

## **ANALIZA IZVEŠTAJA KOMISIJE ZA ISPADE TRANSFORMATORA 110/20 kV ELEKTRODISTRIBUCIJE “SOMBOR”**

Milan Radunović, dipl. ing. el., tel : 025-424-399/231

e-mail : [Milan.Radunovic@so.ev.co.yu](mailto:Milan.Radunovic@so.ev.co.yu)

fax : 025-429-399

Vidoje Mijatović, dipl. ing. el.

PD za distribuciju električne energije “Elektrovojvodina” d.o.o. Novi Sad

Elektrodistribucija “Sombor” , Sombor

Apatinski put bb , 25000 Sombor

### **KRATAK SADRŽAJ**

Isključenje transformatora 110/20 kV iz pogona usled delovanja zaštite dramatičan je događaj za svaku distribuciju jer veliki deo konzuma ostaje bez električne energije. Zato je formirana Komisija za ispade transformatorskih stanica 110/20 kV sa zadatkom da svaki ovakav pogonski događaj registruje i predloži preventivne mere. Elektrodistribucija “Sombor” održava osam transformatorskih stanica 110/20 kV sa ukupno 14 transformatora. Svuda je uveden daljinski nadzor i povećan broj dostupnih informacija za kvalitetniju analizu neregularnih pogonskih stanja.

U radu se analiziraju izveštaji pomenute Komisije od 2001. do 2008. godine za pet transformatorskih stanica (deset transformatora) sa namerom da u situaciji redukovanih investicija u održavanje i zamenu opreme (koja je sva odradila svoj radni vek) odredimo prioritete i smanjimo broj ispada.

Neispravan rad izvodnih prekidača i zaštitnih releja pojavljuju se, između ostalog, kao razlozi ispada transformatora. Uvođenje naponskog nivoa 20 kV sa zvezdištem transformatora uzemljenim preko otpornika donelo je veliki broj prolaznih zemljospojeva (oko 2500 po transformatorskoj stanici godišnje) koje eliminiše izvodna zaštita uz ciklus brzog i sporog automatskog ponovnog uključanja. Izvodni prekidači se uključuju i isključuju, zaštitni releji izvoda i trafo polja se pobuđuju i razbuđuju, počinju i prestaju sa brojanjem vremena. Ovako intenzivan rad povećava mogućnost kvara na pomenutoj opremi za razliku od izolovane mreže gde zemljospoj bude registrovan i najčešće “ignorisan” naredna dva sata.

Ugradnjom zemljospojnih prekidača na tri od pet trafo stanica konzuma ED “Sombor” smanjili smo za sedamdeset pet posto rad izvodnih prekidača i mogućnosti njihovih kvarova. Međutim, broj pobuda zaštitnih releja trafo polja ostaje isti. U analizi ćemo uzeti u obzir specifičnosti opreme na svakoj trafo stanici ponaosob kao i činjenicu da dve još nemaju ugrađene zemljospojne prekidače.

Ključne reči: Komisija, Transformator, Zaštita,

## 1. UVOD

Transformatorske stanice 110/20 kV su mesta gde se sreću elektroprenos i elektrodistribucija. Za elektrodistribuciju to su najznačajnija postrojenja sa najvećim protokom energije tako da zahtevaju posebnu pažnju. Do uvođenja daljinskog nadzora analize neregularnih pogonskih događaja rađene su na osnovu lokalne signalizacije, releja sa zastavicama i brojčanika, sa ozbiljnom mogućnošću greške. Uvođenje daljinskog nadzora i kreativni pristup odabiru signala koji se prenose umnogome je olakšao razumevanje prelaznih pojava. U kombinaciji sa registratorom događaja, za sada prenosnim, koji se ciljno montira posle nedovoljno jasnih pogonskih događaja i čeka njihovo ponavljanje, postigli smo visok nivo spoznaje uzroka prorade zaštita.

Da bi se analizirao rad opreme na transformatorskim stanicama 110/20 kV formirana je u Elektrodistribuciji Sombor Komisija za ispade od tri člana. Za svako reagovanje transformatorskih zaštita koje izazove isključenje transformatora iz pogona pravi se izveštaj u kome se opiše pogonski događaj, uzrok i preduzete mere i predloži šta treba uraditi da se ne ponovi. Ovde će biti analizirani izveštaji Komisije za pet od osam transformatorskih stanica (Sombor 1, Sombor 2, Odžaci, Apatin i Crvenka) od 2001. godine. Transformatorske stanice Vrbas 1, Vrbas 2 i Kula nisu uzete u obzir jer su tek nedavno pripale našoj distribuciji.

