

ANALIZA POGONSKIH DOGAĐAJA U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU 110 KV U USLOVIMA REKONSTRUKCIJE

M. ĐORĐEVIĆ, JP Elektroprivreda Srbije, Srbija
I. JAGODIĆ, JP Elektroprivreda Srbije, Srbija

UVOD

Termoelektrana „Kolubara A“ je najstarija termoelektrana u elektroenergetskom sistemu Srbije, puštena u pogon 1956., a koja je i danas u pogonu. Sanacija i adaptacija razvodnog postrojenja 110 kV u okviru koje se vrši modernizacija sistema zaštite, upravljanja i lokalne automatike počela je 2001. U toku ove rekonstrukcije elektrana je u normalnom pogonu, ali sa određenim ograničenjima koje ova adaptacija diktira. U radu su analizirana i predstavljena tri pogonska događaja koja su za posledicu imala bilo delimični ili potpuni ispad elektrane. Svi ovi događaji su se dogodili u toku adaptacije razvodnog postrojenja 110 kV preko koga je elektrana povezana na EES Srbije.

Prvi pogonski događaj je kvar na naponskom transformatoru u 110 kV postrojenju distributivne trafostanice, koji je zbog njegove prirode – intermitentne pojave električnog luka, doveo do ispada bloka 5. Imajući u vidu specifičnost ovog događaja kao i okolnosti pod kojima je on nastao (nakon rekonstrukcije sistema zaštite na dalekovodima) ovom problemu je posvećeno najviše pažnje. Drugi pogonski događaj je ispad transformatora opšte grupe termoelektrane, koji je u tom trenutku napajao sopstvenu potrošnju više kotlova, te je ovaj ispad doveo do ispada dva turboagregata. Do trećeg analiziranog ispada došlo je usled mehaničkog kidanja zateznog izolatora na 110 kV sistemu sabirnica, što je dovelo do ispada cele elektrane.

Ideja autora je da se analizom navedenih događaja utvrde potencijalni problemi i kritična mesta na koja je potrebno obratiti posebnu pažnju u toku rekonstrukcije, kako bi se obezbedilo što pouzdanije funkcionisanje elektrane za vreme same rekonstrukcije.

