

#  
#  
#  
#  
#  
#  
#  
#  
#  
#  
#

## KOMENTARI NEKIH NOVIH REŠENJA ZA ZAŠTITU IZVODA 20 kV I AUTOMATIKU ZEMLJOSPOJNIH PREKIDAČA

#

#

M. RADUNOVIĆ  
PD za distribuciju električne energije "Elektrovojvodina" d.o.o. Novi Sad  
Elektrodistribucija "Sombor"  
Srbija  
V. MIJATOVIĆ  
PD za distribuciju električne energije "Elektrovojvodina" d.o.o. Novi Sad  
Elektrodistribucija "Sombor"  
Srbija

### KRATAK SADRŽAJ

Inovacije u sistemu zaštite i automatizacije transformatorskih stanica 110/20 kV retke su i dragocene. Čitajući radove kolega koji su neke od njih realizovali osetili smo potrebu da komentarišemo ono što smatramo nedovoljno dobro urađenim i da predložimo kvalitetnija rešenja.

Šira upotreba mikroprocesorskih releja otvorila je prostor za eksperimentisanje. Inplementirane su poznate zaštite koje do sada nisu korišćene. To su zaštite koje retko rade jer su retki kvarovi na koje reaguju, a bile su skupe i komplikovane. Mikroprocesorske releje dogradnja novih funkcija ne poskupljuje značajno.

Pojedini proizvođači ponudili su zaštitu od asimetrije opterećenja (inverzna komponenta struje) za izvode 20 kV. Iako je ne tretiraju Tehničke preporuke EPS-a, realizovana je na nekim transformatorskim stanicama, aktivirana i opisana u radovima. Primenu ove funkcije ne smatramo lošim već njen ravnopravan tretman sa ostalim (do sada korišćenim) zaštitama. U radu će biti objašnjeno naše viđenje ove problematike i moguća kvalitetnija rešenja.

Sistem zemljospojnog prekidača koristi se u većini transformatorskih stanica 110/20 kV "Elektrovojvodine". U početnoj fazi nastojalo se da ova lokalna automatika radi što brže, bez daljinske kontrole i uz najmanje moguće intervencija u okviru postojećeg sistema zemljospojne zaštite.

Mi smo uveli daljinski nadzor tehnike zemljospojnih prekidača što je omogućilo praćenje njihovog rada u okruženju ostalih događaja na mreži sa velikim brojem korisnih informacija. Usporili smo rad automatike

50 milisekundi da bi uveli blokade rada zemljospojnog prekidača na kvarove koje zbog njihove prirode zemljospojni prekidač ne može da eliminiše.

Koristeći to usporenje neki autori uvode blokadu rada zemljospojnog prekidača pri davanju komande za uključenje bilo kog izvodnog prekidača 20 kV. Ovde se sistem zemljospojnog prekidača tretira kao zamena automatskog ponovnog uključjenja izvoda, što je pogrešan pristup. Sistem zemljospojnog prekidača zapravo odrađuje posao zemljospojne zaštite izvoda i kod prolaznih kvarova automatsko ponovno uključenje čini nepotrebnim. Komentarisaćemo primenjeno rešenje i opisati poboljšanu verziju koja više od godinu dana funkcioniše na transformatorskim stanicama 110/20 kV Apatin i Sombor 2 uz različit tretman kablovskih izvoda, koji nemaju uređaj za automatsko ponovno uključenje, od nadzemnih i mešovitih koji imaju.

Ključne reči: zemljospojni prekidač, blokade, izvodni prekidači, zaštita, inverzna komponenta

## UVOD

Korišćenje savremenih, mikroprocesorskih releja otvara prostor za kreativni rad inženjera. Zahvaljujući njima prelazne pojave se snimaju i pamte, dostupno nam je ono što smo do sada morali da logiciramo i pretpostavljamo. Kombinujući snimke njihovih registratora događaja sa HRD listama daljinske stanice i izveštajima sa terena o prirodi kvara koji je zaštita prepoznala moguće je unapređivati postojeće stanje. I, naravno, pratiti posledice svojih rešenja.

