

PREDLOG ZA POBOLJŠANJE TEHNIČKIH PREPORUKA EPS: TP-3 I TP-12 U SMISLU OPTIMIZACIJE PRIKLJUČENJA ET 110/X kV NA SN SABIRNICE

**Branislav Stevanović, dipl.el.inž.
JP EPS PD "Elektrosrbija" d.o.o. Kraljevo**

SAŽETAK

Stručni rad predstavlja veoma koristan i upotrebljiv prilog za poboljšanje (dopunu) dveju relevantnih tehničkih propisa (preporuka) Elektroprivrede Srbije TP-3 i TP-12 u delu optimizacije izvođenja priključka-priključenja energetskih transformatora (ET) 110/X kV na SN sabirnice.

Stručnim radom se daju bazna promišljanja bitna za rešavanje problematike optimalnog izvođenja priključenja. Polazeći od činjenice da u jednom od pomenuta dva najvažnija dokumenta EPS za elektrodistributivnu delatnost za ovu oblast, u TP-12, o ovoj problematici čak nema ni reči, a da u drugom, u TP-3, nema efektivnog sistemskog prilaza kad je u pitanju korišćenje energetskih kablova, stručnim radom se daju detaljni odgovori kako da se dođe do optimalnog rešenja.

U radu se pokazuje da je sa stanovišta dominantnih kriterijuma, sa stanovišta "investicionih troškova", korišćenje energetskih kablova tipa XHE 49-A u investicionom smislu najbolje rešenje.

U stručnom radu se prave posebni prodori u promišljanju kada su u pitanju energetski kablovi, tako da se autor sugestivno opredeljuje za korišćenje energetskih kablova za priključenje kao "sistema kablovskih vodova" kao najbolje rešenje sa stanovišta propusne moći, simetrije, gubitaka usled cirkulacionih struja i slično.

U radu se daje jasno usmerenje u kom pravcu treba posmatrati i rešavati problematiku sa stanovišta prioriteta, odnosno da je ET taj kome treba udovoljavati-služiti kod optimalnog rešavanja problematike izvođenja priključenje-priključka, a što se često zaboravlja-prenebregava od strane projekatanta kablovskih vodova.

U stručnom radu, autor poziva i ohrabruje dobre poznavaoce energetike, TS 110kV/XkV, relejne zaštite i kablovske tehnike, na harmonizovan nastup u okviru ove veoma zahtevne problematike kako bi se zajedničkim pristupom dao odgovor da li su predložena rešenja optimalna i da li se mogu, sa ili bez novih dopuna, ugraditi kao bitno poboljšanje tehničkih propisa TP-3 i TP-12.

Ključne reči: sistem kablovskih vodova, priključenje, faktor opterećenja, kriterijum, troškovi.

Branislav Stevanović, PD "Elektrosrbija" Kraljevo, banes@edjagodina.co.yu, telefon: 064-8333-597

1. UVOD

U dosadašnjoj praksi izvođenja priključenja energetskih transformatora 110kV/X(10,20,35)kV na SN sabirnice bilo je zastupljeno /4/ na desetine raznih rešenja. Navešćemo samo neka:

- korišćenje bakarnih cevastih sabirnica kod 35kV;
- korišćenje pljosnatih bakarnih sabirnica preko "mostnih konstrukcija" kod 10kV i 20kV;
- korišćenje energetskih kablova tipa XHE 49;
- korišćenje energetskih kablova tipa XHE 49 - A.

U promišljanju problematike date u /4/, a u vezi određivanja polaznih kriterijuma za izbor rešenja priključenja energetskih transformatora 110kV/X(35,20,10)kV na srednjenaponske sabirnice distributivnih transformatorskih stanica TS 110kV/XkV, navedeno je da su to:

- Kriterijum minimalnih troškova;
- Pokazatelji pouzdanosti, sigurnosti i bezbednosti pogona;
- Mogućnosti pregleda i održavanja;
- Pogonska elastičnost.

Analize koje su rađene u /4/, /5/, /6/ i /8/ pokazuju da u konačnom smislu optimizacije navedenih kriterijuma, "Kriterijum minimalnih troškova", ima svoju dominantnu ulogu.

