

ANALIZA RADA TEHNIKE ZEMLJOSPOJNOG PREKIDAČA I PREDLOZI ZA UNAPREĐENJE FUNKCIONISANJA

Budimir Mitrović (B. Mitrović) PD Elektrovojvodina-ED Ruma

1.UVOD

Elektrodistribucija Ruma distribuira električnu energiju u pet sremskih opština. Cela oblast je pokrivena razgranatom sredjenaponskom mrežom, pretežno 20kV naponskog nivoa. Za otklanjanje prolaznih kvarova na sredjenaponskoj mreži koristi se kombinacija tehnike zemljospojnog prekidača i automatike ponovnog uključenja izvoda. Sve trafostanice 110/20kV opremljene su lokalnom SCADA-om i povezane su u sistem daljinskog upravljanja što daje mogućnost praćenja rada rasklopne opreme i jedinstvenog sistema zaštite i upravljanja u režimu kvara. Služba za merenje i zaštitu je izradila analizu rada zaštite i automatike za 2011. godinu. U prvom delu rada su prikazani rezultati uspešnosti tehnike zemljospojnog prekidača i automatskog ponovnog uključenja izvoda. Vrednosti su iskazane u procentima od ukupnog broja kvarova u celoj sredjenaponskoj mreži 20kV naponskog nivoa. U drugom delu su prikazani uočeni nedostaci i dati predlozi za unapređenje rada korišćenjem komunikaciog protokola IEC61850 ili standardnom izvedbom putem žice.

2. KONSTRUKCIJA I PRINCIP RADA ZEMLJOSPOJNOG PREKIDAČA

2.1 Konstrukcija zemljospojnog prekidača

Zemljospojni prekidač (ZP) se sastoji iz prekidačkog dela i automatike. Prekidački deo se sastoji od tri jednopolna prekidača sa nezavisnim pogonima. Svaki od tri jednopolna prekidača se vezuje jednim krajem direktno na jednu fazu sabirnica 20kV, a drugi krajevi su međusobno kratko spojeni i vezani za uzemljeni kraj otpornika u neutrali. U trafo stanicama (TS) u kojima postoji više energetskih transformatora, čije su neutralne tačke uzemljene preko istog otpornika, zemljospojni prekidač, iako je ugrađen na samo jedan sabirnički sistem gasi luk i na izvodima drugih sabirničkih sistema, koji se napajaju sa drugih energetskih transformatora.

Automatika ZP-a je višenamenski, mikroprocesorski uređaj sa potrebnim brojem naponskih i strujnih analognih ulaza, binarnih ulaza i izlaza. Uređaj poseduje funkcije podnaponske, prekostrujne zaštite i potrebnu logiku za realizaciju automatike.

2.2 Princip rada tehnike zemljospojnog prekidača

Automatika registruje u kojoj se fazi dogodio zemljospoj, daje komandu za uključanje onog pola ZP-a koji je vezan na fazu u zemljospoju i nakon isteka vremenske zadržke isti isključi. Identifikaciju faze pogođene zemljospojem vrši funkcija podnaponske zaštite. Pad napona jedne faze ispod podešene vrednosti "obaveštava" automatiku koja je faza pogođena zemljospojem. Da bi automatika dala nalog za uključanje ZP-a potrebno je da u isto vreme kroz neutralu 20kV jednog od transformatora proteče struja zemljospoja. Ovaj uslov je uveden da bi sprečili uključanje ZP-a u slučaju da se napon jedne faze smanji iz drugih razloga (APU u mreži 110kV i 400kV, ispad zaštitnog automata u sekundarnim naponskim krugovima merne ćelije 20kV).

Na naponske analogne ulaze uređaja automatike ZP-a dovode se fazni naponi sekundarnih naponskih krugova iz pripadajuće merne ćelije, a na analogne strujne ulaze sekundarne struje sa reduktora u neutrali svih energetske transformatora.

