

## Pouzdanost napajanja sopstvene potrošnje naizmeni nog niskog napona u transformatorskim stanicama vrlo visoki na visoki napon

DRAGOSLAV M. PERI, Visoka poslovna škola srugovnih studija, Valjevo  
MILADIN R. TANASKOVI, PD „EPS Distribucija“, Beograd

Stru ni rad  
UDC:621.314.2

DOI:10.5937/tehnika1506999P

Sopstvena potrošnja niskog napona (NN) transformatorskih stanica (TS) vrlo visokih napona (VVN) na visoki napon (VN) - TS VVN/VN kV/kV od posebnog je interesa za funkcionisanje ovih zna ajnih TS, pošto obezbe uje napajanje sistema za upravljanje i zaštitu i drugih vitalnih funkcija TS. U lanku je obra eno više karakteristi nih primera koji uklju uju srednjenaponske vodove sa razli itim stepenima nezavisnosti njihovog napajanja, nepouzidane vodove sa dosta TS SN/NN, kao i mogu u primenu direktne transformacije VVN/NN posredstvom specijalizovanih naponskih transformatora dovoljno velike snage. Pored navedenog za napajanje sopstvene potrošnje koriste se i pomo ni izvori kao što su invertori i dizel agregati, koji imaju ograni enu snagu i skupu energiju. Za sve primere izra unati su odgovaraju i pokazatelji pouzdanosti uklju uju i i srednje o ekivano godišnje angažovanje dizel agregata. Na kraju rada analizirana je primenljivost pojedinih rešenja napajanja sopstvene potrošnje TS VVN/VN uzimaju i u obzir njihovu pouzdanost, izvodljivost i ekonomi nost.

**Klju ne re i:** pouzdanost, sopstvena potrošnja, transformatorske stanice, transformacija VVN/NN

### 1. UVOD

Napajanje niskim naizmeni nim naponom (NN) transformatorskih stanica vrlo visoki (npr. 400 kV) na visoki napon (npr. 110 kV) –TS VVN/VN – veoma je zna ajno jer obezbe uje funkcionisanje ovih TS, posebno u havarijskim i predhavarijskim situacijama.

U radu se izra unava pouzdanost napajanja sopstvene potrošnje posredstvom više karakteristi nih kombinacija razli itih izvora i puteva napajanja sa ciljem iznalaženja ostvarivih i ekonomi nih rešenja i uz minimalno potencijalno angažovanje pomo nih izvora (dizel agregata i sl.). Kako bi se obuhvatile sve mogu e kombinacije napajanja NN, polazi se od opšte šeme koja predstavlja uniju mogu ih rešenja.

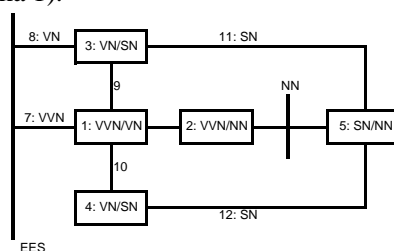
Razvijen je postupak zasnovan na pojednostavljanju opšte šeme, kojim se lako izra unavaju pokazatelji pouzdanosti za razli ite kombinacije napajanja NN. Vodovi i TS koji u estvuju u napajanju NN, modeluju se blokovima [3], [4], iji pokazatelji pouzdanosti se izra unavaju na osnovu pokazatelja opreme.

Za prora une pouzdanosti koriš ena je metoda mi-

nimalnih preseka [2], [3], kao i raspoloživi podaci o pouzdanosti opreme i celih TS [1], [5].

### 2. FUNKCIONALNI DIJAGRAM I MINIMALNI PUTEVI I PRESECI

Za potrebe prora una pouzdanosti napajanja TS VVN/VN niskim naponom (NN) za potrebe sopstvene potrošnje, elektri na šema i njena funkcionalnost prikazuju se funkcionalnim dijagramom. Funkcionalni dijagrami se sastoje od povezanih funkcionalnih blokova (slika 1).



Minimalni putevi EES-NN

8-3-11-5  
7-1-9-3-11-5  
7-1-2  
7-1-10-4-12-5

Minimalni preseki

7	7	7	7	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	3	11	5	8	3	11	5	5	3	3	3	11	11	11	8	8	8	8	8
								10	4	12	10	4	12	9	9	9			
														10	4	12			

Slika 1 - Funkcionalni dijagram

Adresa autora: Dragoslav Peri, Visoka poslovna škola srugovnih studija, Valjevo, Vuka Karadžić a 3a

Rad primljen: 07.09.2015.