"Kriterijum minimalnih troškova" podrazumeva minimum ukupnih godišnjih troškova posmatranog šemnog rešenja u kome učestvuju sledeće komponente:

- a) investicioni troškovi posmatranog šemnog rešenja, svedenih na jednu godinu;
- b) godišnji troškovi gubitaka, i
- c) godišnji troškovi usled neisporučene električne energije.

Od ove tri komponente troškova daleko dominantnije je učešće investicione komponente.

U stručnom radu se prave posebni prodori u promišljanju kada su u pitanju energetski kablovi, odnosno njihovo korišćenje za izvođenje priključenja ET 110kV/X(10,20,35)kV na SN sabirnice.

Poglavlje 2 daje osvrt na izbor kabla za vezu energetskog transformatora na srednjenaponske sabirnice transformatorskih stanica TS 110kV/X(10,20,35)kV na bazi dozvoljenog strujnog opterećenja kablovskog voda. Ovde autor, koristeći klasičnu metodologiju pristupa proračunima sadržanu u relevantnim propisima, dolazi do jednog veoma interesantnog, uslovno rečeno, "fenomena", na koji se nije obraćala pažnja ni u teorijskim ni praktičnim analizama. U pitanju je disproporcija mogućih ambijentalnih (ne)povoljnosti rada ET i energetskog kabla, kao veza sa SN sabirnicama, u osetljivom periodu: novembar/polovina decembra. U ovom poglavlju se, takođe, na bazi analiza i statističkih istraživanja autora, skreće pažnja na determinističku krutost naših propisa kod definisanja tzv "distributivnog i stalnog opterećenja". Autor predlaže neki vid međustepenice koja je karakteristična za probalistički pristup-gledanje. Pošto ovo nije posebno elaborirano kroz sam rad, autor je uvek stavljao reč probalistički pod znakom navoda.

Poglavlje 3 sadži posebnu sugestivnu smislenost u pogledu opredeljenja za korišćenje energetskih kablova za priključenje kao "sistema kablovskih vodova". Ovo se predlaže kao najbolje rešenje /5/ sa stanovišta propusne moći, simetrije i ukupnih nepovoljnih efekata koje stvaraju gubitci usled cirkulacionih struja i struja u provodnicima kabla, i to ako se kablovi koriste u obliku sistema kablovskih vodova sačinjenih od jednožilnih kablova položenih u trouglu.

Poglavlje 4 obuhvata sažetak svih obimnih i detaljnih proračuna koje je autor uradio kako bi se dao što efektivniji odgovor na postavljene izazove, odnosno da bi se imao što jasniji pregled relevantnih rezultata do kojih se došlo.

Poglavlje 5 je zaključno razmatranje u kojem se daju jasni odgovori i predlozi u smislu moguće dopune-poboljšanja tehničkih propisa EPS: TP-3 i TP-12.

2. IZBOR KABLA ZA VEZU ET 110kV/XkV NA SN SABIRNICE TS 110kV/XkV NA BAZI DOZVOLJENOG STRUJNOG OPTEREĆENJA VODA

2.1. Opšti deo

Posmatrajući prvi deo prvog kriterijuma, dolazimo do činjenice da je neophodno najpre pristupiti optimizaciji po osnovu zadovoljenja relevantnih energetske-termičkih ograničenja i zahteva:

1. Termičke sposobnosti prenosa traženih električnih snaga;
 2. Termička naprežanja po osnovu kratkih spojeva;
 3. Dozvoljenih termičkih naprežanja u nužnom pogonu ET;
- odnosno, i zadovoljenja relevantnih ekološko-estetskih zahteva i ograničenja.

2.2. Dozvoljeno strujno opterećenje srednjenaponskog energetskog kablovskog voda

Strujno opterećenje energetskog kablovskog voda treba da bude ograničeno tako da toplota proizvedena u kابلu koji čini kablovski vod bude odvedena u okolinu i da se ne prekorači maksimalno dozvoljena temperatura provodnika u normalnom pogonu i u kratkom spoju.

