



mr. sc. Martina Čorak, dipl.ing.
mr. sc. Branimir Čučić, dipl.ing.
Končar – Distributivni i specijalni transformatori d.d. Zagreb

A2 – 13

ANALIZA POTREBNIH ZAHVATA I TROŠKOVA KOD PREMATANJA I PRESPAJANJA 36.75 kV NAMOTA REGULACIJSKIH TRANSFORMATORA

SAŽETAK

U 110 kV mreži Hrvatske postoji stotinjak regulacijskih transformatora prijenosnog omjera 110/36.75/10.5 kV. Da bi se ti transformatori pri prelasku na direktnu transformaciju i napon 20 kV mogli iskoristiti do kraja njihove životne dobi, potrebno je premotati ili prespojiti 36.75 kV namot tih transformatora.

U referatu je dan pregled potrebnih zahvata prilikom prematanja i prespajanja 36.75 kV namota i usporedba troškova. Predloženo je najekonomičnije rješenje prelaska na direktnu transformaciju uz osvrt na uzemljenje 20 kV mreže.

Ključne riječi: direktna transformacija, prematanje, prespajanje, transformator za uzemljenje

ANALYSIS OF REQUIRED INTERVENTIONS AND COSTS OF REWINDING AND RECONNECTION OF 36.75 kV WINDINGS OF TRANSFORMERS WITH ON- LOAD TAPPING

SUMMARY

In the 110 kV Croatian power network there are about a hundred of transformers with on-load tapping and transformation ratio 110/36.75/10.5 kV. In order to use them until the end of their expected life duration, in the process of transfer to direct transformation and 20 kV voltages, rewinding or reconnection to 36.75 kV winding is required.

Herein, the overview of required interventions in the process of rewinding and reconnection of 36.75 kV windings and cost comparison is given. Also, the most economical solution of transfer to direct transformation is proposed, paying a special attention to 20kV network earthing.

Keywords: direct transformation, rewinding, reconnection, earthing transformer

1. UVOD

Prelazak na direktnu transformaciju u kojoj bi opstao samo 20 kV distribucijski napon zahtjeva zamjenu ili preradu stotinjak transformatora prijenosnog omjera $110\pm 10 \times 1.5\% / 36.75 / 10.5$ kV i grupe spoja YNyn0d5 u mreži HEP-a. Prerada tih transformatora odnosi se na prematanje ili prespajanje 36.75 kV namota. Ako se želi zadržati ista grupa spoja potrebno je premotati 36.75 kV namot čime se dobiva transformator prijenosnog omjera $110\pm 10 \times 1.5\% / 21 / 10.5$ kV i grupe spoja YNyn0d5. Prespajanjem

36.75 kV namota iz zvijezde u trokut dobiva se transformator prijenosnog omjera $110\pm 10 \times 1.5\% / 21.22 / 10.5$ kV i grupe spoja YNd5d5.

Prespajanje namota je ekonomičnije rješenje pri prelasku na direktnu transformaciju, a pogotovo ako je to prespajanje moguće izvesti na terenu.

Dosada su se preferirali transformatori u spoju YNyn0d5 zbog jednostavnijeg uzemljenja srednjenaponske mreže. Ono se izvodilo preko otpornika spojenog u zvjezdšte.

Kod transformatora koji imaju srednjenaponski namot u spoju trokut uzemljenje se može izvesti pomoću transformatora za uzemljenje u čije zvjezdšte se može priključiti otpornik istih karakteristika kao otpornik koji se spaja u zvjezdšte srednjenaponskog namota.

2. PRERADA TRANSFORMATORA

Prerada transformatora koja se izvodi u tvornici je skup zahvat. Zahtjeva planiranje i uvrštenje u plan investicije, dobivanje odobrenja od Direkcije, osiguranje zamjenskog transformatora, demontažu transformatora i montažu zamjenskog, osiguranje kontinuiranog napajanja, transport do tvornice i natrag, preradu u tvornici, demontažu zamjenskog i montažu prerađenog transformatora, te odvoženje zamjenskog. Znatna ušteda je ako se prerada može izvesti na terenu.

U referatu su analizirani potrebni zahvati i troškovi prerade transformatora u tvornici, odnosno na samom terenu kada je to moguće.