Rad prihva en: 26.10.2015.

U funkcionalnom dijagramu EES označava elektroenergetski sistem koji predstavlja apsolutno pouzdan blok. Sa NN su označene sabirnice niskog napona u TS VVN/VN koje se napajanje razmatra. VVN, VN, SN, NN označavaju vrlo visoki, visoki, srednji i niski napon, respektivno. Ovim oznakama su označeni blokovi kojima su predstavljeni vodovi. Blokovi koji predstavljaju transformatorske stanice označeni su istim oznakama kojima su predstavljeni primarni i sekundarni napon razdvojeni kosom crtom (/). Svaki blok ima jedinstvenu brojnu oznaku.

Funkcionalni put može se preslikati u minimalne puteve i minimalne preseke [3]. Put je niz na red vezanih blokova (grana) funkcionalnog dijagrama koji spajaju ulazni (EES) i izlazni (NN) vor, tako da se nijedan blok ne prelazi više puta. Minimalni put u sebi ne sadrži nijedan drugi put. Presek je skup blokova kojim se izostavljanjem prekida veza između ulaznog i izlaznog vora. Minimalni presek u sebi ne sadrži druge preseke. Red preseka je broj blokova u preseku.

Kroz blokove (vodove) 9 i 10 napajanje može da se ostvari samo u jednom smeru, iz pravca bloka 1. Zato se kroz blok 8 EES i NN mogu povezati samo jednim minimalnim putem: 8-3-11-5. Blokovima 7 i 1 počinju preostala tri minimalna puta, kroz blokove 3, 2 i 4, respektivno. Analizom dijagrama sa slike 1. mogu se uočiti 4 minimalna puta, tako je prikazana na slici 1.

Minimalni preseci prikazani su i na slici 1 – devet preseka drugog, šest preseka trećeg i tri preseka četvrtog reda. Pošto ne postoji nijedan blok koji se pojavljuje u svim minimalnim putevima, ne postoji nijedan presek prvog reda. U svim minimalnim putevima osim prvog postoje blokovi 7 i 1; stoga ovi blokovi sa po jednim blokom iz prvog minimalnog puta formiraju sledećih 2x4 minimalna preseka.

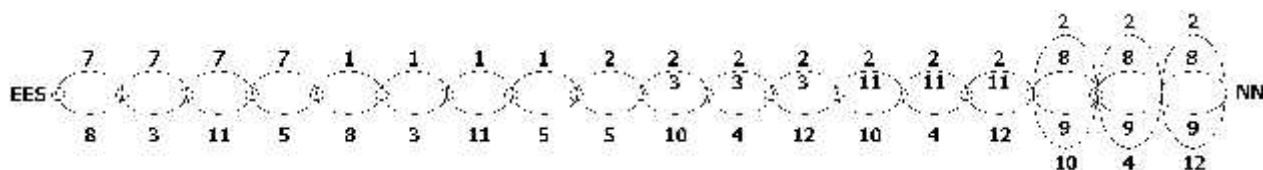
Blok 5 se pojavljuje u 3 minimalna puta i sa blokom 2 iz preostalog minimalnog puta formira još jedan presek drugog reda. Blok 2 ili 3 pojavljuju se u prvih 3 minimalna puta i sa blokovima 10, 4 i 2 iz poslednjeg minimalnog puta formiraju prvih tri preseka trećeg reda. Na slici 1 i blokovi 2 i 11 formiraju drugu trojku preseka trećeg reda.

Preseci četvrtog i petog reda po pravilu se ne uzimaju u obzir jer zamemarivo utiču na pouzdanost – mala verovatnoća da se istovremeno pokvare četiri ili više blokova. Međutim, zbog specifičnosti postupka zasnovanog na izostavljanju blokova, ovde su određeni i preseci četvrtog reda, koji svi sadrže blokove 2, 8 i 9.

