

## PROCENA GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE U KABLOVSKIM MREŽAMA SREDNJEG NAPONA ED „JUGOISTOK“ NIŠ

J. SPIRIĆ, Leskovac, Srbija  
M. DOČIĆ, PD „Jugoistok“ d.o.o. Niš – ED Leskovac, Srbija  
S. JOVANOVIĆ, JP EPS Beograd, Srbija  
A. JOVIĆ, PD „Jugoistok“ d.o.o. Niš, Srbija

### UVOD

U radu se delimično koriste metodološke postavke iz rada [1] i [2] zasnovane, pre svega, na ekvivalentiranju opterećenja brojem domaćinstava i originalnom determinističkom pristupu nalaženja gubitaka  $\tau$ -metodom.

Kroz kablovske vodove srednjeg napona (u ED „Jugoistok“ Niš to su vodovi naponskog nivoa 10 kV) prolazi električna energija koju povlače kupci na niskom naponu (kategorije potrošnje: široka potrošnja, potrošnja na niskom naponu, javno osvetljenje), kupci na srednjem naponu (njihova električna energija meri se ispred transformatora SN/NN) i električna energija koja pokriva gubitke u transformatorima SN/NN i vodovima NN. U kablovskoj mreži SN uzeti su u obzir samo kupci koji su prisutni na distributivnim izvodima SN. Čisto „industrijski“ kupci snabdeavaju se sa postojećih „industrijskih“ izvoda SN i oni neće biti predmet razmatranja u ovom radu.

Od energije koju troše nabrojane kategorije potrošnje oko 80% pripada domaćinstvima. To je i razlog da se potrošnja ostalih kategorija i energija gubitaka u TS SN/NN i vodovima NN izraze preko potrošnje u domaćinstvima.

U [1] i [2] je od osnovnog skupa svih izvoda formiran uzorak koji sadrži određen broj izvoda, a ocene o rezultatima sa analiziranog uzorka usvajane su tek nakon utvrđivanja njegove reprezentativnosti. Osnovni razlog za to je bio brojnost skupa. Obim osnovnog skupa u ovom radu je 207 izvoda. Po metodologiji datoj u [1] izračunavaće se gubici snage i energije za sve izvode, a dobijeni rezultati će se obraditi statistički i na osnovu te obrade određiće se tipični predstavnik svih izvoda.

U drugom delu rada se, na osnovu formirane baze podataka o izvodima, određuju prosečne vrednosti pojedinih parametara izvoda. Na osnovu tih prosečnih vrednosti određuje se konačna formula za računanje gubitaka.

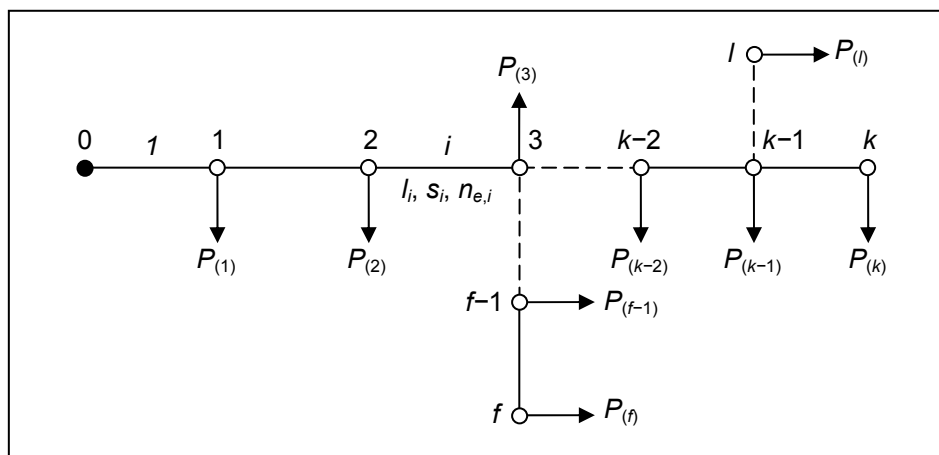
Obradivani su čisto kablovski izvodi i mali broj kablovskih izvoda sa neznatnim prisustvom nadzemnih vodova čija je pojava rezultat objektivnih nemogućnosti da se potrebne veze drugačije realizuju.

U radu se zasebno određuje tipični izvod za područje grada Niša (od 200.000 do 400.000 stanovnika), Leskovca (od 50.000 do 100.000 stanovnika), Prokuplja i Pirota (do 50.000 stanovnika).

