

ANALIZA NEUOBİČAJENIH KVAROVA U TS 110/X kV I PREDLOZI MERA ZA NJIHOVU PREVENCIJU

ANALYSIS OF UNUSUAL FAULTS IN TS 110/X kV AND SUGGESTIONS FOR MEASURES FOR THEIR PREVENTION

Vidoje MIJATOVIĆ, „Elektrodistribucija Srbije“ d.o.o. Beograd, Ogranak ED Sombor, Srbija
Dario ĐANIĆ, „Elektrodistribucija Srbije“ d.o.o. Beograd, Ogranak ED Sombor, Srbija

KRATAK SADRŽAJ

U toku eksploatacije transformatorskih stanica 110/X kV na području Elektrodistribucije Sombor dešavali su se, pored uobičajenih, i nekoliko neuobičajenih pogonskih događaja. Pri ovim ispadima bi na duže vreme ostajao bez napajanja, polovina ili ceo konzum te transformatorske stanice. Analiza ovih događaja najčešće nije bila najjednostavnija, ili je za uočavanje sistematske greške bilo potrebno duže praćenje. Stoga smo osetili potrebu da podelimo svoja iskustva i zapažanja, kao i da predložimo načine na koji ovakvi događaji mogu da se preduprede ili rano detektuju. Tu je, pre svega, analiza ispada oba energetska transformatora usled kvara na komori prekidača snage spojnog polja 20 kV, zatim problemi sa prolaznim izolatorima od epoksida, u TS 110/20 kV, koji su montirani između ćelija 20 kV i, na posletku, analiza kvarova koji nastaju između zone šticešćenja diferencijalne zaštite transformatora i prekidača snage transformatorskog polja 20 kV uz predlog podešenja sabirničke zaštite na strani 20 kV. U ovom radu su date detaljne analize pogonskih događaja sa fotografijama, objašnjenjima i predlozima kako, ubuduće, te kvarove sprečiti.

Ključne reči: prolazni izolator, ispad, sabirnička zaštita.

ABSTRACT

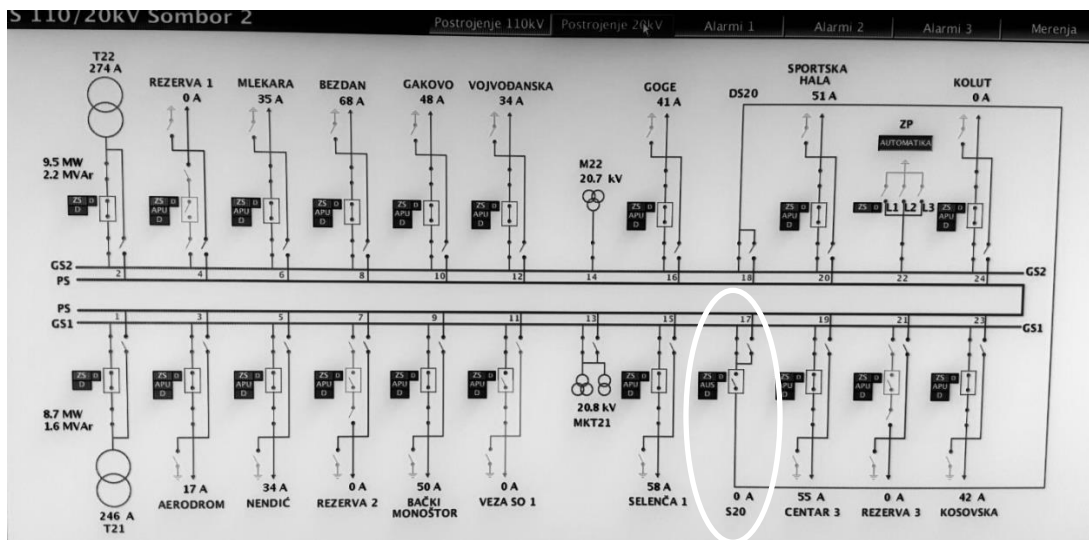
During the exploitation of 110/X kV transformer stations in Sombor Electricity Distribution, there were, besides the usual, few unusual fault events. The number of electricity purchasers who remained without supply for long periods of time was, most often, all consumers of this transformer station, or half of them. The analysis of these events was usually complex, or longer monitoring was required to detect systematic errors. Therefore, we felt the need to share our experiences and observations, as well as to suggest ways in which such events could be prevented or detected early. There is, first of all, an analysis of the tripping of both power transformers due to a failure on the 20 kV circuit breaker which connects transformers at the 20 kV side, then problems with the failure of the bushing insulators made of epoxy, in the TS 110/20 kV, which are mounted between the 20 kV cells and, finally, analysis of the faults between the zone protected by transformer differential protection and the 20 kV transformer circuit breaker with suggested settings of 20 kV bus bars protection. This paper provides a detailed analysis of fault events with photos, explanations and suggestions on how to prevent these events in the future.