Graf minimalnih preseka funkcionalnog dijagrama dat je na slici 1, odakle se vidi da do prekida napajanja NN dolazi kada dođe do kvara svih grana (blokova) jednog, bilo kog od minimalnih preseka. Isti graf se može prikazati u tabelarnom obliku kao u tabeli 1.

Tabela 1. Tabelarni (matricni) prikaz grafa minimalnih preseka

EES	7	7	7	7	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	NN
	8	3	11	5	8	3	11	5	5	3	3	3	11	11	11	8	8	8	
										10	4	12	10	4	12	9	9	9	
																10	4	12	



Slika 2 - Graf minimalnih preseka iz Tabele 1

Neraspoloživost napajanja NN, sa dovoljnom tačnošću, može se opisati opštem izrazu [3]:

$$U = \sum_j^m \left( \prod_{i=1}^{n_j} U_{ji} \right) \tag{1}$$

gde  $m$  predstavlja broj minimalnih preseka,  $n_j$  broj grana (blokova) u preseku  $j$ , a  $U_{ji}$  neraspoloživost grane  $i$  u preseku  $j$ . Za graf sa slike 2, ovaj izraz bi zapeo ovako:

$$U = U_7 U_8 + U_7 U_3 + U_7 U_{11} + U_7 U_5 + U_1 U_8 + \dots \tag{2}$$

Uvernost prekida napajanja izražava se prema opštim izrazima:

$$f = \sum_k P_{Uk} f_k \tag{3}$$

$$P_{Uk} = P\{\bar{S}|k\} - P\{S|k\} \tag{4}$$

gde su indeksom  $k$  označeni blokovi. Verovatnoća da je funkcionalni dijagram neispravan kad je blok  $k$  neispravan,  $P\{\bar{S}|k\}$  određuje se kao stacionarna vrednost neraspoloživosti za graf minimalnih preseka kada se izostavi (prekine) blok  $k$ . Verovatnoća da je funkcionalni dijagram neispravan kad je blok  $k$  ispravan,  $P\{S|k\}$  određuje se kao stacionarna vrednost neraspoloživosti grafa kada se, bez prekidanja grafa,

izostave svi preseki koji sadrže blok  $k$ . Veli ina  $P_{Uk}$ , stoga, predstavlja verovatno u da su funkcionalni dijagram i blok  $k$  u kvaru i da se obnavljanjem bloka  $k$  funkcionalni dijagram vra a u radno stanje.

Na primer, za blok 7, za izra unavanje verovatno e  $P\{\bar{S} | \bar{7}\}$ , graf minimalnih preseka se menja tako da prva 4 preseka postaju preseci prvog reda sa blokovima 8, 3, 11 i 5, respektivno, što odgovara izjedna avanju  $U_{\tau=1}$  u izrazima (1) i (2); za izra unavanje verovatno e  $P\{\bar{S} | 7\}$ , graf se menja tako da se izostavljaju prva 4 preseka (bez prekidanja grafa, tj. zamenjuju se kratkom vezom), što odgovara izjedna avanju  $U_{\tau=0}$ , odnosno brisanju prva 4 sabirka (2).

Funkcionalni dijagram sa slike 1. predstavlja uniju mogu ih rešenja za napajanje NN transformatorskih stanica. Drugim re ima, napajanje NN se obi no ne ostvaruje preko ovalikog broja minimalnih puteva. Sa druge strane, i mogu e složenije unije rešenja i dalje ne e biti toliko složene da se minimalni preseki i minimalni putevi ne bi mogli odrediti neposrednom analizom dijagrama.

Ova injenica je iskoriš ena za slede i postupak izra unavanja pokazatelja pouzdanosti napajanja NN za sve relevantne podskupove rešenja funkcionalnih dijagrama napajanja NN. Postupak se zasniva na pojednostavljivanju dijagrama sa slike 1, tako što se izostavljaju pojedini blokovi:

- Odrediti blokove koji se izostavljaju iz dijagrama (npr. blokovi 2 i 3).
- Bloku iz ta ke 1 dodati i druge blokove koji ostaju izvan funkcije zbog izostavljanja bloka iz ta ke 1 (blokovi 8, 9 i 11).
- U tabeli (matrici) minimalnih preseka (tabela 1.) izostaviti (izjedna iti sa nulom) sve izostavljene blokove (npr. 2, 3, 8, 9 i 11). Time se smanjuje red nekih preseka, pri emu neki od tako dobijenih preseka više nisu minimalni preseki.
- Ukoliko se red barem jednog preseka smanji na nulu, vratiti se na ta ku 1 i odrediti druge preseke za izostavljanje, ina e pre i na slede i korak.
- Izostavi preseke koji nisu minimalni: za svaki presek ispitati da li se sadrži neki drugi presek, i ako takvi preseki postoje izostaviti ih iz tabele.
- Izostaviti preseke koji se ponavljaju – duple preseke (u primeru tako ostaju samo preseci prvog reda: 7-1-5-10-4-12).
- Primenom izraza (1) i (3) izra unati neraspoloživost i u estanost prekida funkcije napajanja NN. U slu ajevima kada se pojavljuju preseci prvog reda koje ini blok  $k$ ,  $P_{Uk}=1$ .
- Vra ati se na korak 1 sve dok postoje nove varijante rešenja za koje treba izra unati pokazatelje pouzdanosti.

Opisani postupak omogu ava izradu ra unarskog programa koji na osnovu podataka pouzdanosti blokova, po etnog grafa minimalnih preseka (matrica iz tabele 1) i liste željenih varijanti rešenja izra unava pouzdanost napajanja NN za sve varijante rešenja. Postupak je tako e primenljiv i za druge probleme sli ne složenosti.

### 3. POKAZATELJI POUZDANOSTI BLOKOVA

Neraspoloživost vodova izra unava se iz izraza:

$$U = \frac{r}{m+r} = \frac{r}{\frac{1}{\lambda} + r} = \frac{\lambda r}{\lambda + r + 1} \quad (5)$$

gde je  $\lambda$  intenzitet otkaza [ $1/(100 \text{ km} \cdot \text{god})$ ], a  $r$  trajanje obnavljanja voda.

Vodovi SN se modeluju kao niz vodova SN i tranzitnog dela u TS SN/NN [4]. Vod SN sastoji se od deonica vodova na ijim krajevima se nalaze tranzitni deo TS SN/NN, koji se sastoji od dva rastavlja a i SN sabirnica (Slika 3).



Slika 3 - Vod SN sa više redno vezanih TS SN/NN

Pokazatelji pouzdanosti bloka voda SN, sa dovoljnom ta noš u, ra unaju se po izrazima:

$$U = \sum_{i=1}^{n+1} U_{vk} + \sum_{i=1}^n (U_{R1} + U_{R2} + U_S) \quad (6)$$

$$f = \sum_{i=1}^{n+1} f_{vk} + \sum_{i=1}^n (f_{R1} + f_{R2} + f_S) \quad (7)$$

gde je  $n$  broj TS SN/NN duž voda,  $n+1$  broj deonica voda, indeksi  $R1$  i  $R2$  odnose se na rastavlja e SN, a indeks  $s$  na sabirnice SN.

Kod TS VVN/VN i TS VN/SN od zna aja su pokazatelji pouzdanosti napajanja voda priklju enog na jednu od sekcija na niženaponskoj strani TS (VN ili SN). SN vod se ne napaja u slu ajevima kada ispadne polovina snage TS na koju je vod priklju en i kada ispadne cela TS:

$$U_i = \frac{u_{i1/2}}{2} + u_{i1} \quad (8)$$

$$f_i = \frac{f_{i1/2}}{2} + f_{i1} \quad (9)$$

gde je indeksom  $i1$  ozna en ispad cele snage, a indeksom  $i1/2$  ispad polovine snage.

Transformatori VVN/NN su specijalna jednofazna konstrukcija naponskog transformatra (NT) snage do

nekoliko stotina kVA, koja se nudi od strane više proizvođača. Za formiranje trofaznog napajanja tri NT se vezuju u zvezdu, a svaka faza na NN se oprema rastavljačem i prekidačem. NN strana naponskih transformatora priključuje se na NN sabirnice NN kablom. Raspoloživost transformacije VVN/NN izražava unata je na osnovu podataka o pouzdanosti elemenata iz [1], [2], [3] uzimajući u obzir i raspoložive podatke naših elektroprivrednih kompanija.