Automatika treba da da nalog za uključanje ZP-a u fazi pogođenoj kvarom, tj. da uzemli fazu sabirnica 20kV koja je pogođena kvarom. Nakon toga se luk na mestu kvara gasi, pošto struja kvara više ne teče kroz mesto kvara, već kroz zatvoreni pol ZP-a. Za vreme dok je prekidač uključen fazni naponi zdravih faza porastu do vrednosti međufaznih napona, fazni napon faze u kvaru je nula, a međufazni naponi ostaju praktično nepromenjeni. Pošto je sprega distributivnih transformatora Dyn ili Yzn i pošto se međufazni naponi ne menjaju, potrošači na niskom naponskom nivou neće imati prekide u napajanju. Ako je kvar bio prolazan, posle isključenja ZP-a nastavlja se redovan pogon. Ako nije bio prolazan, nakon isključenja pola ZP-a, zemljospojna zaštita 20 kV izvoda će isključiti izvodni prekidač.

2.3 Blokade i uslovi

Pored navedenog, automatika treba da obezbedi i sledeće blokade i uslove:

1. Blokada istovremenog uključanja više od jednog pola prekidača, jer bi u tom slučaju imali direktan kratak spoj na sabirnicama.
2. U slučaju dvopolnog ili trolnog kratkog spoja automatika mora blokirati komandu za uključanje i trenutno proslediti komandu za isključenje na sva tri pola prekidača.
3. Trenutno se isključuje pol koji je uključen, ako se pojavi zemljospoj u drugoj fazi.
4. Ako zemljospoj nije otklonjen nakon uključanja/isključenja jednog pola, automatika treba da blokira komandu za uključanje tog pola na neki vremenski period (npr. 5 sekundi). Takođe, u ovom slučaju, da bi se smanjio napon dodira i koraka, automatika treba da aktivira trenutno isključenje zemljospojne zaštite na izvodu sa kvarom.
5. Posle ručnog uključanja bilo kog izvoda automatika ZP-a treba da blokira komandu za uključanje neki vremenski period.
6. U slučaju zaglavlivanja jednog pola ZP-a, automatika aktivira uslov za isključenje prekidača u pripadajućem trafo polju 20kV.
7. Daljinska komanda za uključanje/isključenje blokade rada ZP-a

U drugom delu rada biće prikazani rezultati analize rada automatike ZP-a i automatika brzog i sporog ponovnog uključanja prekidača na osnovu kojih ćemo dati predloge za poboljšanje rada pomenutih automatika.

3. ANALIZA RADA ZEMLJOSPOJNOG PREKIDAČA I FUNKCIJE AUTOMATSKOG PONOVOG UKLJUČENJA ZA 2011. GODINU

U tabeli 1 je prikazana analiza kvarova i uspešnost tehnike ZP-a i funkcije automatskog ponovnog uključanja (APU) za sve TS pojedinačno i ukupno za ceo konzum elektrodistribucije Ruma. Podaci u tabeli su dobijeni analizom hronološke liste događaja.

Analiza je rađena pregledom svakog pojedinačnog kvara i popunjavanjem *radnih* tabela u kojima su unošeni podaci bitni za konkretan kvar. Na primer, za kvar tipa jednopolni kratki spoj unošeni su sledeći podaci:

1. na kom izvodu se desio kvar
2. u kojoj fazi je bio kvar, koji pol ZP-a je uključen
3. u kom trenutku nakon pojave jednopolnog kratkog spoja je pol ZP-a uključen i isključen.
4. da li je ZP uspeo da otkloni kvar

5. ako nije da li su brzi APU, spori APU ili ponovna odrada ZP-a nakon sporog APU-a uspeali da otklone kvar.
6. da li je kvar prerastao u dvopolni ili trolpolni kratki spoj.
7. da li je izvod uključio dispečer nakon što je zaštita isključila prekidač
8. da li je kvar bio trajan