Key words: bushing insulator, tripping, bus bars protection

Vidoje Mijatović, vidoje.mijatovic@epsdistribucija.rs

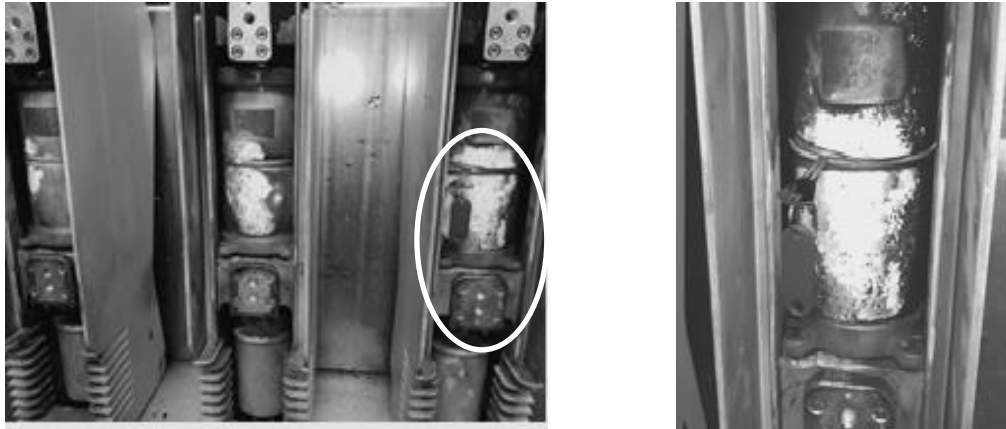
KVAR KOMORE PREKIDAČA SPOJNOG POLJA 20 kV

Na području Ogranka Sombor, u TS 110/20 kV koje su projektovane za rad sa dva energetska transformatora (ET) 110/20 kV spojno polje (SP) 20 kV, se koristi, pre svega, da omogući paralelan rad dva ET, kako u trajnom radu tako i kratkotrajno. Trajni paralelni rad se ne praktikuje, iako je bilo nekoliko inicijativa da to postane praksa. Kratkotrajno se koristi pri isključenju jednog ET pri čemu se preko SP napaja konzum isključenog ET. Pored navedenog, u TS koje imaju sistem pomoćnih sabirnica, SP 20 kV se koristi za napajanje izvoda tokom remonta ili kvara. Prekidač snage SP 20 kV je, u redovnom pogonu, isključen, pri čemu su oba prekidača transformatorskog polja 110 kV (TP110) i oba prekidača transformatorskog polja 20 kV (TP20) uključena, a sabirnički rastavljači SP sa strane jedne i druge sekcije glavnih sabirnica uključeni. Na taj način je sa jedne strane prekidača snage SP 20 kV prisutan napon sa jednog, a sa druge strane napon sa drugog ET. On je tako u isključenom stanju spreman da, u slučaju planiranog isključenja ili u slučaju ispada jednog ET preuzme njegovo opterećenje. Za uključenje SP 20 kV u slučaju ispada jednog ET zadužena je lokalna automatika AUS (automatsko uključenje spojke) koja je podešena tako da generiše uključenje SP 20 kV samo na kvarove koji se dešavaju od dalekovodnog polja 110 kV (DVP110) do samog prekidača TP20.