Neraspoloživost naponskog transformatora (NT), prekidača (PR) i rastavljača (RS) računa se iz podataka o u estanosti i trajanju otkaza ove opreme:

$$U_k = f_k r_k; k \in \{NT, PR, RS\} \quad (10)$$

Parametri pouzdanosti tri naponska transformatora vezana u zvezdu izražavaju se korišćenjem izraza:

$$U_{NT3} = 3U_{NT} \quad (11)$$

$$f_{NT3} = 3f_{NT} \quad (12)$$

Neraspoloživost NN kabla  $U_{NN}$  izražava se prema izrazu (5).

Neraspoloživost transformacije VVN/NN izražava se, imajući u vidu funkcionalnu rednu vezu navedenih elemenata, kao:

$$U_{VVN/NN} = U_{NT3} + U_{PR} + U_{RS} + U_{NN} \quad (13)$$

dok se u estanost otkaza izražava unata je:

$$f_{VVN/NN} = f_{NT3} + f_{PR} + f_{RS} + f_{NN} \quad (14)$$

Uobičajeno rešenje za razvod sopstvene potrošnje u TS VN/SN su dva transformatora SN/NN (100% rezerva) sa nesekcionisanim SN sabirnicama i lokalna automatika između u NN prekidača transformatora za sopstvenu potrošnju, koja eliminiše posledice ispada polovine snage, tako da se, pokazatelji pouzdanosti TS SN/NN mogu izražavati unata kao u drugom članu u izrazu (6):

$$U_{SN/NN} = U_{R1} + U_{R2} + U_S \quad (15)$$

$$f_{SN/NN} = f_{R1} + f_{R2} + f_S \quad (16)$$

#### 4. REZULTATI PRORAUNA

Za uniju rešenja napajanja NN prikazano funkcionalnim dijagramom na slici 1, proračunati su pokazatelji pouzdanosti za veličinu i broj varijanti moguće rešenja prikazanih u tabeli 5. Za pokazatelje pouzdanosti opreme korišćeni su pokazatelji pouzdanosti iz tabele 2. [1, 2, 3].

Intenzitet otkaza  $\lambda$  (1/(100km·god)) i trajanje kvarova  $r$  (h) vodova dobijaju se iz statističkih podataka o radu [2], [3], u kojima su dati rasponi veličina.

Tabela 2. Pokazatelji pouzdanosti TS i vodova

i	Oprema	f 10 <sup>-3</sup>	r h
NT	Naponski transformator	0,874	5
PR	Prekidač	1,5	2
RS	Rastavljač	0,7	2
S	Sabirnice sa 2 priključaka	0,025	17,5

Na osnovu ovih raspona i procena koje uvažavaju stanje i podatke u našim elektroprivrednim preduzećima, sačinjen je pregled pokazatelja pouzdanosti vodova i dat u tabeli 3. Pokazatelji pouzdanosti blokova prikazani su u tabeli 4.

Tabela 3. Pokazatelji pouzdanosti vodova

Un [kV]	Vrsta voda	$\lambda$ [1/(100 km·god)]	r [h]
400	nadzemni	0,003	10
110	nadzemni	0,46	10
10	nadzemni	0,9	10
10	podzemni	2	10
0,4	podzemni	0,09	10

Tabela 4. Pokazatelji pouzdanosti blokova

i	TS/vod	U 10 <sup>-6</sup>	F 10 <sup>-3</sup>
1	TS VVN/VN	100,434	12,100
2	Transformacija VVN/NN	1,039	4,849
3, 4	TS VN/SN	112,233	51,000
5	TS SN/NN	0,345	1,425
7	Vod VVN 40 km	1,370	1,200
8, 9, 10	Vod VN 15 km	78,761	68,995
11, 12	Vod SN 5 km	51,367	44,998

Vod SN u tabeli 4 nema usputnih TS SN/NN, tj. namenski je izgrađen za napajanje NN u TS VVN/VN. Polazeći od rezultata dobijenih u [6], izražavate vrednosti za TS VN/SN za H šemu kod koje je poprečna grana opremljena sa dva rastavljača (H2). Vrednosti za šemu TS VVN/VN koja ima dva sistema sabirnica (D) i na primarnoj i na sekundarnoj strani naknadno su izražavati unata kao u [6]. Pokazatelji pouzdanosti za transformaciju VVN/NN izražavati unata su na osnovu izraza (13) i (14). Pokazatelji pouzdanosti vodova izražavati unata su pomoću izraza (5), gde je parametar  $\lambda$  izražavati unata za stvarnu dužinu voda, a dužina voda izražavati unata je u 1/h; u tom slučaju u estanost prekidača napajanja  $f$  brojno je jednaka intenzitetu otkaza  $\lambda$ .