## PRIPREMA MODELA ZA FORMIRANJE TIPIČNOG KABLOVSKOG IZVODA SN

Na mnogim realnim gradskim kablovskim mrežama nisu u potpunosti primenjeni osnovni teorijski principi njihovog razvoja. Najčešći razlozi su: neopravdana kašnjenja u formiranju novih izvoda ili u realizaciji novih „izvornih stanica“ VN(SN)/SN, a na račun forsiranja pojedinih postojećih delova razmatranih mreža, povremena „hitna“ rešenja nastala kao posledica prethodnog razloga, nepostojanje strategijskih (studijskih) principskih dugoročnih rešenja i njihovog nepridržavanja, ako postoje.

Ipak, za veće površinske gustine opterećenja i veći broj „izvornih“ stanica sistematski se nameću rešenja bliska međupoveznim vodovima, pa je za očekivanje da je najveći broj izvoda formiran sa stanicama u nizu i uz pojavu odstupanja koja se ogledaju u stanicama koje se javljaju kao odvojci sa glavnog voda izvoda. Takva uopštena šema je i prikazana na slici 1.



Sl. 1 – Uopštena šema jednog kablovskog izvoda SN

Krugovi na slici 1 predstavljaju stanice SN/NN. Stanici  $k-2$  odgovara  $n_{e(k-2)} = a \cdot n_{(k-2)}$ . Ovde je  $n_{(k-2)}$  broj domaćinstava koji se napaja sa ove stanice, dok je  $a$  koeficijent povećanja vršne snage domaćinstava koja se napajaju sa te stanice određen na način dat u [2]. Za nivo izvoda važi:

$$P_{izv} = (\eta \cdot a) \cdot n_{izv} \cdot P_1 = n_{e,izv} \cdot P_1, \quad (1)$$

gde je  $\eta$  koeficijent sažimanja opterećenja raznih tarifnih kategorija sa preporučenom vrednošću između 0,85 i 0,95,  $P_1$  učešće jednog domaćinstva u ukupnoj vršnoj snazi, a  $n_{izv}$  broj potrošača na izvodu. Umesto egzaktnog računanja vrednosti koeficijenta  $a$  i usvajanja vrednosti  $\eta$ , preporučuje se usvajanje proizvoda  $(\eta \cdot a)$  sa vrednostima 1,2, 1,3 i 1,4.

Na svakom elementu izvoda  $i$  između dve stanice ima se procentualni pad napona:

$$\Delta u_i [\%] = \frac{n_{e,i} \cdot P_1 \cdot R_i}{U^2 \cdot \cos \varphi} \cdot 100, \quad (2)$$

gde su:

$n_{e,i}$  – broj ekvivalentnih domaćinstava čije opterećenje prolazi kroz deonicu  $i$ ;

$R_i$  – otpor deonice  $i$  odgovarajuće specifične otpornosti  $\rho_i$  [ $\Omega \text{mm}^2/\text{m}$ ], preseka  $s_i$  [ $\text{mm}^2$ ] i dužine  $l_i$  [ $\text{m}$ ];

$U$  – napon na elementu, iste vrednosti kao i napon na svim elementima;

$\cos \varphi$  – faktor snage na deonici  $i$  za koji se uvodi pretpostavka da je stalne vrednosti.

Postavimo relacije:

$$l_i [\text{m}] = x_i \cdot 450, \quad (3)$$

$$s_i [\text{mm}^2] = y_i \cdot 150, \quad (4)$$

gde  $x_i$  uzima vrednosti manje, jednake ili veće od 1.

U relaciji (4) kablovski vod sa bakarnim provodnicima prevodi se u vod sa aluminijumskim provodnicima. Takođe, specifična otpornost u relaciji (2) uzima vrednost koja odgovara aluminijumskim provodnicima. Prema relaciji (4), preseku provodnika 185 mm<sup>2</sup> odgovara  $y_{i,185} = 1,233$ , preseku 120 mm<sup>2</sup> odgovara  $y_{i,120} = 0,8$ , a preseku 95 mm<sup>2</sup> odgovara  $y_{i,95} = 0,633$ , itd.

Na ovaj način otpor elementa  $l_i$  može se predstaviti izrazom:

$$R_i [\Omega] = 87 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{x_i}{y_i}. \quad (5)$$

Potrebno je proveriti pad napona od početka izvoda do svakog od mogućih krajeva izvoda. Tako je pad napona do npr. tačke  $k$ :

$$\Delta u_{TS-k} [\%] = \frac{0,087}{10^3} \cdot \frac{n_{e,i} \cdot P_1}{\cos \varphi} \cdot \sum_{i=1}^k n_{e,i} \frac{x_i}{y_i}. \quad (6)$$

Linija od početka do nekog kraja voda sa  $\Delta u[\%]=\max$  proglašava se osovinom izvoda.