Dozvoljeno strujno opterećenje kablovskog voda računa se prema izrazu:

$$I_{\text{doz}} = k_{\text{op}} \cdot k_{\theta_t} \cdot k_{\rho_t} \cdot k_{b_k} \cdot I_{\text{nd}} \dots\dots\dots (1)$$

gde je:

- I_{doz} - dozvoljeno strujno opterećenje kablovskog voda u amperima (A);
- k_{op} - sačinilac promene dozvoljenog strujnog opterećenja voda od faktora opterećenja m ;
- k_{θ_t} - sačinilac promene dozvoljenog strujnog opterećenja voda od temperature tla θ_t ;
- k_{ρ_t} - sačinilac promene dozvoljenog str. opterećenja voda od spec. toplotne otpornosti tla ρ_t ;
- k_{b_k} - sačinilac promene dozvoljenog strujnog opterećenja voda od broja položenih vodova u rovu b_k i međusobnog udaljenja vodova "a";
- I_{nd} - naznačena vrednost dozvoljenog strujnog opterećenja energetskog kabla u A, koju daje proizvođač kablova.

2.2.1. Zavisnost sačinioca promene k_{op} od faktora opterećenja m

Faktor opterećenja m je odnos srednjeg i maksimalnog opterećenja i iznosi: $m=1$ za tzv stalno opterećenje, dok je za promenljivo tzv "distributivno opterećenje" $m=0,7$, i to približno odgovara dnevnom dijagramu opterećenja sa cikličnim smenjivanjem maksimalnog opterećenja od 9 sati, sa opterećenjem u visini 60% maksimalnog opteređenja u narednih 15 sati.

Za trafo stanice 110kV/XkV u gradskim područjima, ima se u zimskom periodu dnevni dijagram opterećenja sa cikličnim smenjivanjem maksimalnog opterećenja u trajanju dužem od 9 sati (/7/, /8/), od 12,5 do 16.5 sati, u proseku reda 14,5 sati. Odnos srednjeg i maksimalnog opterećenja znatno je veći od 0,7 i kreće se u rasponu od $m=(0,85 \div 0,91)$, pa za faktor opterećenja m treba uzeti, a sa stanovišta determinističkog prilaza, vrednost: $m=1$. Sačinilac promene dozvoljenog strujnog opterećenja (k_{op}), deterministički gledano, za $m = 1$, iznosi : **$k_{\text{op}}=0,75$** .

Međutim, "probalistički gledano", a s obzirom na napred navedeno-dato, za sačinilac promene dozvoljenog strujnog opterećenja (k_{op}) trebalo bi uzeti nešto blaži faktor korekcije od 0,75, a za: $m = (0,85 \div 0,91)$. Predlažemo: **$k_{\text{op}}=0,82$** .

2.2.2. Zavisnost sačinioca promene k_{θ_t} od temperature tla θ_t

Sačinilac promene dozvoljenog strujnog opterećenja kablovskog voda od temperature tla (k_{θ_t}) na dubini polaganja kabla i u opsegu temperature tla $\theta_t (+5^{\circ}\text{C} \leq \theta_t \leq +40^{\circ}\text{C})$ računa se prema:

$$k_{\theta_t} = 1 + 0,007 \cdot (20 - \theta_t) \dots\dots\dots (2)$$

U našem slučaju imaće se u zimskom periodu $\theta_t = 5^{\circ}\text{C}$, pa za k_{θ_t} dobijamo da je: **$k_{\theta_t} = 1,1$**

2.2.3. Zavisnost sačinioca k_{pt} od promene specifične toplotne otpornosti tla ρ_t

Specifična toplotna otpornost tla ρ_t zavisi od: vrste tla (šljunjak, pesak, zemlja iz otkopa i sl.) i sadržaja vlage u toku godine. U vreme maksimalnog godišnjeg opterećenja distributivnog konzuma Srbije (zimski period) može se računati sa normalnom vlažnošću tla, kao i sa:

$$\rho_t = 1 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W} \dots\dots\dots(3)$$

Sačinilac promene dozvoljenog strujnog opterećenja kablovskog voda od specifične toplotne otpornosti tla (k_{pt}) može se dobiti iz Tabele 25.2.1. /1/. Za prosečne uslove eksploatacije kablovskih vodova u distributivnom konzumu Srbije (područje van Novog Beograda) date u (3), za sačinilac promene dozvoljenog strujnog opterećenja kablovskog voda od specifične toplotne otpornosti tla ρ_t može se uzeti vrednost: $k_{pt} = 1$.

