3+7)x2 \text{ ili } (3x2+3x2+4x2), \text{ sl.5c,d.}$$



Sl.8. Jezgro glavnog D sektora

a)  $D=(3+7) \times A$ , ( $A=5 \times 4$ )      b)  $D=(3+7) \times A$ , ( $A=10 \times 2$ )

Dominantan uticaj između parica u okviru kablovskog jezgra je između parica unutar elementarnog A sektora.

Ova činjenica omogućava da se glavni sektori mogu pouzavati i na mašini sa rotirajućim namatačem i statičnim odmatačima. Poželjno je napraviti i testirati uzorak ovako formiranog jezgra kablova radi utvrđivanja kvaliteta prenosnih parametara.

Ukoliko postoje mašina sa planetarnim kretanjem kao tehnološki kapaciteti planiranog procesa proizvodnje, onda se za pouzavanje glavnih E i D sektora ista koristi kako bi se smanjile elektromagnetne sprege između parica različitih elementarnih sektora.

Svaki glavni sektor treba omotati termoplastičnom trakom ili sintetičkom niti bele boje u otvorenoj zavojnici. Početna glavna grupa svakog sloja omata se trakom/niti crvene boje.

U zavisnosti od konstrukcije (broja parica/četvorki) jezgro kablova se formira iz elementarnih A odnosno glavnih E i D sektora na principu optimalne prostorne raspodele kablovskih elemenata pouzavanja [8]. Takvo jezgro se standardnim tehnološkim procesom, kao i kod klasičnih TK 59 GM kablova, u jednoj tehnološkoj fazi puni petrolatom za zaštitu jezgra od prodiranja vode, stavlja pojasna izolacija od papirnih ili termoplastičnih traka, nanosi ekran od kopolimerizovane aluminijumske trake i na kraju procesom ekstruzije nanosi bešavni omotač od polietilena.

#### IV. ZAKLJUČAK

Standard IEC 62255 (kablovi za širokopojasne pristupne mreže – DSL kablovi) definiše strožije granične vrednosti primarnih električnih parametara u odnosu na standardne NF kablove (npr. TK-59 GM) i uvodi nove sekundarne parametre prenosa koji opisuju prenosne karakteristike u VF spektru signala. Sa stanovišta kablovske proizvodnje to znači da je neophodno napraviti kablovsko jezgro boljeg kvaliteta od jezgra dosadašnjih NF kablova. To je proces koji zahteva unapređenje konstrukcije kablovskih elemenata upređanja koristeći svo dostupno praktično i teorijsko iskustvo. U kablovskoj industriji Srbije je potrebno uložiti još veći intelektualni napor iz razloga zastarele proizvodne opreme i merne instrumentacije da bi se postigao željeni cilj: proizvodnja kablova sa simetričnim paricama koji će zadovoljiti potrebe širokopojasne pristupne mreže.

#### LITERATURA

- [1] V. Šćepanović - Đ. Kopitović, "Ograničavajući faktori u primeni simetrične parice- Vremenska stabilnost električnih parametara", TELFOR 2002, Beograd.
- [2] Đ. Kopitović - V. Šćepanović, "DSL kablovi u pristupnim mrežama", TELFOR 2006, Beograd.
- [3] *Multicore and symmetrical pair/quad cables for broadband digital communications*, IEC Standard 62255, Geneve, 2005
- [4] V. Šćepanović, "Eksploataciona frekvencija parica jezgra kablova u pristupnoj mreži- ( $\max \text{Attn} + \text{ACR} = \min \text{NEXT}$ ) ", TELFOR 2003, Beograd.
- [5] V. Šćepanović - Đ. Kopitović, "Vremenska stabilnost realne radne frekvencije parica - SNR i ACR kao ograničavajući faktori u pristupnoj mreži", Tehnika br.6, 2003.
- [6] Đ. Kopitović - V. Šćepanović, "Kablovi u stacionarnoj pristupnoj mreži - Ograničavajući faktori kod implementiranja xDSL tehnologije", Telekomunikacije br.1, 2004.
- [7] Đ. Kopitović - V. Šćepanović, "ACR-ograničavajući faktor u poslednjoj milji-Gustina digitalnih kola u pristupnoj mreži", TELFOR 2002, Beograd.
- [8] V. Šćepanović, "Telekomunikacioni kablovi", 1994, Beograd

#### ABSTRACT

This paper deals with problematic of construction and production of cables for xDSL services transmission. It analyses the influence of technological processes on transmission parameters of cable. Through the phases it gives recommendations and directions for construction and production of cables for broadband transmission.

#### CONSTRUCTION OF DSL CABLES FOR BROADBAND ACCESS NETWORK

Đ. Kopitović , V. Šćepanović