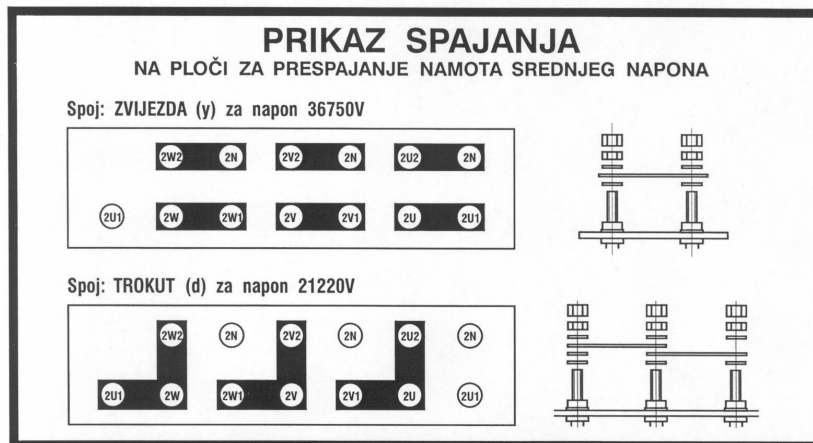
2.1. Prematanje srednjenaponskog namota transformatora

Kod prematanja srednjenaponskog namota potrebno je 36.75 kV namota u spoju YN zamijeniti novim 21 kV namotom u spoju YN. U tom slučaju potrebno je izvaditi aktivni dio iz kotla i izložiti gornji jaram jezgre da bi se mogla demontirati izolacija, namoti i priključci. Pod priključcima smatraju se bakrena užad kojima se povezuju počeci i krajevi namota, spojni elementi, pripadna izolacija i provodni izolatori na poklopcu transformatora. Nakon demontaže potrebno je prema 36.75 kV namotu izraditi proračun novog 21 kV namota. Da bi se namotao novi namot potrebno je nabaviti bakar za namot. Dodatni problem je ako se namot ne može izvesti od profilnog vodiča, nego je potreban transponirani vodič čiji je rok isporuke 2-3 mjeseca. Nakon namatanja namota i izrade novih priključaka i potrebne nove izolacije, ponovno se montira aktivni dio koji se nakon toga suši i montira u kotao. Na samom poklopcu potrebno je preraditi otvore za provodne izolatore na 20 kV strani ako su sada potrebni za veću nazivnu struju. Razmak između provodnih izolatora nije problem jer se prelazi na niži stupanj izolacije. Transformator se zatim vakuumira, puni uljem i nakon odležavanja ispituje.

2.2. Prespajanje srednjenaponskog namota transformatora

Prespajanjem se 36.75 kV namot prespoji iz zvijezde u trokut čime se dobiva 21.22 kV namot. U tom slučaju potrebno je nakon vađenja aktivnog dijela iz kotla demontirati 36.75 kV priključke, te izraditi nove 21.22 kV priključke. Na poklopcu transformatora potrebno je napraviti iste prerade kao i kod prematanja te zatvoriti otvor za priključak zvjezdšta 35 kV strane. I nakon toga se suši aktivni dio, montira u kotao koji se vakuumira, puni uljem i nakon odležavanja i hlađenja transformator se može ispitivati. Vidi se da je ovaj zahvat puno jednostavniji, jeftiniji i brži od prematanja.

Ako postoji dovoljno prostora u kotlu pokraj gornjeg jarma da se montira ploča za prespajanje i prostora na poklopcu za otvor kroz koji se dolazi do ploče, mogu se izvesti svi počeci i krajevi srednjenaponskog namota na ploču. To omogućuje jednostavno prespajanje u beznaponskom stanju 36.75 kV namota u 21.22 kV namot kad se za tim javi potreba. Dobiva se transformator prijenosnog omjera $110\pm 10 \times 1.5\% / 36.75 - 21.22 / 10.5$ kV koji se može koristiti za napajanje mreža 35 kV, 20 kV i 10 kV. A fazni pomak od 150° između 110 kV i 20 kV mreže omogućuje i povezivanje s postojećom 10 kV mrežom koja ima isti fazni pomak. Izgled jedne takve ploče za prespajanje prikazuje slika 1.