U relaciji (1) vršna snaga izvoda označena je sa  $P_{izv}$ . Oblik formule za  $P_{izv}$  odlučujuće utiče na procenu gubitaka snage. Izbor formule uslovljen je zahtevom da se u što većoj meri zadovolje ograničenja: dozvoljeno opterećenje transformatora VN/SN ili SN/SN, dozvoljeno opterećenje transformatora SN/NN i dozvoljeno opterećenje provodnika duž izvoda. Formula treba da odslikava energetske prilike, kao što su prosečna godišnja potrošnja kupaca i godišnje časovno iskorišćenje na nivou izvoda srednjeg napona.

Svaki analizirani izvod opterećen je sa  $N_{TS}$  transformatorskih stanica SN/NN i neka je  $n_{e,TS}$  ukupan broj ekvivalentnih domaćinstava koji odgovara takvoj stanici prema relaciji (1).

Opterećenje jednog izvoda računaće se koristeći logiku formule koja se preporučuje u Tehničkim preporukama ED Srbije [3], sa tom razlikom što se ovde primenjuje i za nivo izvoda i što se leva komponenta izraza (7) smanjuje za jednu sedminu.

$$P_{izv} = \left[ n_{e,izv} \cdot 3 \cdot \left( 0,65 + \frac{0,35}{\sqrt{n_{e,izv}}} \right) + 2,86 \cdot n_{e,izv}^{0,88} \right]. \quad (7)$$

Autori smatraju da relacija (7) dobro predstavlja energetske prilike većih gradova (veličine Niša). Za manje gradove, u gornjoj formuli treba podešavati njenu prvu komponentu izborom odgovarajuće vrednosti između 0,8 i 1 kojom će se pomnožiti broj 3.

Ako se ima u vidu  $R_i$  prema relaciji (5), ukupni procentualni gubitak snage na celom izvodu  $j$  prema slici 1, može se računati prema:

$$\Delta p_{u,j} [\%] = \frac{0,087}{10^3} \cdot \frac{P_{1,j}}{n_{e,j} \cdot \cos \varphi} \cdot \left( \sum_{i=1}^3 \frac{x_i}{y_i} \cdot n_{e,i}^2 + \sum_{i=3}^f \frac{x_i}{y_i} \cdot n_{e,i}^2 + \sum_{i=k-1}^l \frac{x_i}{y_i} \cdot n_{e,i}^2 + \frac{x_k}{y_k} \cdot n_{e,k}^2 \right), \quad (8)$$

gde je  $n_{e,j}$  broj ekvivalentnih domaćinstava na izvodu  $j$ .

Za slučaj da je najveći pad napona za vod na slici 1 u tački  $k$ , vod od tačke 0 do tačke  $k$  predstavlja osovinu izvoda, a gubici snage na osovini su:

$$\Delta p_{os,j} [\%] = \frac{0,087}{10^3} \cdot \frac{P_{1,j}}{n_{e,j} \cdot \cos \varphi} \cdot \left( \sum_{i=1}^3 \frac{x_i}{y_i} \cdot n_{e,i}^2 + \frac{x_k}{y_k} \cdot n_{e,k}^2 \right). \quad (9)$$

U gradskim distributivnim kablovskim mrežama SN, gubici energije na osovini izvoda su dominantan deo ukupnih gubitaka. Kvantifikaciju ovog stava moguće je odrediti uvođenjem koeficijenta  $\alpha_j$  koji je definisan u [1, 2] i čija prosečna vrednost  $\alpha_{pr}$  za tretirane kablovske mreže iznosi oko 0,98.

## FORMIRANJE TIPIČNOG KABLOVSKOG IZVODA SN

Na osnovu podataka sa terena, usvojenih pretpostavki i datih relacija nalaze se tačni (približno) gubici vršne snage na svakom izvodu, kao i odgovarajući gubici na osovini svakog izvoda.