Transformatorska stanica 110/20 kV Sombor 1 ima tri dalekovodna polja 110 kV, dva transformatora od po 31,5 MVA, dva sistema oklopljenih glavnih sabirnica 20 kV sa malouljnim prekidačima na kolicima. Zaštita je modularna, smeštena u rekove. Imamo na jednom izvodu montiranu mikroprocesorsku zaštitu smeštenu u prostor demontirane modularne. To je najmlađa transformatorska stanica, napravljena 1984. godine. Deo opreme u postrojenju 110 kV je iz 1964. godine, zadržano od bivše transformatorske stanice 110/35/10 kV.

Ostale četiri transformatorske stanice su pri montaži bile iste. Postrojenje 110 kV imalo je H šemu sa prekidačem spojnog polja 110 kV i dalekovodnim rastavljačima sa motornim pogonima. U transformatorskoj stanici Apatin zbog povezivanja dalekovoda za Beli Manastir postrojenje 110 kV je rekonstruisano u sabirničko sa dva poduzna rastavljača u sabirnicama. Sve četiri transformatorske stanice imaju po dva transformatora 110/20 kV i to Sombor 2, Odžaci i Apatin 2X31,5 MVA a Crvenka 2X20 MVA. Postrojenja 20 kV su na spratu zgrade sa dva sabirnička sistema otvorenih ćelija povezanih spojnim poljem. U dve transformatorske stanice (Crvenka i Apatin) provodni izolatori između ćelija su keramički, a u druge dve epoksidni. Prekidači su malouljni, u novije vreme ugrađen je određen broj vakuumskih. Zaštitna oprema je elektromehanička, elektrostatička ili kombinovana, smeštena u relejne stalke. Ugrađena su dva mikroprocesorska releja. Oprema je proizvedena između 1974. i 1978. godine.

## 2. IZVEŠTAJI KOMISIJE

U periodu od 4.08.2001. godine do 23.01.2008. godine Komisija za ispade ED Sombor napravila je 84 izveštaja. Podaci su uneti u Tabelu broj 1. za transformatore pojedinačno sa uzrocima ispada.

Primećuje se da je najstabilniji transformator broj 2 u transformatorskoj stanici 110/20 kV Apatin bez prinudnog isključenja sve ovo vreme. Najgore je stanje sa transformatorom broj 1 u Odžacima i transformatorom broj 2 u Somboru 2. Ovde treba napomenuti da je transformator broj 2 u Somboru 2 došao u probleme zbog naše želje da usavršimo zemljospojni prekidač, prvi koji je montiran na našem terenu. U toku eksperimentisanja desilo se ovih 12 ispada zbog zaglavljenja polova zemljospojnog prekidača. Problemi su trajno rešeni 2004. godine ugradnjom izvodnog prekidača sa zaštitom za napajanje zemljospojnog prekidača.

Najviše ispada transformatora bilo je usled nepouzdanog rada izvodnih zaštita, pogrešnog reagovanja zaštite transformatorskog polja 20 kV i zaglavljivanja polova zemljospojnog prekidača. U istu ravan došao bi i kvar izvodnog prekidača snage kada saberemo mehaničke kvarove na motornoopružnom pogonu i kontaktne greške na pomoćnim kontaktima i rednim stezaljkama na prekidaču. Kontaktne greške su posledica udara i vibracija prilikom rada motora za namotavanje opruga i reagovanja elektromagneta za uključenje i isključenje. Iz izveštaja Komisije ne vide se češći problemi sa prekidačima snage izvoda 20 kV (kada ne uspe uključenje bilo od APU-a bilo daljinske komande) jer ti pogonski događaji ne iniciraju ispade transformatora. Kontaktne greške u strujnim krugovima zaštite posledica su lošeg održavanja.