1. ISPAD BLOKA 5 USLED KVARA NAPONSKOG TRANSFORMATORA

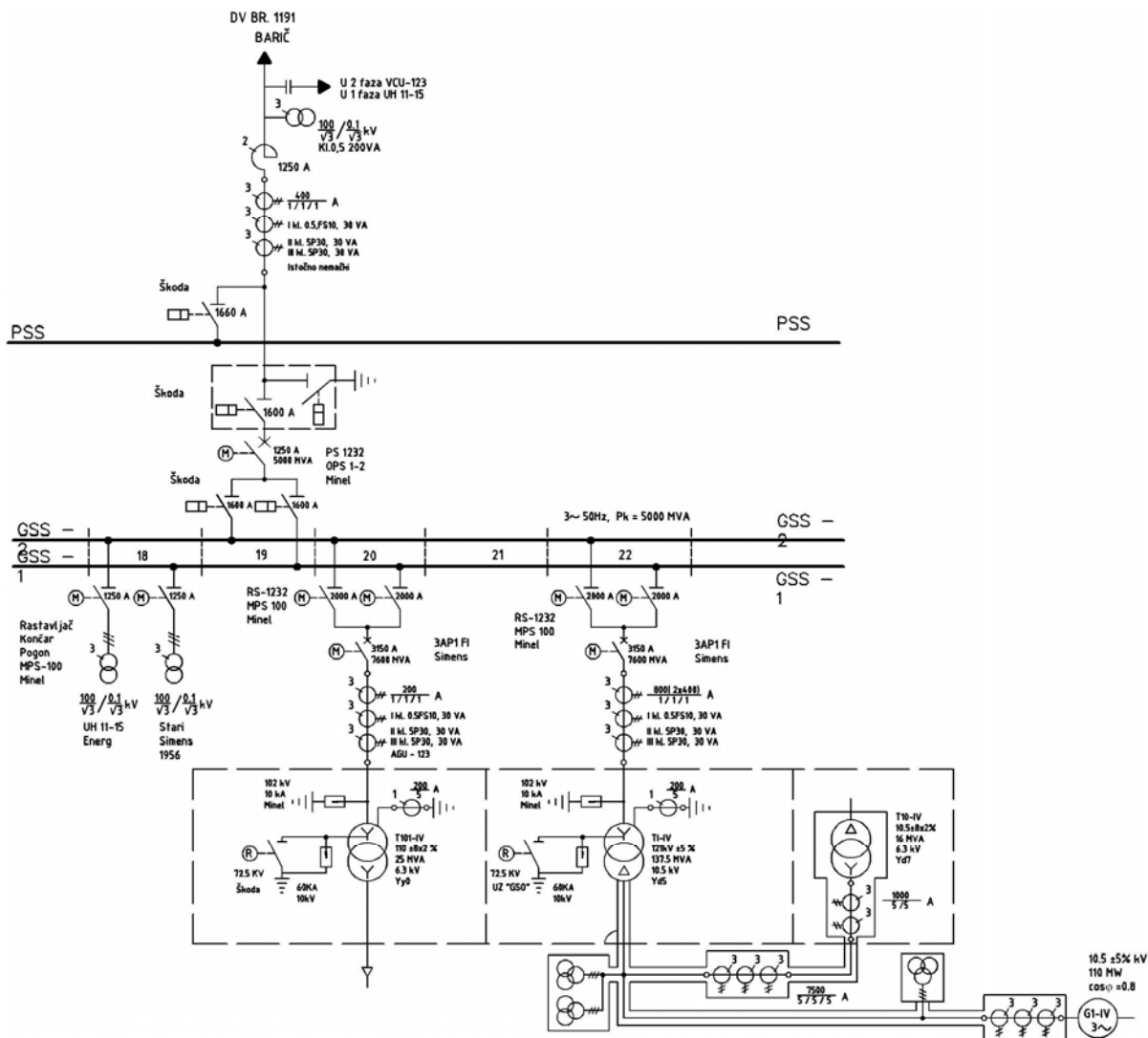
Opis događaja

Usled kvara na naponskom transformatoru u 110 kV razvodnom postrojenju distributivne trafostanice „Beograd 35“ dolazi do ispada bloka 5 u TE „Kolubara A“ kao i dalekovoda 117/2 koji povezuje pomenutu trafostanicu i 110 kV razvodno postrojenje termoelektrane. Analiza pomenutog događaja će ispitati ispravnost delovanja zaštita dalekovoda DV 117/2 i bloka 5 u TE „Kolubara A“ i dati odgovor o razlogu ispada bloka 5 sa mreže.

Opis mreže

U razvodnom postrojenju (RP) 110 kV u TE „Kolubara A“ se nalazi 23 polja (9 dalekovodnih, 5 generatorskih, 4 transformatorska, 2 merna, 1 glavno spojno polje i 1 pomoćno spojno polje), a razvodno postrojenje je izvedeno sa sistemom dvostrukih glavnih sabirnica i pomoćnim sistemom sabirnica.

Generator bloka 5 je preko svog blok transformatora povezan na sabirnice 110 kV u polju broj 22 (slika 1), dok je dalekovod DV 117/2 je povezan na sabirnice 110 kV u polju broj 6.



Slika 1 – Deo jednopolne šeme RP 110 kV u TE „Kolubara A“

Analiza ovog pogonskog događaja je urađena na osnovu sledeće tehničke dokumentacije: jednopolne šeme RP 110 kV u TE „Kolubara A“, ispitne liste za releje na bloku 5 u TE „Kolubara A“ i potrebnih podataka o štichenj opremi i zaštitnim uređajima u elektrani. Takođe su kao podloge za analizu prikupljeni i svi dostupni izveštaji vezani za pomenuti događaj.

Analiza kvara

Uvidom u dostupne izveštaje utvrđeno je da se kvar desio u 110/35/10 kV distributivnoj trafostanici „Beograd 35“. Uzrok kvara je bio proboj naponskog transformatora prema zemlji. Dalekovod 110 kV koji povezuje TE i distributivnu TS je sa strane elektrane štichen zaštitnim modulom najnovije generacije mikroprocesorskog tipa. Osnovna zaštita pomenutog dalekovoda je distantna zaštita. Podešenja distantnih elemenata su takva da je zaštitni uređaj ovaj kvar video u svom drugom stepenu. Ono što je prvo uočeno je da vreme na sistemu za praćenje rada i upravljanje blokom, Teleperm XP (TXP) i vreme na dalekovodnim zaštitama nisu usklađena. Ta činjenica u znatnoj meri otežava, a u nekim slučajevima čini i nemoguću analizu kada se želi utvrditi redosled pobuđivanja i

reagovanja pojedinih releja. S obzirom da je u analiziranoj situaciji najpre došlo do pobuđivanja, kako dalekovodnih tako i rezervnih generatorskih zaštita, posle čega je nastupila pauza od 5 s, a zatim ponovo došlo pobuđivanja zaštita i njihovog reagovanja, bilo je moguće na adekvatan način izvršiti naknadno usklađivanje vremena reagovanja dalekovodne zaštite i releja na bloku 5. Na taj način je dobijena realna slika o redosledu reagovanja zaštitnih uređaja u predmetnom događaju. Sva vremena u ovom radu su usklađena sa vremenom TXP -a. U tabeli 1 je prikazan redosled signala onako kako su se javljali.

RB.	Vreme	Mesto	Element	Stanje
1.	20:22:54,860	Blok 5	nesimetrija	nastanak
2.	20:22:54,860	Dalekovod	dist. zemlj. i B-G	nastanak
3.	20:22:55,135	Dalekovod	dist. zemlj. i B-G	prestanak
4.	20:22:55,142	Dalekovod	dist. zemlj. i C-G	nastanak
5.	20:22:55,147	Dalekovod	dist. zemlj. i C-G	prestanak
6.	20:22:55,187	Dalekovod	međufazni A-B-C	nastanak
7.	20:22:55,477	Dalekovod	međufazni A-B-C	prestanak
8.	20:23:00,431	Dalekovod	dist. zemlj. i B-G	nastanak
9.	20:23:00,791	Dalekovod	dist. zemlj. i B-G	prestanak
10.	20:23:00,798	Dalekovod	međufazni A-B-C	nastanak
11.	20:23:00,851	Dalekovod	zona 2 isključenje	nastanak
12.	20:23:05,389	Blok 5	prekostrujna BT	nastanak

Tabela 1 – Redosled signala koji su se javljali u opisanom pogonskom događaju

U gornjoj tabeli nije prikazan trenutak prestanak signala nesimetrije jer je pobuđeni rele statičkog tipa sa koga se nije mogao videti trenutak razbuđivanja pojedinih elemenata. Prekostrujna zaštita blok transformatora (BT) je statička zaštita sa podešenjem struje od: $I = 1,1 \cdot I_n$, $t = 4$ s.