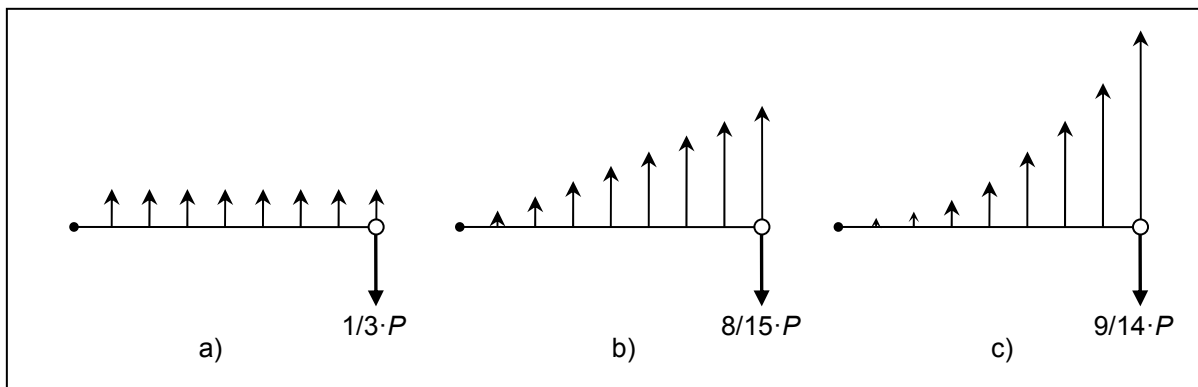
Potrebno je izvršiti i analizu statističke raspodele koeficijenta  $K_r$  koji je mera načina raspodele opterećenja duž voda [4]. Za određenu osovину izvoda sa  $r$  deonica, prema relaciji (6) i uslovu  $\Delta u[\%]=\max$ , definiše se:

$$K_r = \frac{P_{\max}}{P_{sr,kv}} = \frac{P_{izv}}{P_{sr,kv}} = \sqrt{\frac{l_{os} \cdot n_{e,izv}^2}{\sum_{i=1}^r l_i \cdot n_{e,i}^2}}, \quad (10)$$

gde je  $l_{os}$  dužina osovine izvoda, odnosno rastojanje od početka izvoda do tačke na izvodu sa najvećim padom napona.

Formula je prilagođena slici 1, uz već učinjenu pretpostavku da horizontalna linija na ovoj slici predstavlja osovину izvoda. Ističe se da gornja relacija važi uz uslov da su otpornosti deonica jednake po jedinici dužine.

Za slučaj ravnomerne raspodele opterećenja duž kablovskog izvoda SN, teorijska vrednost  $K_r$  je  $\sqrt{3}$ . U tom slučaju, izvod može da se predstavi kao vod opterećen na svom kraju sa 1/3 ukupnog opterećenja, kao što je prikazano na slici 2a. Ako opterećenje raste proporcionalno rastojanju od početka izvoda do njegovog kraja, teorijska vrednost  $K_r$  iznosi  $\sqrt{15/8} = 1,37$  za beskonačan broj odvojaka sa osovine. Tada se izvod može predstaviti kao vod opterećen na svom kraju sa 8/15 ukupnog opterećenja, kao što je prikazano na slici 2b [5]. Ukoliko opterećenje raste sa kvadratom rastojanja od početka izvoda ka njegovom kraju, teorijska vrednost  $K_r$  iznosi 1,247. Onda se izvod može predstaviti kao vod opterećen na svom kraju sa 9/14 ukupnog opterećenja (slika 2c).



Sl. 2 – Ekvivalentiranje šeme izvoda:  
a) vod sa ravnomerno raspodeljenim opterećenjem  
b) vod sa linearno rastućim opterećenjem  
c) vod sa kvadratno rastućim opterećenjem

Određivanjem prosečne vrednosti  $K_r$  za sve izvode počinje realizacija koncepta pojednostavljenja kablovskog izvoda SN u cilju nalaženja procene gubitaka na njemu. Tada relacija (9) dobija oblik:

$$\Delta p_{os,j} [\%] = \frac{M}{10^3} \cdot \frac{P_1}{n_{e,j} \cdot \cos \varphi} \cdot \sum_{i=1}^r \frac{x_i}{y_i} \cdot n_{e,i}^2, \quad (11)$$

gde je:

- $M = 0,029$  – za ravnomerno raspodeljeno opterećenje osovine;
- $M = 0,0464$  – za osovину sa linearno rastućim opterećenjem;
- $M = 0,0559$  – za osovину sa kvadratno rastućim opterećenjem.

Gornje vrednosti  $M$  računate su prema teorijskim vrednostima  $K_r$ .