Transformatorska stanica	Sombor 1		Sombor 2		Odžaci		Apatin		Crvenka		Ukupno
	ET 1	ET 2	ET 1	ET 2	ET 1	ET 2	ET 1	ET 2	ET 1	ET 2	
transformator											
Zaštita TP 20 kV			2	3	1	2	3			2	13
Zaštita izvoda			1		10	1			2		14
Zaglavljenje ZP				12	1						13
Provodni izolator			2	1	2	2					7
Mehanika PS		1				3	1			1	6
Kontaktna greška PS	1	1			1	2	2			1	8
Izolacija PS			1		1				1	1	4
Ptica Jd										1	1
Kontaktna greška zaštite	1		1		2	1				2	7
Potporni izolatori preskok					1					3	4
Greška pri manipulaciji	1		1	1							3
Kvar u postrojenju 110 kV			1			1					2
Nepravilan rad daljinske stanice			1	1							2
ukupno	3	2	10	18	19	12	6		3	11	84

Tabela broj 1

## 2. 1. Izvodne zaštite

Izvodne zaštite su neregularnim radom izazvale 14 ispada transformatora. Doda li se tome i 7 ispada kao posledica kontaktne greške zaštita to je oko 25 % svih ispada. Problem je dobrim delom nastao nabavkom novih releja koji integrišu kratkospojnu, prekostrujnu i zemljospojnu zaštitu. Zbog lošeg kvaliteta ugrađenih elemenata (kondenzatora) dešavalo se da vremenski članovi ne reaguju posle podešenog već mnogo dužeg vremena tako da su reagovala transformatorske zaštite kao rezerve. Prevaziđeno je servisiranjem opreme i zamenom nepouzdanih elemenata.

Teža situacija je kada transformatorska zaštita reaguje korektno, na hronološkoj listi događaja (HRD) od pojave zemljospoja do prorade zaštite protekne zadato vreme, a obilaskom postrojenja ne uoči se nikakvo oštećenje. Moguć je kvar na izvodu koji izvodna zaštita nije registrovala (najčešće zemljospoj) ili prolazni zemljospoj na sabirnicama. Da bi otklonili sumnje vanredno ispitujemo zaštite svih izvoda u cilju otkrivanja neispravnog releja ili nepouzdanog kontakta. Preskok sa sabirnica na masu bi mogao biti uočen kada bi stari tragovi varnica na sabirnicama i limu bili ofarbani posle svakog ispada transformatora što se najčešće ne radi jer se forsira skraćanje zastoja zbog potrošača. Mogući su i teško uočivi preskoci, na stublinama izvodnih prekidača.

Kontaktne greške zaštite su posledica lošeg održavanja i najčešće se javljaju posle ugrađivanja nove opreme ili zamene neispravne u relejne stalke ako se ne izvrši detaljno ispitivanje. Nastojimo da ih eliminišemo u remontima.

## 2. 2. Zaštita transformatoraskog polja

Najčešći problem sa zaštitom transformatoraskog polja manifestovan je kao skraćanje podešenog vremena. To se uočava na osnovu HRD liste prateći vreme od signala sa otvorenog trougla do delovanja zaštite. Zanimljivo je da se ovo javlja u situacijama kada zemljospoj preraste u međufazni kratki spoj sa velikom strujom kvara i osetnim snižavanjem napona na sabirnicama 20 kV. Releji su bez pomoćnog

napajanja, energija za rad crpi se iz mernih strujnih transformatora jer je snaga potrebna za napajanje tranzistorizovanih članova relativno niska. Mi smo zaključili da kod većih propada napona i velikih struja kroz strujne članove releja dolazi do nepravilnog rada releja i skraćanja vremena. Utoliko pre što ispitivanja neposredno posle nepravilne odrade daju podešene rezultate bez obzira koliko puta proveravali. Releji se ne mogu proglasiti neispravnim već nepouzdanim. Zbog toga smo krenuli u rekonstrukciju koja podrazumeva zamenu vremenskih članova novim koji rade na 110 V JSS iz akumulatorskih baterija kao što je uradio i proizvođač ovih releja sa novijim generacijama.

U tabeli broj 2 prikazani su brojevi APU-a po transformatorima da bi se videlo koliko se puta zaštita transformatorskih polja pobuđuje i počinje da broji dok izvod ne otkloni kvar. U računicu su ubačeni i podaci sa tri razvodna postrojenja 20 kV i dodati transformatorima sa kojih se pomenuta postrojenja napajaju. Uočava se da transformatori sa većim brojem APU-a češće ispadaju. Izuzetak je transformatorska stanica 110/20 kV Sombor 1 u kojoj je najveći deo opreme deset godina kraće u eksploataciji nego kod ostalih.

Broj APU-a sa godinama se smanjuje. To je postignuto ugradnjom zemljospojnih prekidača na transformatorske stanice Sombor 2, Odžaci i Crvenka (nabrojano po redosledu ugradnje). Nismo zadovoljni procentom smanjenja broja APU-a (oko 75 umesto očekivanih preko 90 %) što je uslovljeno slaboizolovanim mestima na mreži. Zemljospojni prekidač eliminiše kvar na fazi na kojoj je registrovan, ali preskok na slaboizolovanom mestu jedne od druge dve "zdrave" faze izaziva isključenje tog ili nekog drugog izvoda i rad uređaja za APU.