Rezultati proračuna prikazani su u tabeli 5, sortirani prema neraspoloživosti u min/god. Napajanje iz

javne SN mreže preko voda koji se napaja samo iz TS VVN/VN (10-4-12-5) označeno je kao napajanje preko zavisnog voda; napajanje nezavisno od TS VVN/VN (8-3-11-5) označeno je kao napajanje preko nezavisnog voda; napajanje pri kome se TS VN/SN napaja i iz EES i iz TS VVN/VN je napajanje preko nezavisnog voda iz dobro napajane TS. Na slici 3. prikazana je neraspoloživost u min/god za prva 4 rešenja, a na slici 4. za sve varijante rešenja.

Prva tri rešenja odnose se na po jedan od tri navedene vrste SN vodova zajedno sa transformacijom VVN/NN i imaju najmanju i približno istu neraspoloživost upravo zbog dominantne uloge pouzdane transformacije VVN/NN. Četvrto rešenje se odnosi na dva SN voda bez VVN/NN transformacije i ima približno duplo veće neraspoloživost od prva tri.

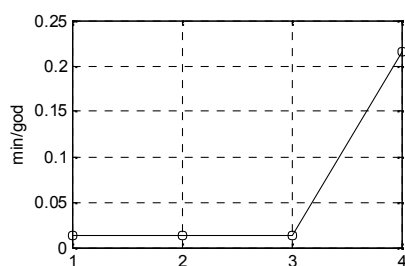
Poslednja tri rešenja sa pojedinim od navedenih vodova daleko su najlošija i prema neraspoloživosti i prema u estanosti prekida, a razlike između u njima su posledica stepena zavisnosti od same TS VVN/VN.

Rešenja sa napajanjem iz transformacije VVN/NN sa (rešenje 5) ili bez (rešenje 6) jednog zavisnog voda imaju približno istu neraspoloživost, s tim da poslednje ima veće neraspoloživost od prva tri.

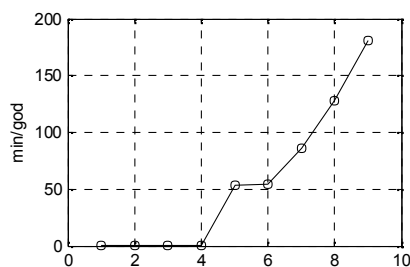
Izbor rešenja zavisi od zahtevane ili projektovane neraspoloživosti. Ukoliko je ona do reda 50 minuta godišnje, što odgovara matematičkom ekvivalentu vremena angažovanja dizel agregata ili drugog pomoćnog izvora, onda je prihvatljivo rešenje napajanje samo iz transformacije VVN/NN; ako se traži bolje rešenje, potrebno je dodati nezavisni SN vod.

Tabela 5. Pokazatelji pouzdanosti napajanja NN za različite varijante napajanja

	Izostavljeni elementi	Napajanje iz SN mreže	Napajanje iz tr. VVN/NN	u	f
				min/god	1/(1000 god)
1	kompletna šema		Da	0,01299	0,0202
2	bez 4, 10 i 12	jedan nezavisni vod iz dobro napajane TS	Da	0,01308	0,0211
3	bez 4, 10, 12 i 9	jedan nezavisni vod	Da	0,01312	0,0215
4	bez 2	jedan nezavisni vod iz dobro napajane TS i jedan zavisni vod	Ne	0,21514	1,4953
5	<b>bez 3, 8, 9 i 11</b>	<b>jedan zavisni vod</b>	<b>Da</b>	53,50831	13,3012
6	<b>samo 7, 1 i 2</b>	<b>Ne</b>	<b>Da</b>	54,05428	18,1484
7	bez 2, 4, 10 i 12	jedan nezavisni vod iz dobro napajane TS	Ne	86,17697	97,4340
8	bez 2, 4, 10, 12 i 9	jedan nezavisni vod	Ne	127,56627	166,3911
9	bez 2 3 8 9 11	jedan zavisni vod	Ne	181,07446	179,6708