SLIKA 1 – JEDNOPOLNA ŠEMA RAZVODA 20 KV NA TS 110/20 KV SOMBOR 2 I DISPOZICIJA SP 20 KV

Događaj koji ćemo opisati desio se 31. marta 2019. godine u TS 110/20 kV Sombor 2. Tom prilikom su ispala oba ET usled čega je znatan deo konzuma bio bez napona na duži vremenski period. Prvo je ispao ET1 delovanjem sabirničke zaštite, a odmah zatim i ET2 delovanjem njegove sabirničke zaštite. Ceo konzum ove TS je ostao bez napona. Po dolasku dežurne ekipe na lice mesta uočeno je da je došlo do proboja prolaznog izolatora na fazi L2 glavnih sabirnica ET1, između ćelije SP 20 kV i izvodne ćelije „Selenča 1“. Vidni su bili i tragovi luka u samoj ćeliji SP 20 kV koji su bili intenzivniji oko njegovog prekidača. Neobičajeno je to da je sabirnička zaštita isključila i ET2 koji sa ovim sabirnicama, naizgled, nije ni u kakvoj vezi. Zbunjujuće je bilo i to što je u HRD listi zabeleženo da je reagovala prekostrujna zaštita SP 20 kV iako je njegov prekidač bio isključen. Kada su isključeni rastavljači glavnih i pomoćnih sabirnica SP 20 kV ET2 je uključen, a veliki deo konzuma ET1 je napojen manipulacijom u dubini mreže. Deo ekipe je pristupio zameni havarisanog prolaznog izolatora i saniranju posledica kvara, a mi smo, detaljnijim pregledom prekidača SP 20 kV utvrdili da su polovi prekidača vidno oštećeni električnim lukom, a pogotovo pol L1.



SLIKA 2 - HAVARISANI PREKIDAČ SP20 I IZGLED NAPUKLE KOMORE

Uočili smo i da je vakuumska komora za gašenje luka na fazi L1 pukla, tj. da je izgubila vakuum. Zaključak koji smo pri tom doneli, bio je, blago rečeno, uznemirujući. Naime, najverovatniji scenario je bio da je pri jednoj od manipulacija uključanja ili isključenja prekidača SP 20 kV došlo do pucanja komore.

Sve manipulacije koje su sa njim obavljane bile su redovne tj. takve da je ili vršeno paralelovanje transformatora ili napajanje izvoda preko pomoćnih sabirnica pri čemu je sa obe strane komore bio isti potencijal i prilikom uključanja i prilikom isključenja. U skladu sa tim jasno je da nije moglo doći do pojave luka i ove manipulacije su se mogle izvršiti i sa komorom u ovakvom, havarisanom stanju. Međutim, prilikom ispada transformatora, kao što je ovde bio slučaj, jedan kraj prekidača, a time i neispravna komora, je na nominalnom naponu, a druga je na nultom potencijalu. Tada dolazi do preskoka na neispravnoj komori i pojavi luka koji prvo oštećuje druge dve komore i kreće se na gore. Otuda i pobuda zaštite SP20 iako je prekidač isključen. Ovaj kvar je trajao oko 150 ms, ali je uspeo da napravi dosta štete. Prekidač snage SP20 je morao biti zamenjen, a šteta u ovom delu ćelije sanirana.