| ANALIZA RADA AUTOMATIKE ZEMLJOSPOJNOG PREKIDAČA I FUNKCIJE APU-A U ED RUMA ZA 2011.GODINU | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| TRAFO STANICA 110/X kV | Ukupan broj kvarova (broj) | Uspešne odrade ZP-a (broj) | ZP nije otklonio kvar (broj) | J0> nije otpustilo (broj) | Uspešni brzih APU (broj) | Uspešne odrade ZP-a nakon sporog APU (broj) | Uspešni spori APU (broj) | Broj prerastanja u 2(3)KS(Z) | Uspešno daljinsko uključenje izvoda (broj) | Trajan kvar (broj) | Dužina nadzemne mreže (km) | Dužina kablovske mreže (km) |
| INĐIJA | 730 | 561 | 168 | 25 | 108 | 5 | 13 | 47 | 24 | 21 | 157 | 70 |
| ST.PAZOVA | 698 | 545 | 155 | 5 | 98 | 8 | 20 | 26 | 14 | 15 | 85,2 | 61,4 |
| N.PAZOVA | 203 | 127 | 74 | 35 | 60 | 0 | 0 | 5 | 5 | 12 | 36 | 89 |
| RUMA1 | 331 | 286 | 43 | 0 | 23 | 0 | 6 | 9 | 6 | 7 | 52 | 20 |
| RUMA2 | 223 | 189 | 34 | 1 | 19 | 0 | 4 | 13 | 4 | 7 | 39,7 | 37,6 |
| PEĆINCI | 924 | 719 | 203 | 51 | 126 | 0 | 23 | 33 | 31 | 19 | 120 | 36,5 |
| UKUPNO | 3109 | 2427 | 677 | 117 | 434 | 13 | 66 | 133 | 84 | 81 | 490 | 325 |
| USPEŠNOST(%) | | 78.1 | | | 13.9 | 0.4 | 2.1 | | 2.7 | 2.6 | | |

Tabela 1. Tabelarni prikaz analize kvarova i uspešnosti rada automatika zemljospojnog prekidača i automatskog ponovnog uključjenja

U poslednjoj koloni tabele 1 su prikazani rezultati uspešnosti automatika za sve trafostanice zajedno. Vrednosti su prikazane u procentima od ukupnog broja kvarova. Na primer, ako je ukupan broj 3109, a tehnika ZP-a je uspela da otkloni kvar 2427 puta, uspešnost tehnike ZP-a je $2427/3109 \cdot 100 = 78,1\%$. Analogno, uspešnost automatike brzog APU-a 13,96%, automatike sporog APU-a 2,123 %. Ako je kvar na mreži prisutan i posle sporog uključjenja APU-a, automatika ZP-a će još jednom uključiti pol prekidača, pošto je isteklo blokadno vreme. Uspešnost ovog uključjenja je 0,42%. Nakon daljinske komande u 2,51% slučajeva je otklonjen prolazni kvar sa mreže.

U prikupljanju podataka su korišćene još dve tabele. U prvu (tabela 2) su unešene vrednosti pri pojavi prolaznih jednopolnih kratkih spojeva, koji pobuđuju zemljospojnu zaštitu. Izvodni prekidač nije isključila zemljospojna zaštita pošto je kvar prošao pre isteka vremena zatezanja zemljospojne zaštite. Automatika nije dala nalog za uključjenje pola prekidača zato što potrebni uslovi nisu bili ispunjeni. U najvećem broju slučajeva struja jednopolnog kratkog spoja poraste iznad podešene vrednosti, ali napon faze u kvaru ne padne ispod podešene vrednosti.

| Analiza prolaznih jednopolnih kratkih spojeva | |
|---|------------|
| Broj prolaznih zemljospojeva | 126 |
| Automatika videla prolazni zemljospoj i prestanak <50ms | 8 |

Tabela 2. Tabelarni prikaz analize pojave jednopolnih kratkih spojeva

U drugu tabelu (tabela 3) su unešene vrednosti podataka koji su biti za analizu rada tehnike ZP-a pri pojavi dvopolnih ili trolpolnih kratkih spojeva. To su podaci o broju dvopolnih ili trolpolnih kratkih spojeva, da li su nastali prerastanjem iz jednopolnog kratkog spoja na istom izvodu, ili na drugom, kao i u kom vremenskom intervalu od pojave kvara su nastali. Posebno nam je bitan podatak da li je automatika zemljospojnog prekidača registrovala ovaj tip kvara.

Analiza pojave 2KS, 2KSZ, 3KS

| | |
|-----------------------------|------------|
| Broj kratkih spojeva | 133 |
| KS na istom izvodu | 101 |
| KS sa drugim izvodom | 32 |
| KS<50ms | 32 |
| 50ms<KS<150ms | 39 |
| KS>150ms | 62 |
| Automatika videla KS | 61 |

Tabela 3. Tabelarni prikaz vrednosti podataka pri pojavi dvopolnih ili trolnih kratkih spojeva u mreži

Analiza je pokazala da je uspešnost tehnike ZP-a velika (78%) i da je njena upotreba potpuno opravdana. Uspešnost automatike ponovnog uključenja je takođe velika. Uspešnost brzog APU-a je 13,9%, a sporog 2,1 %.