Način promene opterećenja duž voda može biti i drugačiji. To zavisi od lokacije napojne stanice VN/SN ili SN/SN, rasporeda i veličine površinskog opterećenja kao i od koncepcije formiranja mreže SN. S obzirom da osovina ima ograničen broj odvojaka odnosno deonica, mogu se naći vrednosti  $M(r_{pr})$  za prosečan broj odvojaka ili deonica  $r_{pr}$ , pri čemu se  $r_{pr}$  nalazi prema:

$$r_{pr} = \frac{1}{N_{izv}} \cdot \sum_{j=1}^{N_{izv}} r_j \cdot \quad (12)$$

Za vrednosti  $r_{pr} \in \{2, 3, 4, 5, 6, 7\}$  formirana je tabela za odgovarajuće vrednosti  $M(r_{pr})$  za ravnomerno, linearno rastuće i kvadratno rastuće opterećenje na osovini, počev od početka pa do njenog kraja.

TABELA 1 – Vrednosti  $M(r_{pr})$  za različite tipove opterećenja na osovini izvoda

$r_{pr}$	Vrsta opterećenja na osovini izvoda $M(r_{pr})$		
	Ravnomerno	linearno rastuće	kvadratno rastuće
2	0,0544	0,0628	0,0713
3	0,0451	0,0564	0,0660
4	0,0408	0,0535	0,0634
5	0,0383	0,0519	0,0618
6	0,0367	0,0509	0,0608
7	0,0355	0,0501	0,0601

Neka je za posmatranu mrežu SN, ukupan broj izvoda  $N_{izv}$ , ukupna dužina svih izvoda  $L_u$ , ukupna dužina svih osovina izvoda  $L_{os}$  i ukupan broj domaćinstava  $n_u$ . Koristeći se metodologijom opisanom u [1] i [2], računaju se prosečna ukupna dužina izvoda  $L_{u,pr}$ , koeficijent  $K_L$ , prosečan broj ekvivalentnih domaćinstava po jednom izvodu  $n_{e,pr}$ , koeficijent  $K_S$  i koeficijent  $K_\alpha$ :

$$L_{u,pr} = \frac{L_u}{N_{izv}}, \quad (13)$$

$$L_{os,pr} = K_L \cdot L_{u,pr}, \quad (14)$$

$$n_{e,pr} = \frac{n_{e,u}}{N_{izv}} = \frac{\eta \cdot a \cdot n_u}{N_{izv}}, \quad (15)$$

$$K_S = \frac{p_{50}}{0,333} + \frac{p_{70}}{0,467} + \frac{p_{95}}{0,633} + \frac{p_{120}}{0,8} + \frac{p_{150}}{1} + \frac{p_{185}}{1,233}, \quad (16)$$

$$K_\alpha = 2 - \alpha_{pr}. \quad (17)$$

Koeficijent  $K_L$  možemo nazvati faktorom smanjenja ukupne prosečne dužine izvoda, koeficijent  $K_S$  je faktor koji uzima u obzir eventualno različite preseke na osovini tipičnog izvoda  $p(s_i) = l(s_i)/l_{os}$ , dok je  $K_\alpha$  faktor kojim se gubici na osovini uvećavaju za iznos gubitaka koji nastaju na delovima izvoda van osovine. Podvlači se da treba razlikovati prosečnu dužinu osovine izvoda  $L_{os,pr}$  od proste prosečne dužine izvoda  $L_{u,pr}$ .

Konačno, gubici na tipičnom izvodu jedne obrađene mreže SN su:

$$\Delta p_{izv} [\%] = \frac{M(r_{pr})}{450 \cdot 10^3} \cdot K_\alpha \cdot K_L \cdot K_S \cdot P(n_{e,pr}) \cdot \frac{L_u}{N_{izv}}, \quad (18)$$

Po relaciji (18), na osnovu podataka o dužinama kablova SN, broju izvoda, funkciji  $P(n_{e,pr})$  i koeficijenata  $K_\alpha$ ,  $K_L$  i  $K_S$  koji (respektivno) uzimaju u obzir uticaj gubitaka koji nastaju na delovima izvoda van osovine, redukovane dužine prosečnog izvoda i nejednakosti preseka na gubitke, može se jednostavno odrediti tipičan kablovski izvod SN sa prosečnim gubicima snage.