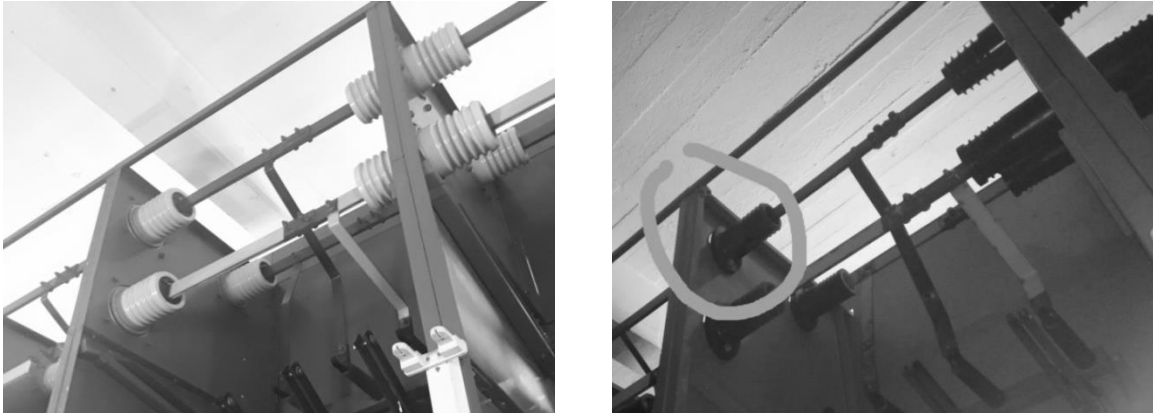
Posebno napominjemo da je ovaj prekidač proizvod eminentnog proizvođača, proizveden 2011. godine sa brojem odrada 375, dakle, daleko ispod njegovog radnog veka i po godinama i po broju odrada. Uznemirujuće je to što je ovaj prekidač u ovakvom stanju, verovatno, bio više meseci i što su sa njim vršene manipulacije. Do pojave luka je moglo doći i pri isključenju ET od strane zaštite koje pokreću automatiku AUS pri čemu bi, najverovatnije, došlo i do ispada drugog transformatora. Dakle, on predstavlja potencijalni tempirani uređaj koji pri pojavi havarije, vrlo verovatno, može da dovede do njene eskalacije. Analizom manipulacija SP20 na osnovu HRD lista, mesecima unazad, nismo primetili nikakvu nepravilnost ili pojavu pobude neke od zaštite koja bi nam ukazalo na problem koji postoji sa ovim prekidačem iako su, tokom nedavne rekonstrukcije, zamenjeni svi zaštitni uređaji novom, mikroprocesorskom zaštitom. Ovakvih prekidača imamo ukupno 8 na području našeg ogranka što na prekidačima SP20 što na TP20. Izvršili smo njihovu hitnu vanrednu proveru tako što smo, u isključenom stanju, jedan kraj prekidača uzemljili, a na drugi doveli napon od 20 kV. Ni kod jednog nismo utvrdili ovakvu neispravnost. Kako je proboj vakuumske komore prekidača uočen i kod drugog tipa prekidača, drugog proizvođača, ali sa elektromagnetnim pogonom, kojih ima veliki broj u našem Ogranku, kako na TS 110/20 kV tako i na reklozerima uveli smo kao obavezu naponskog ispitivanja komora prekidača u isključenom stanju i to jednom godišnje.

PROBOJ PROLAZNIH IZOLATORA NA RAZVODU 20 kV U TS 110/20 kV

Analizom arhiviranih izveštaja komisije za ispađe ET 110/20 kV u proteklih 18 godina u našem Ogranku primetili smo značajan broj ispada uzrokovanih probojem prolaznih izolatora na 20 kV razvodu. Ogranak Sombor ima osam TS 110/20 kV od kojih su šest takve da imaju razvod 20 kV na spratu, u ćelijama otvorenog tipa, a dve su sa metal oklopljenim, vazduhom izolovanim izvlačivim ćelijama. Kako je pogon Vrbas pre 8 godina pripojen Somboru, u ovom radu se baziramo samo na izveštajima vezanim za ispađe TS na užem području Sombora u kojem imamo pet TS 110/20 kV od kojih je jedna sa izvlačivim ćelijama. Sa stanovišta prolaznih izolatora interesantne su nam TS 110/20 kV Apatin, Crvenka, Odžaci i Sombor 2. Sve četiri su koncipirane na isti način i gotovo identične.