U trećem delu rada su date generalne primedbe i predlozi za poboljšanje rada pomenutih automatika. Akcenat je stavljen na povećanje njihove uspešnosti, koja za rezultat ima pouzdanije i sigurnije napajanje potrošača električnom energijom. Nekim predlozima se pokušava smanjiti broj dvopolnih ili trolnih kratkih spojeva, kao i unaprediti rad tehnike ZP-a u ovom režimu kvara.

U TS-ma sa dva energetska transformatora, čije su neutralne tačke kratko spojene, primena tehnike ZP-a može da bude uzrok ispada oba energetska transformatora. Opis i način otklanjanja ove primedbe su takođe opisani u četvrtoj glavi.

4. GENERALNE PRIMEDBE I PREDLOZI

4.1 Vreme uključenosti pola zemljospojnog prekidača

Vremenski interval u kojem je pol ZP-a uključen je podešen na 150ms ili 200ms. Analizom podataka se vidi da je uspešnost otklanjanja prolaznih kvarova približno ista za oba podešenja. Predlog je da se pokuša sa kraćim vremenom uključenosti od **120ms**. U slučaju da se uspešnost tehnike smanji vreme treba povećati na 150ms.

4.2 Vremensko zatezanje komande za uključenje pola zemljospojnog prekidača nakon pojave zemljospoja

Automatika ZP-a je podešena da aktivira komandu za uključenje sa vremenskom zadržkom od 50ms nakon nastanka jednopolnog kratkog spoja, zato što su neke ranije analize pokazale da jednopolni kratki spoj preraste u dvopolni ili trolni kratki spoj u prvih 50ms od početka kvara. Funkcija vremenskog zatezanja je da se izbegne uključenje pola ZP-a na struju kratkog spoja. Analiza je pokazala da mali broj kratkih spojeva nastane u tom intervalu (32 od 133). Podaci iz tabele "Analiza pojave 2KSZ, 2KS i 3KS" ne upućuju na najčešći trenutak prerastanja jednopolnog u dvopolni ili trolni kratki spoj. Sa sadašnjim podešenjima automatika je uključila pol ZP-a 30 puta na kratki spoj. Analizom pojave prolaznih jednopolnih kratkih spojeva se vidi da ih u najvećem broju slučajeva automatika ZP-a nije videla. U tabeli 2 se vidi da je u 2011. godini bilo 126 prolaznih jednopolnih kratkih spojeva. Od ukupnog broja prolaznih jednopolnih kratkih spojeva bilo je svega 8 onih koje je automatika videla i koji su prošli u prvih 50ms. Ovo se objašnjava činjenicom da je struja kvara veća od 50A, dok napon faze pogođene kvarom ne pada ispod podešene vrednosti, zbog velikog otpora kvara. Dakle i sa ovog stanovišta vremensko zatezanje komande za uključenje je neopravdano. Predlaže se da se ovo vreme **smanji ili ukine**, pošto nepotrebno produžava trajanje prenapona na zdravim fazama u reonu TS-e. Prenaponi su sa druge strane osnovni uzrok nastanka dvopolnih ili trolnih kratkih spojeva.

4.3 Analiza pojave dvopolnih ili trolnih kratkih spojeva

U tabeli 3 se vidi da je u 2011. godini bilo 133 dvopolnih i trolnih kratkih spojeva, od kojih su 101 nastali prerastanjem iz jednopolnog kratkog spoja na istom izvodu, a ostali prerastanjem u dvopolni kratki spoj sa zemljom tako što je na drugom izvodu nastao jednopolni kratki spoj u jednoj od dve zdrave faze. Na smanjenje broja dvopolnih i trolnih kratkih spojeva presudno utiče trajanje prenapona na zdravim fazama. U tom smislu su i predlozi iz tačke 1 i 2.

U tabeli 3 se vidi da je automatika ZP-a svega 61 puta videla dvopolni ili trolni kratki spoj. Po postojećoj koncepciji tehnike ZP-a, automatika bi trebalo da registruje pojavu dvopolnog ili trolnog kratkog spoja kada bar dva fazna napona padnu ispod 9kV. Analiza hronoloških lista događaja, snimci kvarova sa releja i funkcija analize kvarova u DMS-u pokazuju da ovo rešenje nije ispravno, tj da automatika u velikom broju slučajeva ne registruje pojavu dvopolnih kratkih spojeva sa zemljom.