## GUBITAK ENERGIJE

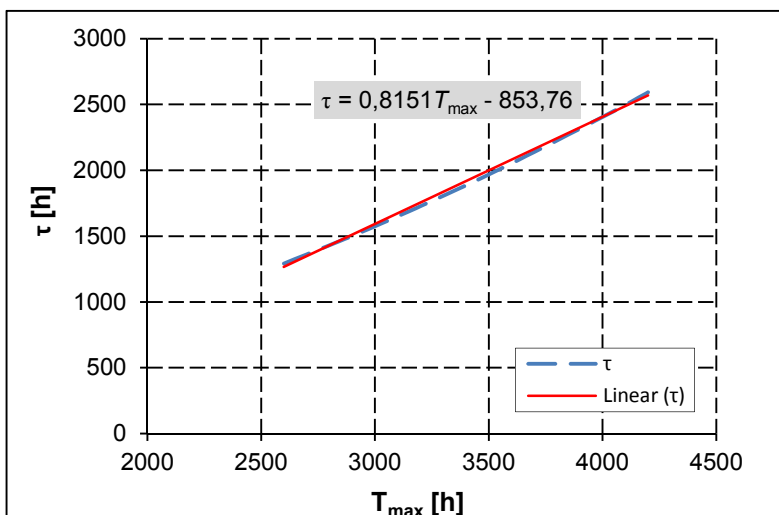
Na osnovu nađenih gubitaka vršne godišnje snage izraženih sa (18) može se koristiti  $\tau$ -metod određivanja godišnjih gubitaka električne energije. Koristeći široko korišćenu formulu Kezeviča [6]:

$$\tau = \left( 0,124 + \frac{T_{\max}}{10000} \right)^2 \cdot 8760, \quad (19)$$

nalazi se vrednost ekvivalentnog vremena trajanja maksimalnih gubitaka snage  $\tau$  na osnovu časovnog godišnjeg iskorišćenja vršne snage  $T_m$ . Krive  $\tau=f(T_m)$  koje uvažavaju uticaj faktora snage  $\cos\varphi$  [6, 2], mogu da se linearizuju u opsegu vrednosti  $T_m$  koje se imaju na posmatranoj mreži SN i nađu u tom opsegu vrednosti  $\tau/T_m$  [2]. Sa tako nađenim vrednostima  $\tau/T_m$  konačno se dolazi do procene procentualnog gubitka energije prema:

$$\Delta w [\%]_{izv} = \Delta p_{izv} [\%] \cdot \frac{\tau}{T_{\max}}. \quad (20)$$

Za razmatranu kablovsku mrežu SN, nakon analize vrednosti  $T_{\max}$ , usvaja se vrednost između 2600 i 4200 h. Na slici 3 dat je dijagram  $\tau=f(T_m)$  za faktor snage  $\cos\varphi=1$ .



Sl. 3 – Zavisnost vremena trajanja maksimalnih gubitaka od vremena trajanja maksimalnog opterećenja

Za uočeni interval vrednosti  $T_{\max}$  vidi se skoro linearan odnos  $T_{\max}$  i  $\tau$ . Za taj interval mogu se naći približni koeficijenti pravca  $\tau/T_{\max}$  i po metodi srednjekvadratnog odstupanja dobijaju se relacije za:

$$\begin{aligned} \cos\varphi = 1; & \quad \tau/T_{\max} = 0,81 \\ \cos\varphi = 0,9; & \quad \tau/T_{\max} = 0,9 \\ \cos\varphi = 0,8; & \quad \tau/T_{\max} = 1 \end{aligned} \quad (21)$$

Konačno, na osnovu relacija (36) i (37) može se za kablovski izvod SN pisati:

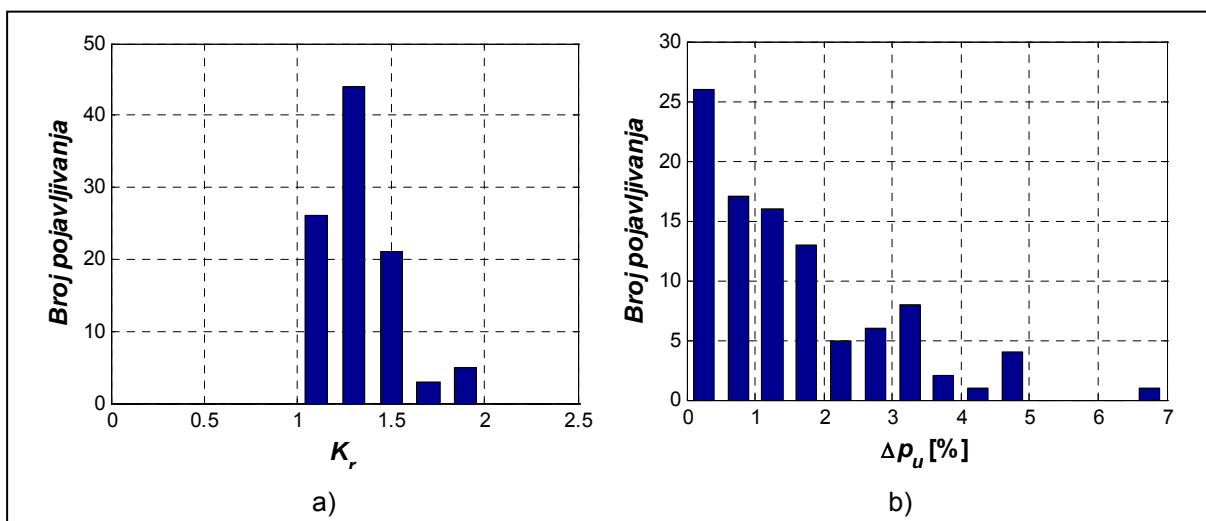
$$\begin{aligned} \Delta w [\%]_{\cos\varphi=1} &= \frac{0,81}{1} \cdot \Delta p_{izv} [\%]_{\cos\varphi=1} \\ \Delta w [\%]_{\cos\varphi=0,9} &= \frac{0,9}{0,9} \cdot \Delta p_{izv} [\%]_{\cos\varphi=1} \\ \Delta w [\%]_{\cos\varphi=0,8} &= \frac{1}{0,8} \cdot \Delta p_{izv} [\%]_{\cos\varphi=1} \end{aligned} \quad (22)$$

## PRIMER

Na osnovu izloženog modela analizirane su kablovske mreže 10 kV Niša, Leskovca i zajedno Pirot i Prokuplja. Kablovske mreže Vranja i Zaječara nisu obrađene zbog nedostatka relevantnih podataka o tim mrežama. Ipak, s obzirom na njihovu strukturu i elektroenergetske parametre potrošnje, njihove procenjene vrednosti se mogu smatrati približnim sa dobijenim rezultatima za Pirot i Prokuplje. Osnove proračuna daće se za Niš.

Ukupan broj domaćinstava je  $n_u = 83935$ . Ukupna dužina vodova 10 kV je  $L_u = 203,873$  km, dok je ukupna dužina svih osovina izvoda  $L_{os} = 173,967$  km. Ukupan broj izvoda je  $N_{izv} = 99$ .

Prosečna vrednost faktora raspodele opterećenja duž voda iznosi  $K_{r,pr} = 1,315$ , a srednje kvadratno odstupanje  $\sigma(K_r) = 0,194$ . Usvaja se raspodela opterećenja pri kojoj je na osovini opterećenje kvadratno rastuće od početka ka kraju voda. Iz Tabele 1, za vrednost  $r_{pr} = 4$ , nalazi se  $M(4) = 0,0634$ .



Sl. 4 – Raspodela faktora za mrežu SN grada Niša:  
a) raspodela opterećenja duž voda  $K_r$  i  
b) raspodela ukupnih gubitaka na izvodima

Raspodela vrednosti  $K_r$  vrši se po zakonu odsečene normalne raspodele sa stepenom odsecanja 0,447 [7].

Za usvojenu vrednost  $\eta \cdot a = 1,4$ , prosečan broj ekvivalentnih domaćinstava na tipičnom izvodu nalazi se prema (15) i iznosi 1186,96. Prema relaciji (7), vršno prosečno opterećenje izvoda ima vrednost  $P(n_{e,pr}) = 3802,4$  kW. Prosečna vrednost koeficijenta  $\alpha_{pr} \approx 0,98$ , pa je  $K_\alpha = 2 - \alpha_{pr} = 1,02$ . Na osnovu relacija (14) i (16) koeficijenti  $K_L$  i  $K_S$  biće 0,85 i 1,724, respektivno.

Gubici na tipičnom kablovskom izvodu, prema relaciji (18), biće:

$$\Delta p_{izv} [\%] = \frac{0,0634}{450 \cdot 10^3} \cdot 1,02 \cdot 0,85 \cdot 1,724 \cdot 3802,4 \cdot \frac{203873}{99} = 1,648$$

Prosečna vrednost gubitaka na izvodima  $\Delta p_u$  [%] jednaka je procentualnim gubicima na razmatranim kablovskim vodovima i iznosi 1,516%. Relativna greška koja se čini prema modelu tipičnog izvoda je -8,71%.