2.2.4. Zavisnost sačinioca k_{bk} od broja vodova u rovu b_k i međusobnog udaljenja "a"

Sačinilac promene dozvoljenog strujnog opterećenja kablovskog voda od broja položenih vodova (sistema) u rovu b_k i međusobnog udaljenja vodova (sistema) "a", može se dobiti iz Tabele 25.2.2. /1/.

2.2.5. Finalni pristup za proračun dozvoljenog strujnog opterećenje kablovskog voda

a) Deterministički pristup

Dozvoljeno strujno opterećenje kablovskog voda, deterministički gledano (naši propisi se baziraju-uvažavaju ovakav prilaz), treba sada računati prema izrazu:

$$I_{doz} = 0,75 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot k_{bk} \cdot I_{nd} = 0,825 \cdot k_{bk} \cdot I_{nd} = k_{(d)} \cdot I_{nd} \dots\dots\dots(4)$$

b) "Probalistički pristup"

Dozvoljeno strujno opterećenje energetskog kablovskog voda, "probalistički gledano", može se računati prema izrazu:

$$I_{doz} = 0,82 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot k_{bk} \cdot I_{nd} = 0,9 \cdot k_{bk} \cdot I_{nd} = k_{(p)} \cdot I_{nd} \dots\dots\dots(5)$$

2.3. Energetski kablovski povezni vod u službi je energetskog transformatora

Energetski kablovski vod koji služi za vezu energetskog transformatora 110kV/XkV na SN sabirnice TS 110kV/XkV mora biti sposoban da konstantno prenosi svu snagu energetskog transformatora koja se povlači sa SN sabirnicom u svim normalnim uslovima napajanja ED konzuma koji pripada toj TS 110kV/XkV (normalni pogon), kao i u slučaju korišćenja pogona u vanrednim uslovima pri ispadu jednog od dva transformatora u postrojenju te TS.

Prema tome, kada se posmatra ovaj energetski kablovski vod, mora se imati u vidu važna činjenica da je on isključivo u službi energetskog transformatora i mora zadovoljavati sve zahtevane i moguće režime rada energetskog transformatora u ED pogonu. S druge strane:

- a) Energetski transformator je sposoban-konstruisan tako da konstantno daje naznačenu snagu S_n u predviđenom veku trajanja, ako je srednja temperatura ambijenta: $\theta_a = 20^\circ \text{C}$, pod uslovom da temperatura najtoplije tačke namotaja ne prelazi 98°C .
- b) Energetski transformator je sposoban da daje trajno dozvoljenu snagu S_t koja može biti različita od naznačene S_n :

$$S_t = k \cdot S_n \dots\dots\dots(6)$$

gde je k koeficijent opterećenja i iznosi:

$k = 1,16$ za $\theta_a = 0^\circ \text{C}$; $k = 1,08$ za $\theta_a = 10^\circ \text{C}$; $k = 1,00$ za $\theta_a = 20^\circ \text{C}$; $k = 0,91$ za $\theta_a = 30^\circ \text{C}$.