Komentari i zapažanja:

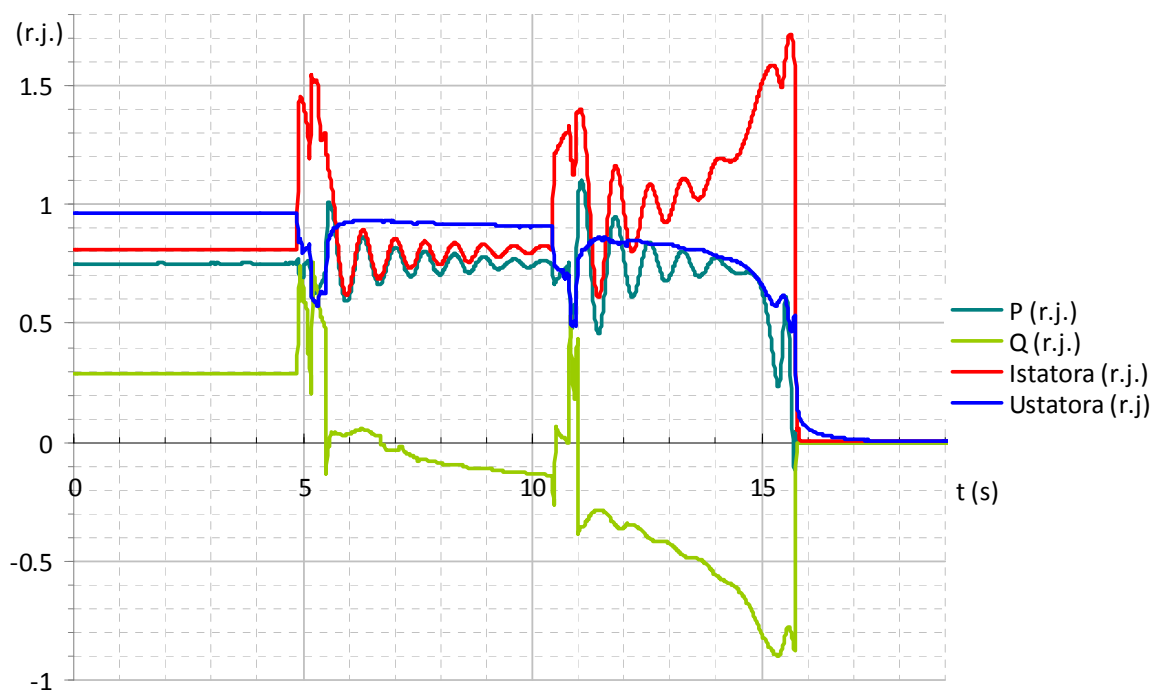
U analiziranom slučaju postoje dva perioda sa kvarom između kojih je period od oko 5 s u toku kojeg nije registrovano pobuđivanje niti jednog elementa zaštitnih uređaja.

Možemo zaključiti da je tokom prvog perioda kvara od 20^h 22' 54,860" do 20^h 22' 55,477" stanje pobuđenosti pojedinih elemenata dalekovodne zaštite trajalo najduže 290 ms, te da nije postojao uslov da distantni element dalekovodne zaštite reaguje. Kvar koji je nastao bio je u 2. zoni koja ima podešeno vremensko zatezanje od 400 ms. Takođe, ni blokovske zaštite, iako su pojedini releji bili pobuđeni, nisu reagovala, s obzirom da se radi o rezervnim zaštitama koje imaju relativno veliko vremensko zatezanje. Imajući u vidu podešenost zaštita možemo zaključiti da su zaštite odreagovale ispravno i u skladu sa svojim podešenjima, za ovaj period kvara.

Ono što još možemo primetiti za ovaj period kvara je da je nakon pojave kvara i pada napona na 110 kV sabirnicama ispod 70% nominalne vrednosti, pobuda generatora automatski ušla u režim forsiranja pobude, kako bi „vratila“ napon na nominalnu vrednost. U režimu forsiranja pobude je aktivan ručni režim, odnosno regulacija struje pobude generatora prema ranije određenoj referenci forsiranja. Sistem regulacije pobude se sastoji iz dva nezavisna kanala od kojih je u trenutku kvara aktivan bio 2. kanal. Kako je u konkretnom slučaju referenca forsiranja pobude na 2. kanalu bila podešena na 0,6, umesto 1,6, to je dovelo do daljeg smanjivanja napona generatora. U tim trenucima generator počinje iz mreže da uzima reaktivnu energiju neophodnu za magnećenje, što se jasno može videti na osnovu grafičkog prikaza isporučene aktivne i reaktivne snage generatora na slici 2. Nadalje, dolazi period od 5 s bez kvara u kome se može videti dalji pad napona generatora, dok je na regulatoru pobude i dalje aktivan ručni režim regulacije sa referencom struje pobude od 0,6. Pošto napon statora generatora nije došao do nominalne vrednosti i pošto nije prekoračen dozvoljeni period forsiranja pobude, režim forsiranja je produžen i sledećih 5 s.