Slika1. Ploča za prespajanje zvijezda/trokut srednjenaponskog namota

2.3. Prespajanje srednjenaponskog namota transformatora na terenu

Poznavanjem konstrukcije transformatora prespajanje bi se moglo izvesti i u samoj transformatorskoj stanici. Uvjet za to je da se na terenu može osigurati dizalica koja može podignuti aktivni dio transformatora iz kotla i da bude suho vrijeme da se što manje vlage apsorbira u izolaciji i ulju. Priprema novih 21 kV priključaka prije otvaranja samog transformatora omogućuje da se prespajanje izvede brzo i da nije nužno ponovno sušenje aktivnog dijela transformatora. Ako se nakon ispitivanja izolacije zaključi da je potrebno, može se nakon prespajanja napraviti sušenje ulja i izolacije na terenu.

Prespajanje na terenu može se planirati kada to najmanje smeta potrošačima, a ovisi samo o osiguranju dizalice i vremenskim prilikama.

2.4. Usporedba zahvata

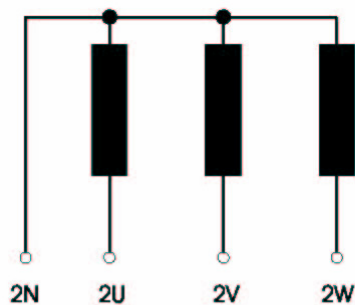
Usporedba potrebnih zahvata na samom transformatoru prilikom prematanja odnosno prespajanja dana je u Tablici I.

Tablica I. Usporedba zahvata prilikom prematanja i prespajanja transformatora

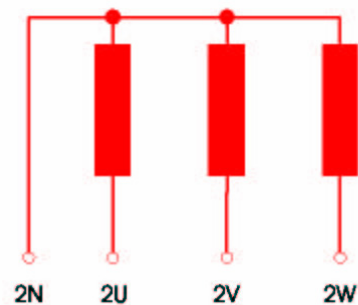
<i>PREMATANJE</i>	<i>PRESPAJANJE</i>	<i>PRESPAJANJE NA TERENU</i>
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Vađenje aktivnog dijela iz kotla ❖ Izlaganje (vađenje) gornjeg jarma ❖ Demontaža izolacije, namota i priključaka ❖ Proračun 21 kV namota ❖ Izrada novog 21 kV namota ❖ Izrada novih 21 kV priključaka ❖ Prerada poklopca zbog eventualne zamjene provodnika na 21 kV strani ❖ Montaža namota 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Vađenje aktivnog dijela iz kotla ❖ Demontaža 36.75 kV priključaka ❖ Izrada novih 21.22 kV priključaka ❖ Prerada poklopca zbog eventualne zamjene provodnika na 21.22 kV strani ❖ Montaža 21.22 kV 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Priprema 21.22 kV priključaka ❖ Vađenje aktivnog dijela iz kotla ❖ Demontaža 36.75 kV priključaka ❖ Prerada poklopca zbog eventualne zamjene provodnika na 21.22 kV strani ❖ Montaža 21.22 kV

<ul style="list-style-type: none"> ❖ Ulaganje gornjeg jarma ❖ Sušenje aktivnog dijela ❖ Montaža aktivnog dijela u kotao ❖ Vakuumiranje, punjenje uljem, odležavanje ❖ Ispitivanje 	<p>priključaka</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Sušenje aktivnog dijela ❖ Montaža aktivnog dijela u kotao ❖ Vakuumiranje, punjenje uljem, odležavanje ❖ Ispitivanje 	<p>priključaka</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Montaža aktivnog dijela u kotao ❖ Vakuumiranje, punjenje uljem, odležavanje ❖ Ispitivanje
Trajanje: <i>min.</i> 5 tjedana	Trajanje: ~3 tjedna	Trajanje: ~5 dana
Cijena: ~40% cijene transformatora	Cijena: ~20% cijene transformatora	Cijena: ~10 % cijene transformatora

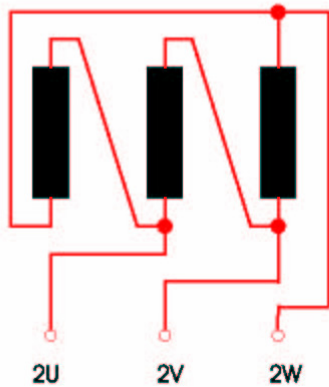
Schema srednjenaponskog namota prilikom navedenih zahvata prikazana je na Slici 2. Crvenom bojom označeni su novi dijelovi namota.