Mikroprocesorski releji za izvode 20 kV po pravilu imaju veliki broj funkcija, između ostalog:

- kratkospojnu zaštitu sa vremenski nezavisnom karakteristikom
- prekostrujnu zaštitu sa vremenski nezavisnom karakteristikom
- usmerenu dvostepenu zemljospojnu zaštitu sa vremenski nezavisnom karakteristikom
- automatsko ponovno uključenje, brzo i sporo
- podfrekventnu zaštitu
- zaštitu od nesimetričnog opterećenja
- zaštitu od otkaza prekidača
- kontrolu isključivih krugova prekidača
- regulator događaja

Naravno, mi nismo u obavezi da sve ovo aktiviramo. Kao što se na osnovu praktičnih iskustava ne koristi automatsko ponovno uključenje za čisto kablovske izvode, tako treba detaljno analizirati razloge za aktiviranje novih funkcija. Za ono što nije smatrano neophodnim više od trideset godina, a postaje dostupno zbog niske cene, treba ozbiljna argumentacija da bi bilo primenjeno.

U predgovoru jednog udžbenika piše: "Automatski zaštitni uređaji elektroenergetskih postrojenja obuhvataju uređaje u postrojenjima za proizvodnju, prenos i distribuciju električne energije koji imaju zadatak da upozore na nenormalne režime rada pojedinih elemenata elektroenergetskog sistema, a u slučaju pojave neizbežnih kvarova svojim delovanjem brzo isključe oštećeni element i na taj način smanje razaranje i negativan uticaj kvara na rad elektroenergetskog sistema". Ovaj udžbenik je pisan u vreme kada je tek manji deo transformatorskih stanica 110/20 kV bio uključen u sistem daljinskog nadzora. Ipak sugeriše upozorenje i isključenje. Danas je ugradnja daljinskih stanica završena, a stiže se utisak da se žuri sa isključenjem prekidača, ne koriste se pogodnosti koje daljinski nadzor pruža.

Na izvodu prekidač je jedan, a zaštitnih funkcija sve više. Po novoj koncepciji izvodne zaštite isključuju i trafo polje 20 kV u slučaju otkaza prekidača. Zato treba pažljivo analizirati pogonske događaje koje pojedine funkcije zaštite prepoznaju, kolika je opasnost, koliko mogu da traju i kakve su posledice isključenja. I ostaviti dispečeru šansu za bezbolnije isključenje, uz prethodne neophodne radnje.

Tehnika zemljospojnog prekidača pretrpela je ozbiljne izmene od prve ugradnje vakuumnog aparata u TS 110/20 kV Debeljača 1998. godine. U početku je smatrano da treba da vrši funkciju lokalne automatike sa jednim daljinskim zbirnim signalom kvara i uz povremeno praćenje pomoću prenosnih registratora događaja. Uvođenje daljinskog nadzora i svakodnevno analiziranje HRD listi pomoglo je da uočimo neke probleme i rešimo ih. Na terenu ED Sombor ugrađeni su u sedam od osam transformatorskih stanica

110/20 kV. Uz to nastojimo da pratimo sve što se o ovoj temi napiše. Zato reagujemo na rešenja primenjena u drugim distribucijama.

Na osnovu pomenutih iskustava usporili smo start automatike 50 milisekundi sa idejom da blokada od međufaznog kvara bude efikasnija. Pokazalo se uspešnim. To usporenje omogućuje i blokadu zemljospojnog prekidača prilikom uključenja izvoda što smo našli u tuđim radovima

## **ASIMETRIJA OPTEREĆENJA**

Primena zaštite od nesimetričnog opterećenja na izvodima 20 kV novijeg je datuma. Nema je u Tehničkim preporukama Elektroprivrede Srbije iako opis releja za ovu namenu nalazimo u udžbenicima od pre 25 godina. Koji su razlozi doveli do toga da se ne koristi možemo samo da nagađamo. Verovatno što je bila komplikovana i skupa, a događaji koje prepoznaje manje opasni i retki. To je i naše iskustvo. Zato se nismo ozbiljno bavili ovom problematikom.