Slika 4 - Neraspoloživost (min/god) za varijante napajanja od 1 do 4



Slika 5 - Neraspoloživost (min/god) za sve varijante

Ukupno gledano transformacija VVN/NN daje efekte uporedive sa korišćenjem tercijernog namotaja energetskog transformatora za napajanje NN, s tim da nema nepovoljnog efekta na sam energetski transformator i njegovu zaštitu. Takođe, transformacija VVN/NN se može koristiti i kada energetski transformator nije pod naponom. Iako primena ove transformacije nije uobičajena, s obzirom na navedeno, može se očekivati šira primena transformacije VVN/NN za napajanje sopstvene potrošnje.

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je predložen postupak zasnovan na opštoj šemi kao unija mogu ih rešenja i njenoj sukcesivnoj redukciji na pojedina rešenja. Data je detaljna analiza primera proračuna neraspoloživosti i u estanosti prekida napajanja niskim naponom (sopstvenom potrošnjom) u TS VVN/VN.

Posebno je analiziran uticaj na napajanje sopstvene potrošnje u TS VVN/VN u slučaju napajanja samo

preko transformacije VVN/NN kao izvora NN i u drugom slu aju napajanja NN preko transformacije VVN/NN i jednog zavisnog voda SN iz TS VN/SN koja se napaja iz posmatrane TS VVN/VN. Zna ajno bolji pokazatelji pouzdanosti, od dva posebna slu aja, imaju se u slu ajevima kada se sopstvena potrošnja u TS VVN/VN napaja iz dva nezavisna SN voda i naponskog transformatora VVN/NN (kompletna šema) i kada se NN napaja iz jednog nezavisnog SN voda i naponskog transformatora VVN/NN. U navedenim slu ajevima matemati ko o ekivanje vremena angažovanja dizel agregata kao izvora NN je ispod jedne sekunde godišnje, dok je za posebno analizirane slu ajeve oko jednog sata godišnje.

Ukupno gledano transformacija VVN/NN daje efekte uporedive sa koriš enjem terciernog namotaja energetskog transformatora za napajanje NN, s tim da nema nepovoljnog efekta na sam energetski transformator.

## LITERATURA

- [1] Cigre TB 509, Final Report of the 2004 - 2007 International Enquiry on Reliability of High Voltage Equipment Part 1 - Summary and General Matters Working Group A3.06, October 2012
- [2] J. Nahman, V. Mijailovi , Pouzdanost sistema za distribuciju elektri ne energije, Akademska misao, 2009.
- [3] Nahman, Metode analize pouzdanosti elektroenergetskih sistema, Nau na knjiga, 1992.
- [4] Tanaskovi , T. Bojkovi , D. Peri , Distribucija elektri ne energije, Akademska misao, 2007.
- [5] D. Peri , M. Tanaskovi , N. Petrovi , Reliability of HV/MV substations with air-insulated and gas-insulated switchgear, CIGRE Conference, Paris, paper B3-216, 2014.

## SUMMARY

### RELIABILITY OF SUPPLY OF SWITCHGEAR FOR AUXILIARY LOW VOLTAGE IN SUBSTATIONS EXTRA HIGH VOLTAGE TO HIGH VOLTAGE

*Switchgear for auxiliary low voltage in substations (SS) of extra high voltages (EHV) to high voltage (HV) - SS EHV/HV kV/kV is of special interest for the functioning of these important SS, as it provides a supply for system of protection and other vital functions of SS. The article addresses several characteristic examples involving MV lines with varying degrees of independence of their supply, and the possible application of direct transformation EHV/LV through special voltage transformers. Auxiliary sources such as inverters and diesel generators, which have limited power and expensive energy, are also used for the supply of switchgear for auxiliary low voltage. Corresponding reliability indices are calculated for all examples including mean expected annual engagement of diesel generators. The applicability of certain solutions of switchgear for auxiliary low voltage SS EHV/HV, taking into account their reliability, feasibility and cost-effectiveness is analyzed too. In particular, the analysis of applications of direct transformation EHV/LV for supply of switchgear for auxiliary low voltage, for both new and existing SS EHV/HV.*

**Key words:** Reliability, Switchgear for auxiliary low voltage, Substations, Voltage transformers EHV/LV