U transformatorskim stanicama sa dva transformatora povezana preko zajedničkog otpornika u zvezdištu 20 kV (takve su sve tri pomenute) ugrađuje se samo jedan zemljospojni prekidač. Time dodatno opterećujemo transformatorsku zaštitu onog transformatora na čijie je sabirnica povezan jer se pobuđuje na svako uključenje polova zemljospojnog prekidača bez obzira sa kojih je sabirnica izvod koji je inicirao zemljospoj. To su transformatori broj dva u transformatorskim stanicama 110/20 kV Sombor 2 i Crvenka i transformator broj 1 u Odžacima.

Transformatorska stanica	Sombor 1		Sombor 2		Odžaci		Apatin		Crvenka		Ukupno
	ET 1	ET 2	ET 1	ET 2	ET 1	ET 2	ET 1	ET 2	ET 1	ET 2	
2002. godina	1238	1351	578	1088	2250	1281	386	440	857	1128	10597
2003. godina	1191	951	286	418	1686	1026	405	408	565	850	7786
2004. godina	949	1236	302	540	1819	1101	543	414	689	928	8521
2005. godina	1415	1432	315	604	925	660	472	550	955	955	8283
2006. godina	1199	1153	296	483	778	772	375	387	499	523	6465
2007. godina	1012	809	377	529	678	459	368	361	252	251	5096
Ukupno	7004	6932	2154	3662	8136	5299	2549	2560	3817	4635	

Tabela broj 2

### 2. 3. Nepravilan rad zemljospojnog prekidača

Kao posledica želje da se poljuljano poverenje u mogućnost kvalitetnog rada zemljospojnih prekidača povratu došlo je do 13 ispada transformatorskih polja zbog zaglavljenja polova. Ispitivanja i merenja rađena su u realnim radnim uslovima da bi došli do suštine problema. Ovo se dešavalo od 2002. do 2004. godine. Uvođenjem izvodnog prekidača sa zaštitom za napajanje zemljospojnog prekidača kao tipsko rešenje u Elektrodistribuciji "Sombor" ovaj problem je trajno rešen.

### 2. 4. Kvarovi izvodnih prekidača

Kvarovi izvodnih prekidača izazvali su ukupno 18 ispada transformatora. Kontaktne greške 8 puta, lom delova motornoopružnog pogona 6 puta a proboj izolacije 4 puta. Već je pominjano da su češći problemi kada prekidač ne uključi što se iz ovih izveštaja ne vidi jer ne izaziva ispad ali potrošače nepotrebno dugo ostavlja u mraku. Najteže su havarije kada eksplodira komora malouljnog prekidača i prostorija postrojenja 20 kV bude ispunjena uljnim isparenjima koja mogu izazvati preskoke sa sabirnicama preko potpornih i provodnih izolatora i duže isključenje zbog pranja masnih naslaga. Izvodni prekidači su bili dodatno naprezani prilikom redukcija između 1993. i 2000. godine i prilikom traženja kvarova na izvodima jer pri uključanju na kvar APU biva blokirano.

Zbog ovoga smo se opredelili za zamenu malouljnih prekidača vakuumskim što je i učinjeno u četiri klasične transformatorske stanice u veoma visokom procentu od oko 67 %. Na tom planu najviše je uloženo sredstava u revitalizaciju objekata. U transformatorskoj stanici Sombor 1 sa malouljnim prekidačima na kolicima odlučili smo da u najskorije vreme promenimo kompletno 20 kV postrojenje sa vakuumskim prekidačima. Naravno, i to zavisi od dostupnih sredstava za investicije.

Ugradnja zemljospojnih prekidača drastično smanjuje rad izvodnih. Najbolji primer je izvod Bački Gračac iz TS 110/20 kV Odžaci kome je broj APU-a sa 484 u 2002. godini smanjen na 84 u 2007. godini ili izvod Kruščić iz TS 110/20 kV Crvenka sa 687 na 188.

U tabeli broj 3. prikazani su odvojeno podaci za APU-e za transformatore i razvodna postrojenja koja oni napajaju. Ovo je važno jer nepravilan rad prekidača u razvodnom postrojenju ne izaziva ispad transformatora pošto reaguje zaštita izvoda koji postrojenje napaja. Međutim, svaka pobuda zaštite u razvodnom postrojenju pobuđuje zaštitu tog izvoda i transformatorskog polja.