- c) Kod ET 110kV/XkV sa hlađenjem ONAN/ONAF u ED Srbije, a prema standardu JUS N. H1. 016, za "distributivno opterećenje" moraju biti ispunjena i sledeća ograničenja:
- struja namotaja ne sme da pređe 150% naznačne struje ($I \leq 1,5 \cdot I_n$);
 - temperatura najtoplije tačke namotaja ne sme da pređe 140° C, a temperatura najtoplije tačke ulja 115° C;
- d) Dozvoljen je kratkotrajan rad ET u vanrednim uslovima (prinudni pogon) kada su dozvoljena opterećenja i iznad $1,5 \cdot I_n$, ali ni u kom slučaju ne smeju da se prekorače dozvoljene temperature namotaja od 140° C i ulja od 115° C ;
- e) Iz razloga sigurnosti se preporučuje da se i u vanrednim uslovima ne prekorače vrednosti struje od $1,7 \cdot I_n$;
- f) Po nalazima studija razvoja ED mreža Srbije, optimalan razvoj ED mreže i optimalan razvoj i rad TS 110kV/XkV ima se, ako se ET terete u normalnim pogonima do $0,8 \cdot S_n$, a pri ispadu jednog ET, drugi ET se tereti sa $1,2 \cdot S_n$, sve dok se ne izvrši popravka ili zamena ET u kvaru. Druga polovina nedostajuće snage konzuma ove TS pokriva se međupoveznim srednjenaponskim vodovima iz konzuma susednih TS.

2.4. Ambijentalne povoljnosti ET nisu uvek i povoljnosti za energetski kabl !

Ovoga puta želimo da posebnim promišljanjem ukažemo na dva bitna ograničenja koja su prisutna u sprezi "ET-EK" ("energetski transformator-energetski kabl"), a na koja se do sada nije obraćala pažnja, ni u teorijskim, ni u praktičnim analizama stručnjaka.

Metereološki posmatrano na području Srbije skoro svaki treći novembar je "ledeni" na najmanje trećini meseca, a skoro svaki peti je "ledeni" na više od polovine meseca.

Primeru radi, pre pet godina ceo novembar je bio "ledeni", a pre toga smo imali veoma topao i izuzetno suv jesenji period. Nagli prelazak iz leta u zimu "iznenadi" gradske toplane i nastaje veliki udar na elektroenergetski sistem, pre svega na distributivnom nivou.

ET, sa stanovišta ambijentalnih uslova, veoma povoljno primaju ove energetske udare:

- temperatura ambijenta je ispod nule (tačka 2.2. b));
- povećano prirodno hlađenje ET strujanjem vazduha usled vetrova brzina ≥ 2 m/s.

Energetski kabl u tom periodu radi u izuzetno nepovoljnim uslovima:

- S jedne strane on mora verno služiti ET i svu povećanu električnu snagu koju ED konzum zahteva-povlači od istog, da prenosi do SN sabirnice postrojenja TS;
- S druge strane ambijentalni uslovi za sam energetski kabl su veoma nepovoljni:
 - a) Temperatura tla u kojem se nalazi energetski kabl nije stigla da se spusti ispod 12°;
 - b) Tlo je u pogledu vlage na nivou "relativno suvog".

2.5. "Numerička kvantifikacija" pomenutih ograničenja EK u odnosu na povoljnosti ET

a) Ako uzmemo u obzir najblaža ambijentalna ograničenja koja se odnose na energetski kabl, proračunom za sačinioce $k_{\theta t}$ i $k_{\rho t}$ dobijamo: $k_{\theta t} = 1,0525$; $k_{\rho t} = 0,950$.

b) Imajući u vidu dato pod a), za sačinilac $k_{(\theta\rho)t}$, tzv "sačinilac ambijentalnih ograničenja za EK", dobijamo:

$$k_{(\theta\rho)t} = k_{\theta t} \cdot k_{\rho t} = 1,0525 \cdot 0,950 = 1,00 \dots\dots\dots(7)$$

c) Ako se uvaži realna povoljnost za ET (tačka 2.3.b)), onda se isti u posmatranom periodu može "normalno" tereti snagom:

$$S_t = 1,16 \cdot S_n \dots\dots\dots(8)$$

d) Konačno, na bazi (7) i (8), dolazimo do nivoa-stepena "nepovoljnosti" EK u odnosu na "povoljnost" ET, odnosno, nivoa povoljnosti ET u odnosu na EK:

$$K_{ap(ET-EK)} = k / k_{(\theta\rho)t} = 1,16 \dots\dots\dots(9)$$

3. IZBOR ENERGETSKOG KABLA ZA VEZU "ET- SN SABIRNICE TS 110kV/XkV" ZA POVEZNI SISTEM NA BAZI OČEKIVANOG OPTEREĆENJA ENERGETSKOG KABLA

3.1. Strujno opterećenje energetskog kabla kablovskog voda iz "sistema" vodova

Dosadašnja dugogodišnja pozitivna iskustva u praksi "kablovskog" priključenja-povezivanja ET korišćenjem dva kablovska voda za vezu na SN sabirnice kod ET 110kV/35kV, opredeljuju nas da analizu radimo uvažavanjem povezivanja preko energetskih kablova (dva ili više), kad je u pitanju prenošenje potrebne snage od ET do SN sabirnica.