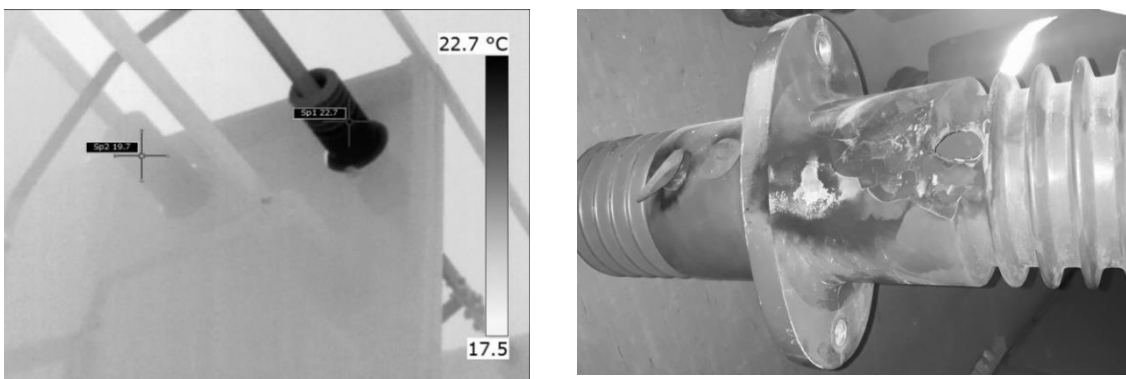
Neuobičajenost ovih događaja se ogleda u sledećem: u TS Odžaci i Sombor 2 je registrovano **27** ispada uzrokovanih probojem prolaznih izolatora (od čega 15 u Odžacima i 12 u Somboru 2), a u TS Apatin i Crvenka nije zabeležen **ni jedan**.

Osnovna razlika između ovih TS je u tome što su u Apatinu i Crvenki prolazni izolatori porcelanski, a u Somboru 2 i Odžacima epoksidni. Važno je napomenuti da su ove dve TS opremljene zemljospojnim prekidačem i da je broj njegovih odrada jako veliki pre svega zbog velikog broja i dužine nadzemnih vodova. Pri svakoj odradi zemljospojnog prekidača postrojenje kratkotrajno dolazi pod napon faze koja se uzemljava tako da je napon na izolatoru jednak međuafaznom naponu i upravo su ovo situacije u kojima, najčešće, dolazi do proboja.



SLIKA 3 – PROLAZNI IZOLATORI NA RAZVODU 20 KV: PORCELANSKI I EPOKSIDNI

Ispad transformatora usled proboja prolaznih izolatora su dramatični događaji. Veliki broj potrošača ostaje bez napajanja [2], sanacija štete i vraćanje postrojenja u redovan pogon dugo traje i zahteva veliki broj izvršilaca kako u samoj transformatorskoj stanici tako i ekipa na terenu koje se angažuju da proslede napon do potrošača. Najčešće je proboj ovih izolatora praćen praskom, delovi izolatora lete po prostoriji i mogu da ozlede čoveka ili oštete opremu u postrojenju, a sama prostorija je ispunjena dimom. Probaj jednog izolatora vrlo često dovede do proboja jednog ili dva susedna. Prilikom zamene izolatora neophodno je demontirati sekciju sabirnica koja kroz njega prolazi, a na koju su vezani sabirnički rastavljači i kasnije ih, po zameni izolatora ponovo montirati na svoje mesto. Za detaljnu sanaciju tragova havarije kao što je farbanje mesta preskoka na postrojenju i sabirnicama čeka se godišnji remont TS tokom koga se cela sabirnička sekcija isključi i obezbedi od povratnog napona. Farbanje je neophodno da bi se uočili novi tragovi preskoka radi analize i prevencije novih ispada.



SLIKA 4 – TERMOVIZIJSKA SLIKA PROLAZNOG IZOLATORA KOJI JE POD SUMNJOM I SLIKA HAVARISANOG IZOLATORA

Pokušali smo da delujemo preventivno tako što smo ispitivali celu sabirničku sekciju na parcijalna pražnjenja da bi otkrili eventualne vazdušne šupljine u dielektriku nastale u procesu proizvodnje [1], vršili vanredne termovizijske preglede, a pri svakom obilasku TS izričito obraćali pažnju na zvuk električnog pražnjenja koji često prethodi probojem.