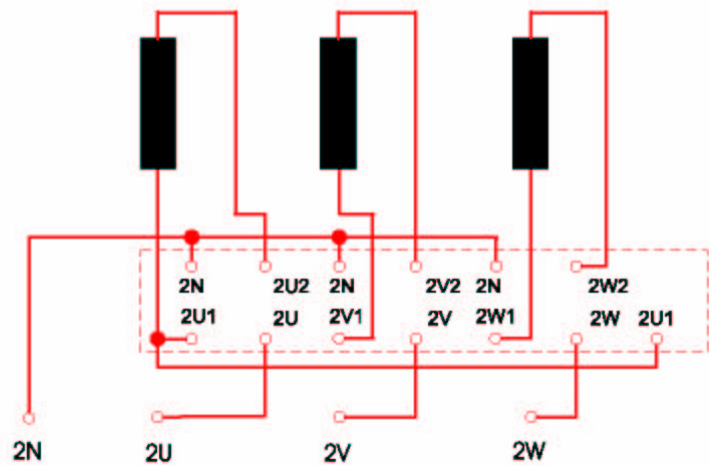
SN NAMOT PRIJE PRERADE
(36.75 kV)



PREMATANJE SN NAMOTA
(21 kV)



PRESPAJANJE SN NAMOTA
(21.22 kV)



**PRESPAJANJE SN NAMOTA
NA PLOČI ISPOD POKLOPCA**
(36.75 kV - 21.22 kV)

(zrcalna slika Slike 1.)

Slika 2. Shema srednjenaponskog namota prije i nakon prerade

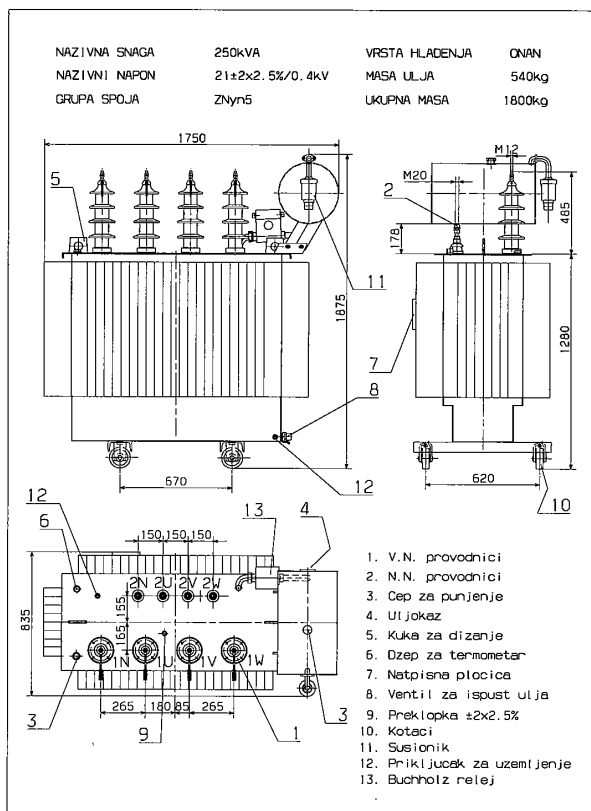
3. TRANSFORMATOR ZA UZEMLJENJE IZOLIRANE 20 KV MREŽE HRVATSKE

Sredjenaponska mreža Hrvatske pretežno je uzemljena preko otpornika za uzemljenje nazivne struje 150 ili 300 A, trajanja 5 s. Za 20 kV mrežu iznosi tih otpornika su 40 ili 80 Ω . Prespajanjem sredjenaponskog namota i zvijezde u trokut javlja se potreba za uzemljenjem 20 kV mreže koju nije više moguće izvesti uzemljenjem zvjezdišta sredjenaponskog namota. Zbog toga bi trebalo uvesti tipizirano rješenje oblikovanja umjetnog zvjezdišta. Kako najčešće u transformatorskim stanicama postoji potreba za transformatorom za vlastitu potrošnju, najekonomičnije rješenje je upotreba transformatora za uzemljenje sa sekundarnim namotom. Snaga sekundarnog namota ovisi o potrebama pojedinih transformatorskih stanica i iznosi 100, 160 ili 250 kVA.