Transformatorska Stanica sa razvodnim postrojenjem	Sombor 1				Odžaci					
	ET 1	RP Kljaićevo	ET1 +RP	ET 2	ET 1	RP Bač	ET1+ RP	ET 2	RP Bogojevo	ET2+ RP
2002. godina	678	560	1238	1351	1262	988	2250	844	437	1281
2003. godina	734	457	1191	951	877	809	1686	683	343	1026
2004. godina	450	499	949	1236	835	984	1819	788	313	1101
2005. godina	549	866	1415	1432	500	425	925	493	167	660
2006. godina	674	525	1199	1153	395	383	778	446	326	772
2007. godina	550	462	1012	809	271	407	678	304	155	459
Ukupno	3635	3369	7004	6932	4140	3996	8136	3558	1741	5299

Tabela broj 3.

### 2. 4. Kvarovi na sabirnicama

Sve do sada opisano odnosi se na ispad prouzrokovane bilo nepravilnim radom zaštitne opreme transformatorskog polja bilo nepravilnim radom opreme ozvoda gde je transformatorska zaštita delovala kao rezervna. Kvarovi kod kojih je transformatorska zaštita delovala kao osnovna dosta su ređi. Najviše je bilo

ispada usled proboja provodnog izolatora (7), po četiri puta usled proboja potpornih izolatora i izolacije prekidača snage a jedanput je diferencijalna zaštita delovala zbog ptice na izolatoru transformatora.

#### **2. 4. 1. Kvar provodnih izolatora**

U transformatorskim stanicama sa epoksidnim provodnim izolatorima povremeno dolazi do njihovog oštećenja koje izaziva duže zastoje u napajanju velikog broja potrošača. To se nikada nije desilo tamo gde su keramički provodni izolatori. Problem je ostao otvoren jer je potrebno ozbiljno ulaganje u zamenu svih izolatora kvalitetnijim epoksidnim ili keramičkim.

#### **2. 4. 2. Kvar potpornih izolatora**

I ovi izolatori su ugrađeni pre više od trideset godina pa bi trebalo razmišljati o zameni.

#### **2. 4. 3. Proboj izolacije prekidača snage**

Kao što je ranije pomenuto na zameni prekidača snage vakuumskim najviše je učinjeno i taj posao treba dovesti do kraja.

#### **2. 4. 4. Prorada diferencijalne zaštite**

U ovom periodu registrovan je jedan slučaj prorade diferencijalne zaštite usled sletanja ptice na transformator i premoštavanja krilima provodnog izolatora 20 kV. Nismo se ovim ozbiljnije bavili.

#### **2. 4. 5. Ostali ispadi**

Komisija je zabeležila tri ispada usled grešaka pri manipulaciji a po dva usled kvarova u postrojenju 110 kV i nepravilnog rada daljinske stanice. Pooštren je kriterijum za izbor manipulanata iako svi monter obavezno svake druge godine pohađaju obuku i polažu testove. Na nivou "Elektrovojvodine" nabavljena je oprema za merenje parcijalnih pražnjenja pa uz termoviziju očekujemo kvalitetnije održavanje postrojenja 110 kV. Problemi sa daljinskom stanicom javili su se na isti način u dva dana na istom objektu i trajno su rešeni. Desilo se da daljinska stanica pošalje nalog isključenja bez intervencije dispečera.

### **3. 0. ZAKLJUČAK**

Analizom izveštaja Komisije za ispade transformatora 110/20 kV došli smo do redosleda prioriteta za ulaganje nedovoljnih sredstava:

1. Promena zaštitnih releja transformatorskih polja 20 kV mikroprocesorskim,
2. Zamena izvodnih prekidača vakuumskim,
3. Zamena epoksidnih provodnih izolatora kvalitetnijim ili keramičkim,
4. Zamena kablova starijih od 25 godina, rekonstrukcija dalekovoda i poboljšanje izolacije u cilju smanjenja broja zemljospojeva

### **LITERATURA**

1. TS 110/20(10) kV TIPSKO REŠENJE – GLAVNI ELEKTROMONTAŽNI PROJEKAT – POSTROJENJE 110 kV – SVESKA 2A, EV NOVI SAD, NOVEMBAR 1974.
2. TS 110/20(10) kV TIPSKO REŠENJE – GLAVNI ELEKTROMONTAŽNI PROJEKAT – POSTROJENJE 20 kV – SVESKA 2C, EV NOVI SAD, NOVEMBAR 1974.