Ovaj problem se može rešiti na više načina:

1. Uvođenjem potencijala M90 sa oba sabirnička sistema (blokada bržeg vremena kratkospojne zaštite sabirnica) na binarne ulaze automatike ZP-a.

2. Uvođenjem signala pobude kratkospojne zaštite iz trafo polja 20kV na binarne ulaze automatike ZP-a.

3. U TS u kojima releji komuniciraju po protokolu IEC61850 razmenom poruka između releja u postrojenju 20kV.

4.4 Isključenje pola zemljospojnog prekidača nakon prerastanja jednopolnog kratkog spoja u dvopolni ili trolni spoj

Analiza pokazuje da je ZP najviše puta uključen/isključen od svih prekidača u postrojenju 20kV. Zbog toga se predlaže da se izvođenjem novih uslova obezbedi da ZP ne prekida struju dvopolnog ili trolnog kratkog spoja. U slučaju da je nakon uključenja jednopolni kratki spoj prerastao u dvopolni ili trolni, treba obezbediti da pol ZP-a bude isključen tek nakon isključenja prekidača izvoda na kojima postoji kratki spoj. Na ovaj način bi produžili vek ZP-a.

Ovaj problem se može rešiti tako što će automatika ZP-a dati komandu za isključenje nakon prestanka jednog od sledeća četiri uslova:

1. stigao je prestanak signala "Zemljospoj u dve faze", koji pravi automatika ZP-a
2. uslova iz tačke 4.3
3. 70ms nakon nastanka dvopolnog ili trolnog kratkog spoja
4. nakon isteka vremena uključenosti pola ZP-a

4.5 Funkcija automatskog ponovnog uključenja

Funkcija APU-a u ED Ruma je isključena na svim čisto kablovskim izvodima. Na izvodima sa nadzemnom mrežom je uključena i pobuđuje je zemljospojna i prekostrujna zaštita. Na TS "Ruma2" i "Stara Pazova" zbog načina izvedbe kratkospojna zaštita pobuđuje funkciju APU-a, dok je na TS "Ruma1", "Nova Pazova", "Indija" i "Pećinci" delovanje kratkospojne zaštite 20kV izvoda blokira.

U tabeli 3 se vidi da je jednopolni kratki spoj 101 puta prerastao u dvopolni ili trolni kratki spoj na istom izvodu. Najverovatnije je do prerastanja došlo zbog širenja luka na mestu kvara. Analiza je pokazala da je najveći broj ovih kvarova bio prolazan, tj. da je dispečer uspeo daljinski da uključi izvod. Prerastanje je 44 puta bilo sa drugim izvodom. I u ovom slučaju najveći broj kvarova je prolaznog tipa, tj. dispečer je u najvećem broju slučajeva uspeo daljinski da uključi izvod.

Predlaže se da **funkciju APU-a pobuđuje i kratkospojna zaštita izvoda.**

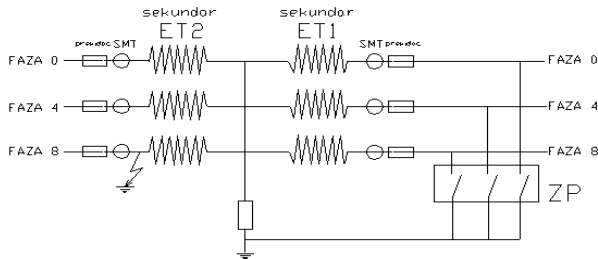
4.6 Ispad energetskih transformatora zbog kratkog spoja sa zemljom neutrane 20kV dok je uključen jedan pol zemljospojnog prekidača

U TS sa dva energetska transformatora tehnika ZP-a može da prouzrokuje ispad oba transformatora. U nastavku će biti izneta tri događaja koji su kao posledicu imali ispad celog konzuma jedne TS-e.

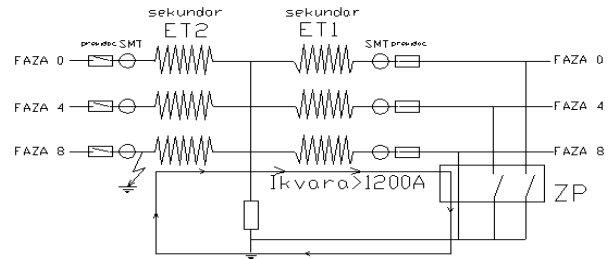
4.6.1. Prvi događaj. U TS 110/20kV "Nova Pazova" ptica je na priključku 20kV faze od ET-2 proizvela jednopolni kratki spoj (slika 1). Kvar je bio u zoni šticeđenja diferencijalne zaštite ET-2, koja je trenutno dala komandu za isključenje ET-2.