Ekonomične izvedbe transformatora za uzemljenje imaju nultu impedanciju oko 20 Ω /fazi. Direktno uzemljenje 20 kV mreže Hrvatske putem transformatora za uzemljenje zahtijevalo bi transformator za uzemljenje s nultom impedancijom 120 ili 240 Ω /fazi. Takva izvedba znatno poskupljuje transformator i ekonomičnije rješenje je priključenje standardnog otpornika za uzemljenje u nultočku transformatora za uzemljenje. Kako je nulta impedancija transformatora za uzemljenje najvećim dijelom induktivni otpor, njegov doprinos povećanju impedancije otpornika za uzemljenje iznosa 40-80 Ω iznosi reda veličine 1 do 2%.

Nazivna trajna struja glavnog namota takvih transformatora za uzemljenje, ovisno o snazi sekundarnog namota, iznosi od 3 do 7.5 A. Prema IEC 60076-5, dozvoljena gustoća struje kroz glavni namot transformatora za uzemljenje pri trajanju struje zemnog spoja 5 s iznosi oko 62 A/mm². Kako je gustoća struje kod trajne struje oko 3 A/mm², ograničenje struje zemnog spoja na 150 ili 300 A u trajanju od 5 s neće dodatno ili će neznatno povećati tipsku snagu pa i veličinu transformatora za uzemljenje [L2].

Na slici 3. Prikazana je mjerna skica i natpisna pločica jednog takvog transformatora za uzemljenje.



KONČAR		TRANSFORMATOR ZA UZEMLJENJE	
D&ST			
Tip	TBN 290-24	Brj.	
		God.	
1	22050	Frekv.	50 Hz IEC 60076; IEC 60289
2	21525	L125 AC50 / AC3	
3	21000 V	STRUJA NUL TOČKE	
4	20475	Trajno	5 A
5	19950	5 sek.	300 A
POMOĆNI NAMOT	250 kVA	Nulta reakcija ohma/fazi	
	400 V	Hlađenje	ONAN
	361 A	Kl. izol.	A
		Uk.	%
		Grupa spoja	ZNyn5
		Masa ulja	540 kg
		Ukupna masa	1800 kg
MADE IN CROATIA			

Slika 3. Mjerna skica i natpisna pločica transformatora za uzemljenje tip TBN290-24

4. ZAKLJUČAK

Pri prelasku na direktnu transformaciju najekonomičnije rješenje bilo bi prespajanje srednjenaponskog namota na terenu. Kada to nije izvedivo, puno manji troškovi prerade u tvornici su kod prespajanja namota nego kod prematanja.

Kako su neke distribucije otišle već daleko u uvođenju direktne transformacije, postoji veliki broj regulacijskih transformatora u mreži koji su na srednjenaponskoj strani u spoju zvijezda. Ti transformatori ne mogu raditi u paraleli s transformatorima koji bi nastali prespajanjem srednjenaponskog namota. Zbog toga bi bilo dobro izraditi plan preraspodjele transformatora unutar Hrvatske elektroprivrede kojim bi se omogućilo potpuno iskorištenje transformatora koji rade u 20 kV mreži i transformatora dobivenih prespajanjem, te plan nabavke novih transformatora kojim bi se omogućilo najekonomičnije rješenje pri prelasku na direktnu transformaciju.

Izolirana 20 kV mreža može se uzemljiti standardnim otpornicima za uzemljenje preko transformatora za uzemljenje. Transformator za uzemljenje može se najvećim dijelom svoje tipske snage koristiti i kao transformator za vlastitu potrošnju. Na taj način ne nastaju znatni dodatni troškovi uzemljenja mreže. Bilo bi dobro standardizirati parametre transformatora za uzemljenje čime bi se pojednostavila nabavka i snizila cijena.

LITERATURA

- [1] Šimatović I.: Smjernice za izvedbu i tipizaciju transformatora 100/x i 35/x kV prikladnih za prijelaz na napon 20 kV, Drugi simpozij o elektrodistributivnoj djelatnosti, Trogir, 10.-13.05.1998.
- [2] Čorak M.: Transformator za uzemljenje izolirane 20 kV mreže Hrvatske, Peti simpozij o sustavu vođenja elektroenergetskog sistema, Cavtat, 20.-23.10.2002.
- [3] Dolenc A.: Transformatori, I i II dio, Sveučilište, Zagreb, 1962.