Mikroprocesorski releji za izvode 20 kV pojedinih proizvođača imaju i funkciju zaštite od asimetrije opterećenja. Neke naše kolege su je aktivirali i opisali u radovima. I povezali zaštitu od otkaza prekidača u slučaju njenog neuspešnog rada.

Uvođenjem mikroprocesorske zaštite menja se i logika zaštite od otkaza izvodnog prekidača. Zaštitu od otkaza izvodnih prekidača generišu izvodni releji ukoliko ne dobiju u zadatom vremenu informaciju da je izvodni prekidač isključio i aktiviraju se kod svih korišćenih funkcija. Izvodna zaštita isključuje transformatorsko polje 20 kV. Zanimljivo bi bilo otvoriti raspravu na ovu temu, ali se mi u radu time ne bavimo.

I to je van Tehničkih preporuka. Po njima, zaštita od otkaza prekidača korišćena je isključivo za kratkospojnu zaštitu, nalog je dolazio od zaštite transformatorskog polja posle 0,5 sekundi ako bi zaštita bilo kog izvoda blokirala prvi stepen od 0,1 sekunde. Za ostale izvodne zaštite radile su odgovarajuće funkcije zaštitnog releja transformatorskog polja kao rezerve.

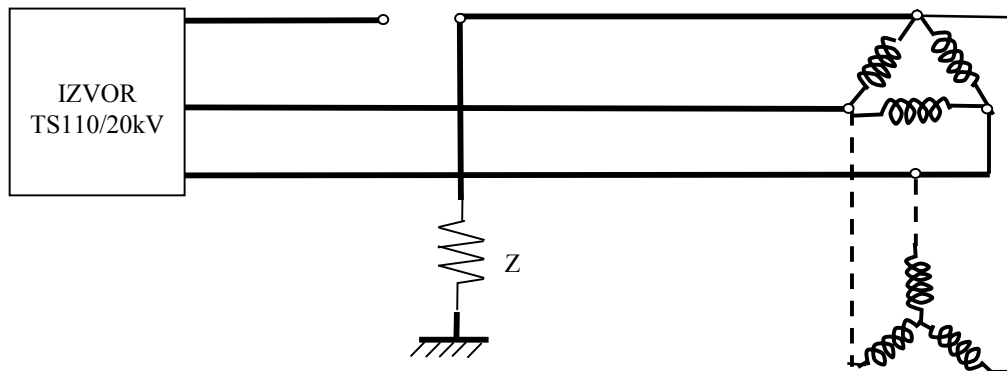
Analizirajući događaj na mreži koji pobuđuje zaštitu od asimetrije opterećenja zanimljiva su dva moguća slučaja:

- prekid provodnika bez dodira sa zemljom
- prekid i pad provodnika na zemlju sa stuba dalje od izvora

Prekid sa padom provodnika sa stuba bliže izvoru ne smatramo zanimljivim, njega će rešiti zemljospojna zaštita. To je kvar koji se mora tražiti i otklanjati.

Prekid bez dodira sa zemljom češći je slučaj i može se desiti na kontaktnim mestima gde se nadzemna mreža grana ili nastavlja uz pomoć strujnih stezaljki, na rastavljačima i slično. Posledice po potrošače iste su kao kod pregorevanja jednog osigurača na stubnoj transformatorskoj stanici čiji rastavljač nema trolpolno isključenje. U ruralnim područjima ovaj režim može da potraje. I ne izaziva velike probleme. Trofazni motori ne mogu da rade, monofazni potrošači na jednoj fazi imaju uredno napajanje, na druge dve po pola redovnog napona. No, mišljenja smo da je i to je bolje od isključenja sve tri faze.