Tokom drugog perioda sa kvarom u nekoliko navrata je dolazilo do pobuđivanja i razbuđivanja pojedinih elemenata dalekovodne zaštite. Kako je na distantnom releju bila aktivirana opcija „Common Zone Timing“ koja odlaže resetovanje tajmera određene zone tokom 1 ciklusa (20 ms), tajmer na releju je i nakon razbuđivanja distantnog zemljospojnog elementa B-G nastavio da „broji“ tako da je po pobuđivanju međufaznog distantnog elementa u sve tri faze i isteku podešenog vremena zatezanja za 2. stepen od 400 ms odreagovao isključenjem u 2. stepenu. Ova opcija se inače aktivira kako bi se

sprečilo resetovanje tajmera u slučaju razvoja kvara (npr. ukoliko dođe do prelaska jednofaznog kvara u dvofazni sa zemljom).



Slika 2 – Snimak signala preuzetih sa pobudnog sistema

Na osnovu snimaka sa pobudnog sistema, takođe je utvrđeno da je generator nakon prve pojave kvara bio podpobuđen, zbog pogrešno podešenog pobudnog sistema, te da je potrebnu reaktivnu energiju uzimao iz mreže, usled čega je došlo do povećanja struje bloka. Forsiranje pobude je trajalo 10 s što je i maksimalno dozvoljeno vreme trajanja forsiranja zbog zaštite rotorskog namotaja od termičkog oštećenja. Tačno 10 s posle početka forsiranja pobudni regulator je izašao iz tog režima i ušao u ručni režim rada. U ručni režim rada je ušao jer napon na statoru i posle forsiranja nije dostigao nominalnu vrednost. Sa priloženog snimka struje statora (slika 2), koji je preuzet sa pobudnog sistema, se može videti da je od trenutka kada je struja statora prešla vrednost od $1,1 \cdot I_n$ do isključenja proteklo dovoljno vremena za reagovanje prekostrujne zaštite BT-a, koja je isključila blok sa mreže.

Zaključak

Napomenućemo još jednom da je analiza prvog događaja bila znatno otežana činjenicom da vremena na dalekovodnim zaštitama nisu usklađena sa vremenom na TXP sistemu bloka 5. S toga je preporuka autora da se ovaj problem što pre reši tj. izvrši usklađivanje vremena na dalekovodnim zaštitama sa vremenom TXP sistema bloka 5. Otežavajuća okolnost je i to što se za ovaj kvar iz distributivne TS dobila jedino informacija o uzroku kvara, ali ne i podaci o tome kada i šta je od zaštitnih uređaja odreagovalo.

Analizom prikupljenih podataka može se zaključiti da je funkcija distantne zaštite u sklopu dalekovodne zaštite dalekovoda DV 117/2 ispravno odreagovala u drugom stepenu i u skladu sa svojim podešenjem. Međutim, imajući u vidu neusklađenost vremena zaštitnih uređaja zaključujemo da se sa takvim stanjem sistema zaštite može dogoditi da se donesu pogrešni zaključci, koji bi za posledicu imali i donošenje pogrešnih odluka. To još jednom pokazuje koliko je značajno imati uniformnost svih vremena i celovitost sistema zaštite u celoj elektrani.

Reagovanje prekostrujne zaštite BT je bila posledica pogrešno podešenog regulatora pobude. Ovde je važno istaći da je prekidač BT isključen 4,5 s nakon isključenja prekidača dalekovoda DV 117/2 sa strane TE „Kolubara A“, kada je praktično element sa kvarom eliminisan. Nakon što je generator odvojen od mreže, on je ostao podpobuđen, tako da je blok nakon toga mogao da bude zaustavljen bilo reagovanjem podimpedantne ili zaštite od gubitka pobude, jer, kako je utvrđeno, obe ove zaštite idu na zaustavljanje bloka.

Utvrđeno je, takođe, da je greška u pobudnom sistemu napravljena samo na kanalu 2, dok je kanal 1 imao ispravno podešen ovaj parametar. Dakle, može se zaključiti da je blok 5 zaustavljen zbog pogrešno podešenog regulatora pobude i pored toga što je uzrok ovog niza događaja, tj. kvar u postrojenju TS „Beograd 35“, eliminisan ispravnim delovanjem dalekovodne zaštite.