Pojavom kablova savremene UPET tehnologije pre tridesetak godina i konstrukcijama tipa XHE, dobili smo veoma kvalitetne jednožilne kablove izuzetno korisne za povezivanje ET na sabirnice srednjeg napona. U dosadašnjoj praksi primene ovih kablova (15/) pokazano je da je najbolje rešenje sa stanovišta propusne moći, simetrija i ukupnih nepovoljnih efekata koje stvaraju gubitci usled cirkulacionih struja i struja u provodnicima kabla ako se ovi kablovi koriste u obliku sistema kablovskih vodova sačinjenih od jednožilnih kablova položenih u trouglu.

Zadržavanjem sledljive analitičnosti u proračunima na bazi dozvoljenog strujnog opterećenja kablovskih vodova datim u Poglavlju 2, daćemo poseban prilaz kad je u pitanju energetski kabl iz "sistema kablovskih vodova", za koje se opredeljujemo kao dokazano najbolje rešenje.

Ako sa I_k označimo struju koja će opteretiti energetski kabl kablovskog voda u jednom od sistema kod prenosa snage S_t energetskog transformatora, onda imamo:

$$I_k = \frac{S_t}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U} \dots\dots\dots(10)$$

gde je: k - broj kablovskih vodova (sistema) kojima je ET povezan sa SN sabirnice.

Vrednost struje I_k treba da bude manja ili jednaka naznačenoj vrednosti dozvoljenog strujnog opterećenja kabla koju daje proizvođač kablova:

$$I_k \leq I_{nd} \dots\dots\dots(11)$$

Koristeći jednačine (4), (5), (10) i (11), za struju I_k koja će opteretiti energetski kabl u jednom od sistema kod prenosa snage S_t energetskog transformatora, možemo pisati:

a) Deterministički pristup:

$$I_k = \frac{S_t}{0,825 \cdot k \cdot k_{bk} \cdot \sqrt{3} \cdot U} = I_{kd} = \frac{1,21 \cdot S_t}{k \cdot k_{bk} \cdot \sqrt{3} \cdot U} \dots\dots\dots(12)$$

b) "Probalistički pristup":

$$I_k = \frac{S_t}{0,9 \cdot k \cdot k_{bk} \cdot \sqrt{3} \cdot U} = I_{kp} = \frac{1,11 \cdot S_t}{k \cdot k_{bk} \cdot \sqrt{3} \cdot U} \dots\dots\dots(13)$$

4. TEST PRIMERI

Primer1: Detaljni proračuni po principima iz Poglavlja 2 sažeti su u jednu tabelu: TABELA I

Primer2: Detaljni proračuni po principima iz Poglavlja 3 sažeti su u dve tabele: TABELA II i TABELA III.

Primer3: Urađen je i detaljan proračun sa aktuelizacijom uporednih troškova izgradnje-izvođenja priključenja ET na SN sabirnice za sledeća šemna rećenja:

- korišćenje bakarnih cevastih sabirnica kod 35kV;
- korišćenje pljosnatih bakarnih sabirnica preko "mostnih konstrukcija" kod 10kV;
- korišćenje energetskih kablova tipa XHE 49;
- korišćenje energetskih kablova tipa XHE 49 - A.

Zbog obimnosti, dajemo sažete rezultate, samo za ET od 40MVA, u vidu tekstualnog prikaza.