Istovremeno, pošto je kvar bio jednopolni kratki spoj, zemljospojni prekidač, koji je vezan na sabirnice ET-1, je dao komandu za uključenje pola ZP-a.

Nakon isključenja prekidača T102 i T22, i uključjenja pola ZP (slika 2) kratkospojna zaštita sabirnica T21 je isključila ET-1, pošto je zvezdište ET-1 direktno uzemljeno preko sekundarnog namotaja ET-2 na kojem je ptica napravila jednopolni kratki spoj. Struja kroz neutralu je bila veća od struje kratkospojne zaštite sabirnica. Znači, ZP je prouzrokovao ispad energetskog transformatora ET1. Sličan scenario bi se desio da je bio isti kvar na ET-1.

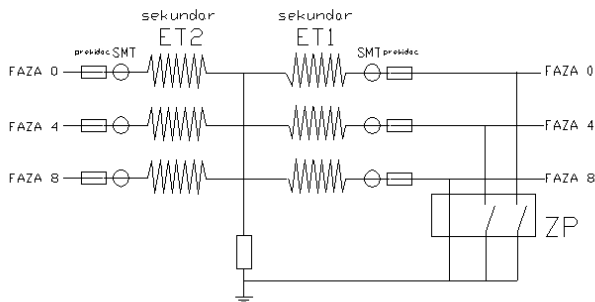


Slika 1. Događaj 1

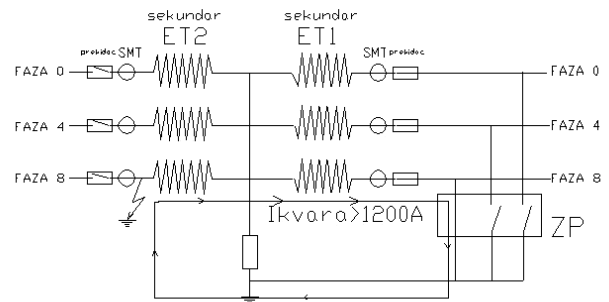


Slika 2. Događaj 1

4.6.2. Drugi događaj. Ispad oba transformatora može da se dogodi i posle uključjenja pola ZP-a (Slika 3). Nakon uključjenja jednog pola, na sekundarnim priključcima energetskog transformatora (ET-2), na čijim sabirnicama nije priključen ZP, na jednoj od preostale dve zdrave faze je probio katodni odvodnik prenapona (Slika 4). Njegov priključak se otkatio i pao na kazan transformatora. I u ovom slučaju diferencijalna zaštita isključuje ET-2, a kratkospojna zaštita sabirnica 20kV isključuje ET-1. ZP je i u ovom slučaju prouzrokovao ispad oba energetskog transformatora ET1.

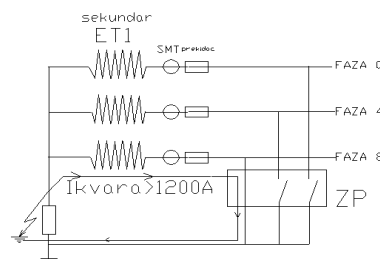


Slika 3. Događaj 2



Slika 4. Događaj 2

4.6.3. Treći događaj. U TS sa jednim energetskim transformatorom, takođe je moguć ispad transformatora zbog delovanja kratkospojne zaštite sabirnica 20kV. U TS 110/20kV „Pećinci“ se u više navrata desio ovakav kvar. Nakon nastanka jednopolnog kratkog spoja u mreži 20kV, uključen je pripadajući pol ZP, nakon čega je došlo do proboja na provodnom izolatoru na otporniku u neutrali. I u ovom događaju kratkospojna zaštita sabirnica je isključila ET. ZP je i u ovom slučaju prouzrokovao ispad transformatora.



Slika 5. Događaj 3

4.6.4. Prevazilaženje nedostatka. Ovaj problem se može rešiti uvođenjem dva stepena zaštite neutrale energetskog transformatora. Po sadašnjoj koncepciji zaštite neutrale postoji jedan stepen koji je strujno nezavisan. Strujno podešenje je 50A, a vremensko podešenje je 1,5 sekundi. Predlaže se uvođenje trenutne strujno nezavisne zaštite neutrale, čije bi strujno podešenje bilo 600A.