2. ISPAD DVA TURBOAGREGATA USLED REGOVANJA ZAŠTITE TRANSFORMATORA OPŠTE GRUPE

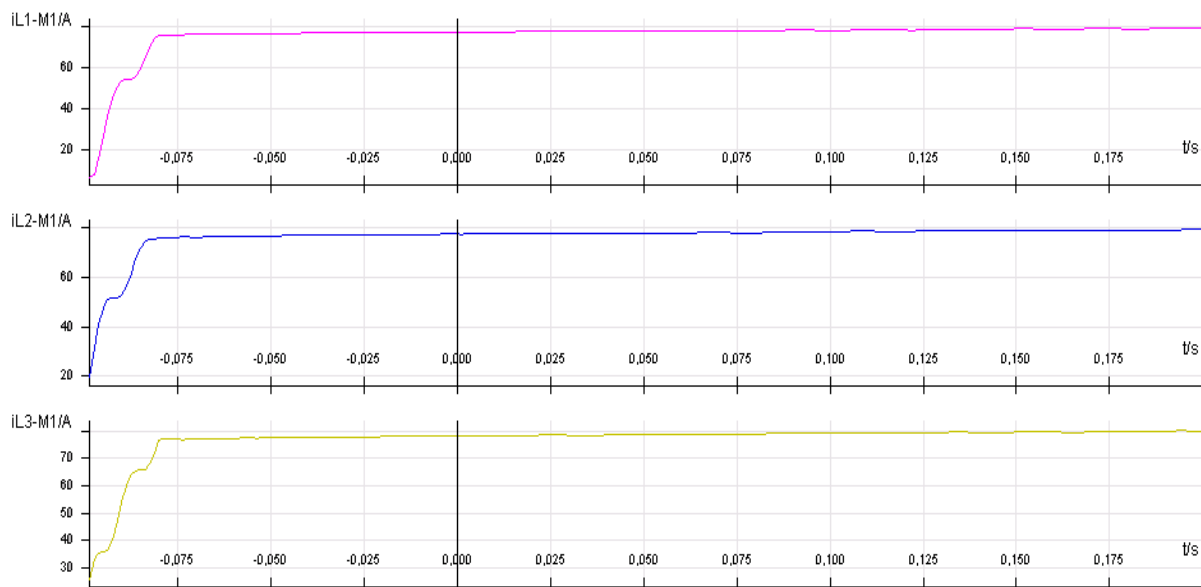
Uklopno stanje pre posmatranog događaja

TE Kolubara A je projektovana tako da za turboagregate 1-4 postoje 5 kotlova i svaki kotao ima mogućnost da napaja bilo koju turbinu na nekom od prvih 4 turboagregata, s tim da se turboagregat 3 mora napajati sa dva kotla imajući u vidu njegovu rekonstrukciju i povećanu snagu. Praksa je da se zbog povećanja stepena korisnosti smanji put pare od kotla do turbine, pa se izbegava rešenje da se preko kotla 1 pare šalje u turbinu 4 itd. Blok 5 ima svoj kotao kao i transformator sopstvene potrošnje. Turboagregat 4 je van funkcije, kao i kotao 2. Svaki od turboagregata ima blok transformator i transformator sopstvene potrošnje. Međutim, s obzirom da je transformator T9 koji napaja sopstvenu potrošnju kotlova 3 i 4 u posmatranom periodu bio van pogona (na fabričkom remontu) kao i da je transformator T12 koji napaja sopstvenu potrošnju kotla 5 van funkcije, sopstvene potrošnje kotlova 3-5 su bile napajane preko transformatora opšte grupe T4. Takođe, pre ispada kotao 3 je snabdevao parom turbinu generatora 2, dok su kotlovi 4 i 5 snabdevali parom turbinu generatora 3.

Opis i analiza događaja

Do ispada dva turboagregata (turboagregati 2 i 3) je došlo usled reagovanja prekostrujne zaštite transformatora T4 kao posledica struje zaletanja motora napojne pumpe. U toku eksploatacije pogonsko osoblje je primetilo da se ležaj jedne od napojnih pumpi u pogonu zagreva, pa su stoga rešili da pokrenu drugu napojnu pumpu. Podaci očitani sa releja ukazuju na to da je struja za vreme predmetnog događaja bila veća od podešene vrednosti, i da je zaletanje motora trajalo duže od podešenog vremenskog zatezanja od 10 s, te da je rele ispravno odreagovalo. Inače rele je novije generacije, mikroprocesorskog tipa, pa se za ovaj slučaj mogao preuzeti i snimak struja (slika 3).

U releju su kao podaci o šticienoj opremi uneti podaci koji su važili u trenutku ugradnje releja, ali je u međuvremenu izvršeno podizanje prividne snage transformatora ugradnjom ventilatora za forsirano cirkulisanje vazduha – snaga je podignuta sa 10 MVA na 12 MVA. Ova promena nije uneta u rele. Funkcija prekostrujne zaštite transformatora je podešena sa primarne strane na $1,8 \cdot I_n$ sa vremenskim zatezanjem od 4,5 s; dok sa sekundarne strane podešenje iznosi $1,5 \cdot I_n$ sa vremenskim zatezanjem od 10 s.



Slika 3 – Snimak struja kroz transformator T4 sa VN strane

Imajući u vidu da je struja kroz transformator T4 iznosila $1,59 \cdot I_n$ kao i da je prekostrujna zaštita sa sekundarne strane bila podešena na $1,5 \cdot I_n$, transformator je isključen nakon 10 s delovanjem prekostrujne zaštite sa sekundarne strane. Kasnijom analizom ovog događaja je utvrđena vrednost struje koja je dovela do isključenja transformatora i došlo se do zaključka da u rele nije ispravno unet podatak o snazi transformatora. Kako je tokom rekonstrukcije snaga transformatora podignuta za 20% time su i naznačene struje transformatora podignute takođe za 20%. Nominalna struja kroz transformator koju rele izračunava na osnovu unetih podataka se može odrediti preko formule (1).