Međutim, i pored svih naših napora je samo tokom 2019 godine na TS Sombor 2 četiri puta došlo do ispada ET usled proboja ovih izolatora. Interesantan je podatak da su pored starih, probijali i novi, nedavno zamenjeni izolatori. Iz ovog razloga smo intenzivirali napore u pronalaženju rešenja ovog problema. Dogovorili smo posetu našeg stručnog tima domaćoj fabrici koja proizvodi ove izolatore. Ova poseta je bila izuzetno konstruktivna. Tu smo videli da je svaki njihov prolazni izolator komadno ispitan na parcijalna pražnjenja. Skrenuli su nam pažnju da je neophodno ispoštovati uslove montaže, a to se ogleda u sledećem:

- prilikom provlačenja sabirnica obavezno montirati distancere koji drže sabirnice u centru izolatora i ostvaruju električni kontakt između sabirnica i unutrašnjeg provodnog ekrana izolatora,
- deo sabirnica na koji se distancer oslanja ne sme biti ofarban,
- ekran je neophodno dodatno uzemljiti, iako se on pri montaži pričvršćuje za metalni deo postrojenja.

Interesantna su iskustva iz njihove ispitne laboratorije. Merili smo struju odvođenja u slučaju kada je deo sabirnica montiran u skladu sa njihovim uputstvom i kada je deo sabirnica provučen kroz izolator bez distancera. U prvom slučaju je struja odvođenja bila svega nekoliko pikokulona (pC), a u drugom stotine mikrokulona (mC)! Naoružani ovim iskustvima pristupili smo korekciji montaže montiranih izolatora, a pri zameni smo izričito vodili računa da se ispoštuju gore navedeni uslovi. Na žalost, nismo mnogo postigli. Opet je dolazilo do proboja izolatora kako starih tako i novih. Ovaj problem je prisutan u skoro svim TS 110/20 kV na području nekadašnje Elektrovojvodine koje imaju epoksidne prolazne izolatore. Dali smo inicijativu za hitnu nabavku i zamenu ovih izolatora sa porcelanskim.

ISKLUČENJE KVARA IZMEĐU STRUJNIH MERNIH TRANSFORMATORA I PREKIDAČA TP 20 kV

Na kraju bismo naveli još jednu grupu neuobičajenih događaja koje smo sreli tokom eksploatacije. Radi se o kvarovima na delu sabirnica između strujnih mernih transformatora (SMT) i prekidača snage TP 20 kV kao i na njima samima. Ovi događaji su dosta retki i verovatno neke od kolega ih u svom radnom veku nisu iskusili. Na području našeg Ogranka smo imali dva ovakva ispada u proteklih 18 godina. Po podešenjima zaštite koje su rađene po preporukama iz vremena kada su transformatorske stanice izgrađene ove kvarove isključuje tek prekostrujna zaštita TP110 ili zaštita neutrale 20kV. Vreme podešenja ovih zaštita je 1,5-2 s. Ovi kvarovi su van zone šticešnja diferencijalne zaštite transformatora. Kod TS 110/20 kV sa 20 kV postrojenjem na spratu ova zona je dugačka nekih 8 m i počinje od SMT na izlazu iz „tunela“ i proteže se do prekidača, zaključno sa samim prekidačem .

Kod TS sa izvlačivim ćelijama ova zona je dugačka svega 20- 30 cm i nalazi se u donjem, priključnom delu ćelije od SMT do samog prekidača).



SLIKA 5 – DELOVI 20 KV RAZVODA VAN ZONE ŠTIĆENJA DIFERENCIJALNE ZAŠTITE KOD POSTROJENJA NA SPRATU I U METAL OKLOPLJENIM ĆELIJAMA