TABELA I Izbor SN kablova tipa XHE 49 (- A) za vezu ET sa SN sabirnicama

broj sistema (a=0,2m)	presek S mm ²	I_{nd} A	k_{bk}	k_(d) deter.	k_(p) prob.	I_{doz(d)} deter. A	I_{doz(p)} prob. A	S_{doz(d)} deter. MVA	S_{doz(p)} prob. MVA
Korišćenje SN kablova XHE 49 - A za vezu ET sa SN sabirnicama 10 kV									
6	400	563	0,67	0,553	0,603	311	339	32,3	35,2
5	500	637	0,69	0,570	0,621	363	396	31,4	34,3
6	500	637	0,67	0,553	0,603	352	384	36,5	39,9
Korišćenje SN kablova XHE 49 za vezu ET sa SN sabirnicama 10 kV									
5	300	604	0,69	0,570	0,621	344	375	29,7	32,4
6	400	703	0,67	0,553	0,603	389	424	40,4	44,0
Korišćenje SN kablova XHE 49 - A za vezu ET sa SN sabirnicama 20 kV									
3	300	493	0,77	0,640	0,693	316	342	32,8	35,5
3	400	559	0,77	0,640	0,693	358	387	37,2	40,2
Korišćenje SN kablova XHE 49 za vezu ET sa SN sabirnicama 20 kV									
2	300	597	0,86	0,710	0,774	424	462	29,3	32,0
3	300	597	0,77	0,640	0,693	382	414	39,7	43,0
2	500	749	0,86	0,710	0,774	532	580	36,8	40,0
Korišćenje SN kablova XHE 49 - A za vezu ET sa SN sabirnicama 35 kV									
2	240	419	0,86	0,71	0,774	297	324	36,0	39,2
2	300	471	0,86	0,71	0,774	334	365	40,4	44,2
Korišćenje SN kablova XHE 49 za vezu ET sa SN sabirnicama 35 kV									
2	185	463	0,86	0,71	0,774	329	358	39,8	43,3
1	300	597	1,00	0,825	0,900	493	537	30,0	32,5
1	500	749	1,00	0,825	0,900	618	674	37,4	40,8

TABELA II Izbor preseka kablova XHE 49(-A) iz "sistema kablova" za vezu "ET-SN sabirnice"

Broj sistema (troug) k	k_{bk}	Naznač. snaga ET S_{nt} MVA	Naznač. napon ET U V	Očekiv. struja kablova I_{kp} A	Presek izabranog kablova S_{Cu} mm ²	Presek izabranog kablova S_{Al} mm ²	Nazn.struja izabranog kablova I_{nd(Scu)} A	Naz.struja izabranog kablova I_{nd(SAl)} A
5	0,69	31,5	10	586	300	500	604	637
6	0,67	31,5	10	503	240	400	556	563
3	0,77	31,5	20	438	185	300	481	493
2	0,86	31,5	35	336	120	185	368	362

TABELA III Izbor preseka kablova XHE 49(-A) iz sistema kablova za vezu "ET-SN sabirnice"

Broj sistem (troug) k	k_{bk}	Naznač. snaga ET S_{nt} MVA	Nazn. napon ET U V	Očekiv. struja kablova I_{kp} A	Presek izabranog kablova S_{Cu} mm ²	Presek izabranog kablova S_{Al} mm ²	Nazn.struja izabranog kablova I_{nd(Scu)} A	Nazn.struja izabranog kablova I_{nd(SAl)} A
6	0,67	40	10	639	400	500	703	637
8[#]	0,64	40	10	501	240	400[#]	556	563[#]
3	0,77	40	20	556	240	400	555	559
2	0,86	40	35	427	185	300	463	471