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (1)$$

gde je U_n napon na onoj strani transformatora za koju računamo naznačenu struju, a S_n je naznačena snaga transformatora. Kako je izmerena vrednost struje kroz transformator iznosila $1,59 \cdot I_n$ tada bi u slučaju da je u rele unet podatak o podignutoj snazi za 20% (a time i naznačenoj struji), vrednost ove struje u relativnim jedinicama iznosila:

$$I_{rj} = \frac{I_{izm}}{I_{n,120\%}} = \frac{1,59 \cdot I_n}{1,2 \cdot I_n} = 1,325 \quad (2)$$

gde je I_{izm} izmerena vrednost struje kroz transformator, a $I_{n,120\%}$ naznačena struja za 20% veću snagu transformatora. Iz formule (2) vidimo da rele ne bi imao uslov da reaguje da je podatak o povećanoj snazi transformatora ispravno unet.

Analizom se jasno pokazuje da bi u slučaju da je snaga na releju promenjena u skladu sa izvršenom modifikacijom hlađenja transformatora T4, struja bila u okviru granice od 1,5 r.j. te da rele u tom slučaju ne bi odreakovao. Ovako, sa zatečenim stanjem, s obzirom da rele računa struju na osnovu unetog naponskog nivoa i snage transformatora dogodila se situacija da rele odreakuje i isključi štice transformatora i pored činjenice da njegova bezbednost praktično nije bila ugrožena.

Komentari i zapažanja

Ovaj događaj je ukazao na neophodnost blagovremenog praćenja svih promena parametara opreme i uklopnih stanja u 110 kV razvodnom postrojenju, a naročito nakon obavljenih rekonstrukcija, pri čemu je posebnu pažnju potrebno posvetiti podešenjima zaštitnih uređaja.

Pregledom dokumentacije, kao i samih zaštitnih uređaja u elektrani, autori su primetili da podešenja zaštitnih uređaja, koja su naznačena u dokumentaciji, nisu uvek ista kao i stvarna podešenja tog uređaja tj. da dokumentacija nije ažurirana sa promenom podešenja. Kako se za bilo kakve analize ili proračune koji se rade koristi isključivo postojeća dokumentacija zaštitnih uređaja, od velikog značaja je da ona u potpunosti odgovara pravom stanju. U protivnom se mogu izvesti pogrešni zaključci i uraditi pogrešni proračuni. S toga je ovo još jedan segment na koji treba obratiti posebnu pažnju.

3. ISPAD TE „KOLUBARA A“ USLED MEHANIČKOG OŠTEĆENJA ZATEZNOG IZOLATORA

Opis događaja i uklopno stanje

Dana 05.12.2011. u 18:28 došlo je do pucanja zateznog izolatora u fazi 8 na prvom sistemu sabirnica u 110 kV postrojenju, usled čega je došlo do ispada celog postrojenja (svih dalekovoda i blokova) reagovanjem zaštite. Pomenuti izolator je dupli zatezni porcelanski izolator sa sedam članaka. Najverovatniji uzrok pucanja izolatora jeste oštećenje izolatora usled pojave puzajućih struja, jer se pretpostavlja da je usled aero-zagađenja i blizine rashladnih tornjeva stanje površine izolatora bilo nepovoljno. Uklopno stanje pre pucanja izolatora je bilo takvo da su zbog adaptacije spojnog polja na prvom sistemu sabirnica bili povezani svi blokovi i dalekovodi.

Ono što je još utvrđeno je da je posledica ovog kvara bio ispad dalekovoda DV 120/1 sa strane elektrane, dok su svi ostali dalekovodi isključeni sa strane distributivnih postrojenja. Distantnoj zaštiti sa strane elektrane je kvar na sabirnicama bio kvar iza leđa za čije reagovanje je bilo potrebno da prođe 1,5 s (zona 3); dok je za distantne zaštite u distributivnim postrojenjima ovaj kvar bio u 2 zoni, čije vreme reagovanja iznosi ≈ 400 ms.

Generatori bloka 1 i 2 su isпали delovanjem prekostrujne zaštite, a generator bloka 3 je razvezan sa mreže delovanjem podimpedantne zaštite.

Preduzete mere

Nakon ispada, osoblje elektrane je najpre isključilo sve prekidače dalekovoda sa strane elektrane, osim prekidača dalekovoda 120/1 ka Lazarevcu koji je već bio isključen. Zatim su svi dalekovodi prebačeni na drugi sistem sabirnica, kako bi elektrana dobila napajanje sa 110 kV strane. Po dobijanju napona izvršena je sinhronizacija najpre bloka 1 na mrežu u 20:55, a zatim i bloka 2 u 22:32. Blok 5 nije odmah sinhronizovan zbog blizine provodnika u generatoskom polju ovog bloka mestu na kome je došlo do pucanja izolatora. Tako da se sinhronizaciji ovog bloka pristupilo tek po završetku radova na zameni oštećenih izolatora.