U oba slučaja došlo je do preskoka između faza na sabirnicama. Moguće je da je događaj krenuo kao zemljospoj, ali je prerastao u kratak spoj. Pri ovom kvaru se pobudila kratkospojna sabirnička zaštita i u vremenu od 150 ms isključio prekidač snage TP 20 kV, ali se time ne odvoji kvar jer je kvar pre tog prekidača. Kvar je trajao 1,5 ili 2 s dok zaštita neutrale 20 kV ili prekostrujna zaštita TP 110 kV nije isključila prekidač TP 110 kV. Koja zaštita će ga isključiti zavisi od toga da li je kvar imao i komponentu zemljospoja ili je bio čist kratak spoj. Nalazom na licu mesta, kod oba

tipa postrojenja, uočena su masovna razaranja. Kod otvorenog razvoda nedostajali su celi delovi sabirnica, potporni izolatori su bili prekriveni sa gareži, a pod je bio prekriven istopljenim bakrom. Kod metal oklopljenog postrojenja došlo je do potpunog razaranja elemenata iz tog dela ćelije, topljenje kratke bakarne veze, SMT i uvodni izolatori spaljeni i neupotrebljivi. Moram napomenuti da metal oklopljeno postrojenje nije opremljeno indikatorima luka, a samim tim ni zaštitom od pojave luka, koja je namenjena upravo ovakvim kvarovima. Saniranje ovog kvara na otvorenom razvodu je bilo relativno lako, ali je, pored moneterske ekipe zahtevalo angažovanje i bravara u trajanju nekih 6 radnih sati. Međutim, kod metal oklopljene ćelije to nije bio slučaj. Bilo je potrebno hitno nabaviti kompletno nov donji deo ćelije, što je trajalo više od mesec dana uz transport, zamenu i ispitivanje. Osnovni uzrok ovolike štete je, pre svega, dugačko vreme trajanja kvara tokom koga smo imali transformator od 31,5 MVA u kratkom spoju. Naše rešenje ovog problema je izuzetno jednostavno. Naime, povezali smo da kratkospojna sabimička zaštita 20 kV isključuje i prekidač TP 110 kV. Na taj način ovaj kvar umesto da traje 2 s bude isključen za 150 ms. Ovo rešenje deluje trivijalno, ali je problem što ni na jednoj našoj transformatorskoj stanici, kao i na području cele Vojvodine, ono nije implementirano. U nekim Ograncima su kolege uočile ovaj problem i rešile ga, ali ono nije sprovedeno kao tipsko rešenje. Interesantno iskustvo sa ovim rešenjem je da pri pojavi kvara na sabirnicama posle prekidača TP 20 kV kvar biva isključen isključenjem tog prekidača, dok prekidač TP 110 kV ostane uključen. To objašnjavamo većom inercijom prekidač 110 kV u odnosu na prekidač 20 kV, tako da pobuda prestane pre nego prekidač 110 kV bude isključen. Na neki način je postignuta i selektivnost ove zaštite. Svakako bi najbolje rešenje bilo da se, gde je to tehnički izvodljivo, ugrade zaštite od pojave luka koje za manje od 10 ms detektuju luk i generišu nalog isključenja.

ZAKLJUČAK

Ovaj rad je nastao u nameri da podelimo naša iskustva u eksploataciji i održavanju TS 110/20 kV. Naša rešenja se odnose kako na podešenja zaštite, tako i na mere da se neki kvarovi preveniraju, ili da se minimiziraju štete koje usled njih nastaju. Po nama je veoma bitna komunikacija između stručnih službi merenja i zaštite kako na nivou preduzeća, tako i na nivou zemlje i regiona. Ta inicijativa bi, po nama, trebala da bude potpomognuta i od strane menadžmenta.

Takođe smatramo da neka rešenja pomenuta u radu, trebala bi da iniciraju reviziju tehničkih preporuka distribucije

LITERATURA

1. A. Zeeshan, 2011, "Analysis of Partial Discharge in OIP Bushing Models", "Degree Project in Electrical Engineering Electromagnetic Engineering Stockholm", "XR-EE-ETK 2011:008", 35
2. M. Radunović mith V.Mijatović , 2008, "Analiza izveštaja komisije za ispade transformatora 110/20 kV u ED Sombor", "Zbornik radova CIRED 2008", 6
3. Tehnička preporuka br. 4a1, 2001 IV izdanje, „Zaštita distributivnih vodova 10 kV, 20 kV i 35 kV“, 6