1. Kod priključenja ET 110kV/10kV sa jedinicom naznačene snage 40 MVA izvedeno sa šest (6) sistema povezanih kablovskih vodova kablovima: $S_{Cu}=400\text{mm}^2$; $S_{Al}=500\text{mm}^2$, rešenje sa "bakarnim" kablovima skuplje je dva puta od rešenja sa "aluminijumskim kablovima".
2. Kod priključenja ET 110kV/20kV sa jedinicom naznačene snage 40 MVA izvedeno sa dva sistema "bakarnih" i tri sistema "aluminijumskih" kablova ($S_{Cu}=500\text{mm}^2$: $S_{Al}=400\text{mm}^2$), rešenje sa bakarnim kablovima skuplje je za 55%.
3. Kod priključenja ET 110kV/35kV sa jedinicom naznačene snage 40 MVA izvedeno sa dva sistema ($S_{Cu}=185\text{mm}^2$: $S_{Al}=300\text{mm}^2$), rešenje sa "bakarnim" kablovima skuplje je za 73%.
4. Rešenje sa korišćenjem energetskih kablova XHE 49 jeftinije je za 20% od rešenja kada se koriste pljosnate bakarne sabirnice vođene preko "mostnih konstrukcija" kod 10kV i 20kV;
5. Rešenje sa korišćenjem energetskih kablova XHE 49 -A jeftinije je za 120% od rešenja kada se koriste pljosnate bakarne sabirnice preko "mostnih konstrukcija" kod 10kV i 20kV.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu svega što je dato u prethodnim poglavljima, može se zaključiti sledeće:

1. **Korišćenje energetskih kablova tipa XHE 49 - A za vezu "ET 110kV/(10,20,35)XkV- SN sabirnice TS 110kV/(10,20,35)XkV" u investicionom smislu je najbolje rešenje.**
2. **Predlaže se da se pristupi tipiziranju optimalnog rešenja u smislu korišćenja "sistema energetskih kablovskih vodova" sačinjenih od jednožilnih kablova položenih u trouglu. Primer:**
 - a) dva sistema za ET 110kV/35XkV, naznačene snage 40 MVA ;
 - b) tri sistema za ET 110kV/20XkV, naznačene snage 40 MVA;
 - c) šest sistema (paran broj) za ET 110kV/10XkV, naznačene snage 40 MVA.
3. **Predlaže se tipizacija preseka energetskih kablova tipa XHE 49 - A u smislu:**
 - a) 300mm^2 za priključenje ET 110kV/35kV;
 - b) 400mm^2 za priključenje ET 110kV/20kV;
 - c) 500mm^2 za priključenje ET 110kV/10kV
4. **Predlaže se da se pristupi poboljšanju (dopuni) tehničkih preporuka EPS TP-3 i TP-12 u smislu predloženog.**
5. **Pozivaju se dobri poznavaoци energetike, kablovske tehnike, TS 110kV/XkV, relejne zaštite na harmonizovan nastup u pogledu dopune i dogradnje predloženih rešenja za dobijanje što efektivnijeg i efikasnijeg optimalnog rešenja.**

LITERATURA:

1. Direkcija za distribuciju EPS: **Tehnička preporuka broj 3 (TP-3)**;
2. Direkcija za distribuciju EPS: **Tehnička preporuka broj 4 (TP-4)**;
3. Direkcija za distribuciju EPS: **Tehnička preporuka broj 12 (TP-12)**;
4. B.Stevanović: **"Korišćenje energetskih kablova za vezu ET 110kV/XkV sa sabirnicama srednjeg napona"** -JUKO CIGRE-19. Simpozijum -R 04-01 (Tara 2006);
5. B.Stevanović: **"Opravdanost primene "kross-bonding" spojnice kod 110kV kablovskih vodova"** - JUKO CIGRE - R B1-04 (V.Banja 2007);
6. B.Stevanović: **"Činioci koji utiču na ekon. izgradnje TS110kV/X(10,20)kV sa posebnim osvrtom na uticaj izbora tipa SN kabla"** - CIRED - R-1.3. (V.Banja 2002.);
7. B.Stevanović: **"Problematika izbora kablova 35 kV za priključak ET kod rekonstrukcija TS 110kV/35kV"** - JUKO CIGRE - R 21-08 (H.Novi 1997.)
8. B.Stevanović: **"Izbor-tipizacija sredjenaponskih (SN) kablova na kozumnom području JP"Elektrosrbija" Kraljevo"** - Studijski rad (1999. godina);
9. Simpozijumi o kablovima: **Zbornici radova**;
10. Savetovanja JUKO CIGRE: **Zbornici radova**
11. Proizvođači kablova: **Katalozi i prospekti.**