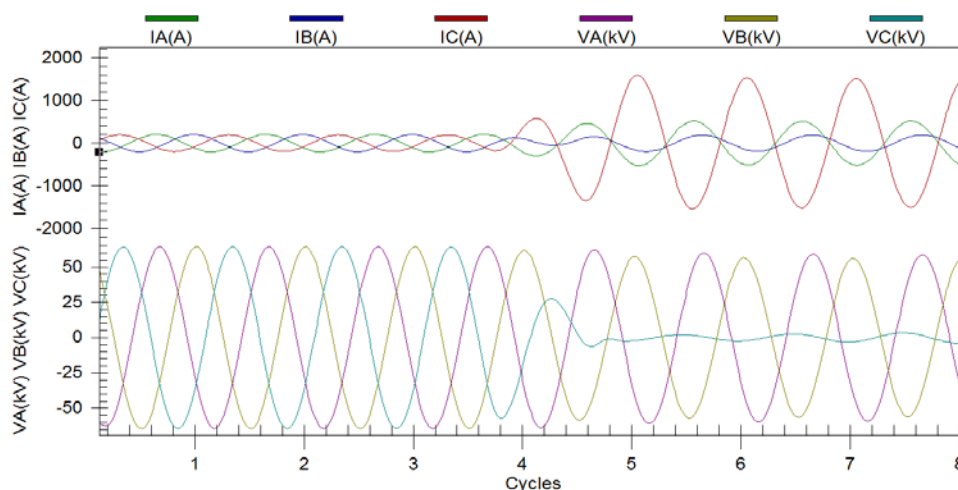
S obzirom da na dalekovodnim zaštitama sa strane elektrane postoje savremeni mikroprocesorski uređaji moguće je bilo preuzeti snimak kvara (slike 4 do 6). On je preuzet sa releja koji štiti dalekovod DV 120/1 „Lazarevac“ i koji je jedini isključen sa strane elektrane, verovatno usled nereagovanja releja sa distributivne strane.

Komentari i zapažanja

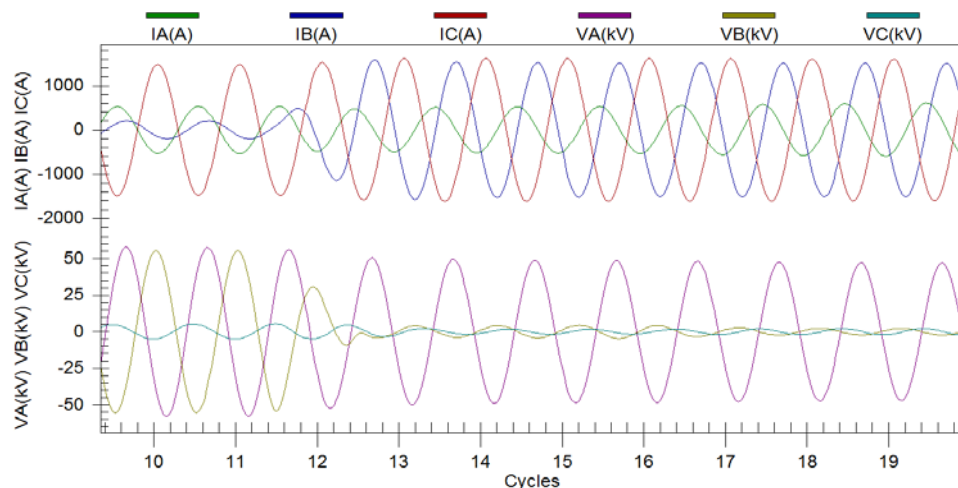
Imajući u vidu činjenicu da zaštita sabirnica u 110 kV postrojenju elektrane ne postoji, kao i uklopno stanje, posledice ovakvog kvara se praktično nisu mogle izbeći. Međutim, trenutno postojeće zaštite u postrojenju nisu mogle da obave brzo eliminisanje kvara i spreče da generatori i ostala oprema u elektrani budu izloženi velikim strujama bliskog kratkog spoja čak nekoliko sekundi.

Postojanje sabirničke zaštite u ovakvoj situaciji svakako ne bi sprečilo posledicu prekida napajanja iz elektrane ka distributivnim postrojenjima, ali bi sigurno smanjilo stres energetske opreme u elektrani. Tako bi transformatori i generatori u slučaju postojanja sabirničke zaštite bili razvezani sa mreže za ≈ 100 ms umesto da budu izloženi povećanoj struji nekoliko sekundi (do prorade neke od rezervnih zaštita) kao što je to bilo u ovom slučaju.