Ovaj stepen mora da aktivira blokadni napon svih kratkospojnih zaštita sabirnica 20kV. U sva tri primera, nakon nastanka kratkog spoja u neutrali, imali bi sledeći niz događaja:

1. Pobudila bi se trenutna zaštita neutrale.
2. Blokadni napon bi blokirao sve kratkospojne zaštite sabirnica
3. Automatika ZP-a bi prekinula komandu za uključenje i trenutno aktivirala komandu za isključenje uključenog pola ZP-a.
4. Nakon isključenja pola ZP-a prekinula bi se struja kvara i kratkospojna zaštita sabirnica ne bi isključila energetski transformator.
5. Automatika ZP-a bi signalizirala kratak spoj u neutrali 20kV.

Prevazilaženje ovog nedostatka se može uraditi ako bi automatika ZP-a stvarala blokadni napon. Automatika je podešena da signalizira kratak spoj u neutrali 20kV, kada struja kroz neutralu poraste iznad podešene vrednosti. Ako bi automatiku ZP-a isparametrirali da pravi blokadni napon svih kratkospojnih sabirnica 20kV kada postane aktivan signal „kratak spoj u neutrali“, imali bi isti niz događaja kao i u prethodnom predlogu.

Kad bi neutralne tačke bile galvanski odvojene, tj. kad bi svaki energetski transformator imao svoj otpornik u neutrali u prva dva slučaja ne bi ispala oba transformatora. Ovo rešenje ne bi sprečilo ispad ET-a u trećem događaju.

4.7 Zemljospojna zaštita 20kV izvoda se nije razbudila nakon uključanja pola zemljospojnog prekidača

U teoriji i praksi je poznato da statički i elektromehanički releji imaju dugačko vreme razbuđivanja. U ED Ruma je ovaj problem uočen prethodnih godina i releji su prepravljani. Takođe u okviru redovne godišnje provere zaštite, proveravaju se i vremena otpuštanja zemljospojnih releja.

Analiza pokazuje na kojim TS i na kojim izvodima imamo najviše problema ovog tipa. Releji sa dugačkim vremenom otpuštanja će biti zamenjeni novim ili će biti prepravljani.

4.8 Blokada rada zemljospojnog prekidača nakon nastanka jednopolnog kratkog spoja na čisto kablovskom izvodu

U 2011. godini samo jedan jednopolni kratki spoj na čisto kablovskom izvodu je bio prolaznog karaktera. Svi ostali kvarovi (58) su bili trajni kvarovi. Predlaže se da ZP radi samo za kvarove na 20kV izvodima koji nisu čisto kablovski, čime bi sprečili nepotrebna uključanja ZP. Ova funkcionalnost se može izvesti razmenom GOOSE poruka između IED-a na 20kV kablovskim izvodima sa IED-om ZP. Pobuda zemljospojne zaštite na čisto kablovskom izvodu treba da blokira rad ZP.

4.9 Jedinstvena blokada komande za uključenje zemljospojnog prekidača

Predlaže se da se uvede jedinstvena blokada komande za uključenje ZP koja bi obuhvatila sve moguće slučajeve. U postojećim automatikama postoji više blokada čije je trajanje različito. Jedinstvena blokada bi bila aktivna kada je ispunjen bar jedan od sledećih slučajeva:

1. Izdata je komanda za uključenje jednog pola ZP-a
2. Pobuđena je zemljospojna zaštita na čisto kablovskom izvodu
3. Pojava dvostrukog ili trostrukog kratkog spoja
4. Ručno uključenje 20kV izvoda

Trajanje blokade treba da bude duže od vremena beznaponske pauze sporog APU-a. U slučaju zemljospoja na 20 kV izvodu, koji nije prolaznog karaktera, redosled događaja je sledeći: ZP pokuša da otloni kvar, zemljospojna zaštita trenutno isključi izvod, brzi APU uključi izvod, zemljospojna zaštita trenutno isključi izvod, spori APU uključi izvod, ZP pokuša da otloni kvar, zemljospojna zaštita trenutno isključi izvod. ZP i funkcija APU-a pokušaju po dva puta da otklone kvar. U slučaju da kvar nije prolaznog tipa ovaj redosled događaja nepotrebno opterećuje i opremu i potrošače. U tabeli 2 se vidi da je uspešnost sporog APU-a 2,1 %. Uspešnost ZP-a nakon sporog APU-a je svega 0,4% i zbog toga se predlaže da ZP ne radi posle sporog APU-a predloženim trajanjem jedinstvene blokade.