Procentualni gubici električne energije na tipičnom izvodu nalaze se prema jednoj od relacija (22). Tako je za prosečan faktor snage duž izvoda  $\cos\varphi=0,9$ :

$$\Delta w [\%] \Big|_{\cos\varphi=0,9} = \frac{0,9}{0,9} \cdot \Delta p_{izv} [\%] \Big|_{\cos\varphi=1} = 1,648 .$$

Karakteristični podaci i rezultati za Leskovac, Prokuplje i Pirot sa okolinom daće se tabelarno.

TABELA 2 – Karakteristični podaci i rezultati proračuna

	Niš	Leskovac	Pirot i Prokuplje
$n_u$ [dom]	83935	25041	43580
$L_u$ [km]	203,873	86,404	140,891
$L_{os}$ [km]	173,967	74,299	118,932
$N_{izv}$	99	33	75
$n_{e,pr}$ [dom]	1186,86	910,58	697,28
$L_u/N_{izv}$ [km/izv]	2,059	2,618	1,879
$L_{os}/N_{izv}$ [km/izv]	1,757	2,251	1,586
$r_{pr}$ [TS/izv]	4,11	4,15	3,31
$r_{pr,usv}$ [TS/izv]	4	4	3
$M(r_{pr})$	0,0634	0,0634	0,066
$\eta \cdot a$	1,4	1,2	1,2
$K_\alpha$	1,02	1,01	1,01
$K_L$	0,85	0,86	0,84
$K_S$	1,724	1,494	1,824
$P(n_{e,pr})$ [kW]	3802,4	2866,6	2157,7
$\Delta p_{os}$ [%]	1,498	1,385	0,884
$\Delta p_u$ [%]	1,516	1,403	0,896
rel. greška [%]	-8,71	2,14	-2,68
$\Delta w$ [%] <sub>cosφ=0,9</sub>	1,648	1,373	0,92

## ZAKLJUČAK

Na osnovu izloženog modela, moguće je formiranje tipičnog kablovskog izvoda SN. On predstavlja sve kablove razmatrane kablovske mreže SN u pogledu vrednosti gubitaka snage i gubitaka električne energije. Procentualni gubici na tipičnom izvodu, prema relacijama (18) i (20) jednaki su procentualnim gubicima na svim kablovima kablovske mreže SN.

Za mreže sa sličnim karakterističnim parametrima za računanje gubitaka snage mogu se usvojiti dobijene vrednosti  $K_\alpha$ ,  $K_L$  i  $K_S$  ili se mogu i izračunati.

Izraz za  $P(n_{e,pr})$  može se menjati shodno realnim ili planskim vrednostima za svako analizirano područje. Za usvojene ili izračunate prethodne parametre, vrednost procentualnog gubitka snage zavisi samo od ukupnog broja ekvivalentnih domaćinstava, ukupne dužine kablovskih vodova SN, ukupnog broja izvoda i odabrane funkcije  $P(n_{e,pr})$ . Značajan je rezultat da se na osovinaima svih izvoda stvara čak oko 98% svih gubitaka snage.

Analiza gubitaka kablovskih mreža Niša, Leskovca, Prokuplja i Pirota, dale su spoznaju o tome da ih treba tretirati kao mreže SN sa kvadratno rastućim opterećenjem. Ekvivalentiranje svih vodova SN tipičnim kablovskim vodom SN, koji je opterećen opterećenjem na svom kraju, omogućava procenu procentualnih gubitaka sa veoma malom greškom.

## LITERATURA

1. Spirić J., Dočić M., Ivković S., 2009, "Procena gubitaka snage i energije na tipičnom nadzemnom izvodu niskog napona seoskog područja", "Elektroprivreda", „br. 1“, Beograd, str. 31-39.
2. Spirić J., Dočić M., Ivković S., Jović A., 2009, „Procena gubitaka snage i energije na tipičnom nadzemnom izvodu srednjeg napona seoskog područja“, "Elektroprivreda", „br. 4“, Beograd, str. 27-38.
3. 2001, „Zbirka tehničkih preporuka ED Srbije“, „EPS – Direkcija za distribuciju električne energije“, Beograd.
4. Spirić J., 1996, „Optimalno planiranje vangradskih distributivnih mreža srednjeg napona“, doktorska disertacija, „Univerzitet u Beogradu“, „Elektrotehnički fakultet“, Beograd.
5. Rajaković N., Tasić D., 2008, „Distributivne i industrijske mreže“, „Akademska misao“, Beograd.
6. Буслова Н. и др., 1986, „Электрические системы и сети“, „Техніка“, Киев.
7. Korn G., Korn T., 1968, „Mathematical Handbook“, „McGraw-Hill Book Company“, New York, San Francisco, Toronto, London, Sydney.