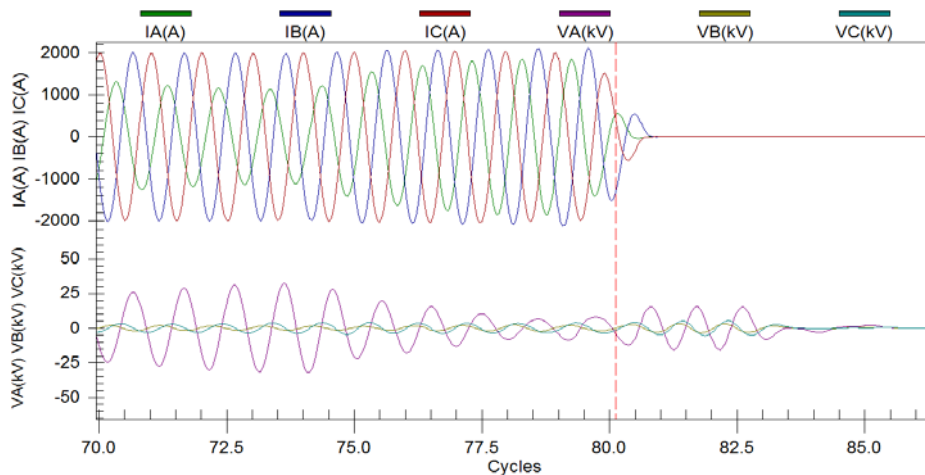
Poslednji analizirani događaj je ukazao da je i pored korišćenja savremenih zaštitnih uređaja, adekvatno usklađivanje zaštitnih uređaja u elektrani i distributivnoj mreži osnovna garancija pouzdanog i blagovremenog delovanja zaštita. Takođe, kao što je već rečeno trebalo bi što je moguće više smanjiti rizik vanrednim preventivnim pregledima energetske opreme, a naročito u situacijama nepovoljnih uklopnih stanja i smanjene sigurnosti isporuke električne energije, kao što je to bilo u ovom slučaju. Poznato je da je u većini slučajeva bolje ići na veću sigurnost u isporuci pa makar to značilo i redukovanje dela proizvodnje, jer se neplanskim ispadima i zastojsima osim troškova prouzrokovanih kvarovima i penalima zbog neisporučene električne energije plaća i cena stresa ostale energetske opreme i potrebe ljudstva radi normalizacije isporuke električne energije.



Slika 4 – Nastanak jednofaznog kvara



Slika 5 – Prerastanje jednofaznog u dvofazni kvar



Slika 6 – Trenutak isključenja dalekovoda

Na slici 4 se vidi nastanak najpre jednofaznog kvara, a kasnije njegov razvoj u dvofazni kvar (slika 5), a zatim i trenutak reagovanja releja tj. isključenja dalekovoda (slika 6). S obzirom na proizvođača releja na apscisama je prikazano vreme u ciklusima, gde je 1 ciklus = 20 ms.

4. ZAKLJUČAK

Svi ovde doneti zaključci su izvedeni nakon analize koja je sprovedena na osnovu dostupnih podataka za svaki od tri pomenuta događaja. Najviše prostora u ovom radu je dato analizi prvog događaja zbog njegove specifičnosti. Naime, trebalo je utvrditi tačan redosled reagovanja pojedinih zaštitnih uređaja i pružiti objektivni i tačan odgovor o razlogu ispada bloka 5 (110 MW) zbog kvara u distributivnoj mreži. Ostala dva događaja pokazuju da je samo velikim zalaganjem i posvećenošću kao i primenom savremenih rešenja moguće povećati sigurnost i pouzdanost sistema zaštite i preduhitriti neplanske ispade i zastoje u proizvodnji i distribuciji električne energije.

Veoma je važno da ceo sistem zaštite u jednom objektu bude jedinstven u pogledu usklađenosti reagovanja, vremena, celovitosti itd. i u potpunosti pogodan za analizu nastalih događaja. To se takođe odnosi i na deo distributivne mreže iz koga se mogu dobiti značajni podaci o pogonskim događajima. Zato je od velikog značaja da se rekonstrukcijom zaštita u elektrani obuhvate i zaštite u distributivnim TS sa kojima je ta elektrana povezana jer se jedino na taj način postiže pravi efekat. Postojanje SCADA sistema u 110 kV distributivnim TS bi bilo od velike koristi jer se često dešava da informacije iz distributivnih TS o nekom pogonskom događaju sporo „putuju“ do elektrane, a time se produžava vreme ponovnog vezivanja elektrane sa EES-om.

Važno je i da svaki isporučilac zaštitnih uređaja integriše svoju opremu u potpunosti sa postojećim sistemom zaštite na objektu, jer se samo tako postiže prava svrsishodnost ugradnje nove opreme. Autori su takođe primetili da je praksa da se prilikom zamene postojećih releja relejima novije generacije mikroprocesorskog tipa u najvećem broju slučajeva samo „prepisuju“ postojeća podešenja u novi relej i da se time ne koriste sve funkcije i pogodnosti koje mikroprocesorski relej ima. Ovakav pristup se najčešće opravdava činjenicom da ukoliko je nešto radilo duži vremenski period bez problema takvo podešenje treba i zadržati, pa se uglavnom to i praktikuje. Takođe, ni isporučioči opreme nisu pokazali preterano interesovanje da se sa novom opremom inovira (u punom smislu) i sistem zaštite.

I na kraju, ono što bi svako trebalo da bude praksa je da se nakon većih rekonstrukcija sistema zaštita na nekom objektu, a svakako nakon zamene ili modifikacije energetske opreme, uradi i odgovarajući proračun podešenja sistema zaštite. On može da obuhvati ponovni proračun samo jednog dela ili određenih celina ili celog sistema zaštite, ali svakako treba da obuhvati sve promene koje utiču na sistem zaštite i njegovu koordinisanost sa ostalim sistemima (distributivne ili prenosne mreže). Jedino se na takav način osigurava maksimalna pouzdanost i raspoloživost elektrane u procesu proizvodnje električne energije.

LITERATURA

1. Dokumentacija Termoelektrane Kolubara A
2. Izveštaji Saturn Electric-a o predmetnim događajima
3. JP EPS, 2001., Tehnička preporuka br. 4
4. Milenko Đurić, 2003., Relejna zaštita