Na kraju ovog dela, uzimajući u obzir sve prethodno izneseno, biće dat predlog realizacije komandi za uključenje i isključenje.

4.10 Komanda za uključenje

Automatika ZP-a će aktivirati komandu za uključenje pola ZP-a ako su ispunjeni sledeći uslovi:

1. Podnaponska zaštita u fazi na koju je vezan pol ZP-a se pobudila, tj. fazni napon faze u kojoj se desio jednopolni kratki spoj je pao ispod 9kV
2. Struja kroz neutralu jednog od energetskih transformatora je veća od 50A
3. Nije aktivna jedinstvena blokada komande za uključenje

Trajanje komande za uključenje je 100ms, osim ako se pre isteka tog vremenskog intervala ne desi jedan od sledeća dva uslova, koji će je trenutno prekinuti:

1. Pojavio se dvostruki ili trostruki kratki spoj u mreži
2. Kratak spoj u neutrali jednog od energetskih transformatora

4.11 Komanda za isključenje

Komanda za isključenje je tropolna, tj. isključuje sva tri pola ZP-a istovremeno. Automatika ZP-a će izdati komandu za isključenje ako su ispunjeni neki od sledećih slučajeva:

1. Posle isteka vremena uključenosti pola ZP-a.
2. Ako je automatika dala komandu za uključenje pre pojave dvostrukog ili trostrukog kratkog spoja, komandu za isključenje treba da aktivira 70ms nakon njihove pojave.
3. Automatika treba trenutno da aktivira komandu za isključenje u slučaju jednofaznog kratkog spoja u neutrali energetskih transformatora.

5. ZAKLJUČAK

U radu je dat tabelarni prikaz rezultata uspešnosti automatike ZP-a i funkcija APU-a u svim trafo stanicama. Visok procenat uspešnosti ukazuje na opravdanost njihovog korišćenja. Uočeni nedostaci i načini za unapređenje rada ZP-a su izneseni u glavi 4.

U zaključku bi predložili galvansko razdvajanje neutrala energetskih transformatora. U ovom slučaju svaki energetski transformator morao bi da ima svoj otpornik u neutrali. Takođe, u TS sa dva energetska transformatora sa jednog sabirničkog sistema bi se napajali čisto kablovski izvodi (obično su ovo industrijski i gradski izvodi). Na drugi sabirnički sistem bi bio vezan ZP i izvodi sa nadzemnom mrežom. U ED Ruma bi se u većini TS moglo obezbediti ovo uklopno stanje.

Ovo rešenje bi uvelo dodatne troškove oko nabavke otpornika i promene uklopnog stanja. Korist od ovog rešenja je višestruka:

1. Sve nesimetrije u neutrali, zbog kvara u distributivnoj mreži jednog ET-a se ne bi prenosile u distributivnu mrežu drugog ET-a.
2. I potrošači koji se napajaju sa izvoda sa nadzemnom mrežom i potrošači sa industrijskih i gradskih izvoda bi imali sigurnije i pouzdanije napajanje.
3. ZP ne bi radio na čisto kablovskim izvodima.
4. Nedostaci iz tačke 4.6 opisani u prva dva događaja bi bili prevaziđeni.
5. Smanjili bi broj dvopolnih i tropolnih kratkih spojeva.

6. LITERATURA

1. Hubert Kirrmann, 2004, "Introduction to IEC61850 substation communication standard"
2. Z.Subašić, 2009, "Drugačiji pristup u realizaciji funkcija lokalne automatike i blokada u TS 110/x kV"
3. V.Balkavoj, "Mogućnost primene zemljospojnog prekidača u 20kV mreži Elektrovojvodine"
4. M.Abađžić, J.Jović, " Prva eksploataciona iskustva sa vakuumskim zemljospojnim prekidačem VZ-24 u elektrodistribuciji Pančevo"
5. V. Balkavoj, "Iskustva sa primenom zemljospojnog prekidača u uzemljenoj mreži 20kv"