Prekid provodnika između dva stuba redak je pogonski događaj. Još je ređi pad provodnika sa stuba daljeg od izvora na zemlju koji predstavlja opasnost na mestu kvara, a klasični sistem zaštita ga ne prepoznaje. Dobro bi bilo jednoznačno utvrditi ovaj događaj, razdvojiti ga od prekida bez zemljospoja, i poslati dispečeru informaciju većeg prioriteta, upozorenje na veću opasnost.



Crtež 1- Model pada provodnika u “kontra smeru”

Pitanje je zašto se žuri sa isključenjem, zašto je podešeno vreme do 6 sekundi. Slično se može razmišljati i za zaštitu od trajnog nesimetričnog opterećenja transformatora 110/20 kV koja je u Tehničkim preporukama definisana sa vremenskim opsegom podešenja od 0 do 6 sekundi. Kakvo je to trajno opterećenje od 6 sekundi?

Zagovornici smo da zaštita od asimetrije opterećenja kod izvoda 20 kV ide na signalizaciju umesto na isključenje iz čisto praktičnih razloga: ukoliko ovaj režim potraje u vrlo kratkom roku dispečer može izvršiti makrolokaciju mesta kvara na osnovu žalbe potrošača na loše naponske prilike. Javljaće se samo oni iza mesta kvara, oni ispred neće ništa osećati. Stanje bi bilo isto kao u transformatorskim stanicama gde nemamo mikroprocesorske releje (a to je danas ogromna većina), jedino će dispečer biti daljinski upozoren na kom izvodu ima problem.

Planiramo simulaciju ovih pogonskih događaja kako bi merenjima došli do pouzdanih vrednosti za podešenja napona otvorenog trougla, nulte i inverzna komponente struje zavisno od prelaznog otpora na mestu kvara. Tada bi njihovo istovremeno pojavljivanje mogli proglasiti “prekidom i padom porovodnika na zemlju dalje od izvora” i napraviti razliku između događaja sa i bez pada provodnika na zemlju.

### **BLOKADA ZEMLJOSPOJNOG PREKIDAČA PRI UKLJUČENJU IZVODA**

Automatika zemljospojnog prekidača u transformatorskim stanicama 110/20 kV sa dva transformatora i zajedničkim otpornikom u zvezdištu pokriva do 17 izvoda 20 kV, na primer u TS 110/20 kV Odžaci gde je jedna ćelija MTK opremljena za izvod, a drugu zauzima izvodni prekidač koji štiti zemljospojni prekidač. U transformatorskim stanicama sa tri transformatora i zajedničkim otpornikom do 24 izvoda. Uzimajući to u obzir smatramo da nije dobro kratkotrajno blokirati rad zemljospojnog prekidača prilikom uključivanja bilo kog od ovih 17 (24) izvodnih prekidača.

Ideja je verovatno nađena u blokadi automatskog ponovnog uključivanja prilikom uključivanja izvoda. To je davnašnje rešenje, primenjivano od kada se koriste uređaji za automatsko ponovno uključivanje na srednjem naponu. Uređaji su pravljani tako da ih impuls uključivanja koji ide na prekidač istovremeno pripremi za rad posle blokade do 15 sekundi. Pri uključivanju na kvar nije smelo biti ponovnog uključivanja. Naravno, svaki izvod koji nije čisto kablovski imao je svoj uređaj za automatsko ponovno uključivanje.

Generališući to na nivou zemljospojnog prekidača koji, kako smo napomenuli, često pokriva dva sabirna sistema i veliki broj izvoda, ozbiljna je greška. U najboljem slučaju, prilikom uključivanja jednog izvoda može doći do prolaznog zemljospoja na drugom na koji zemljospojni prekidač neće reagovati. Situacija je još gora ako specijalizovane ekipe servisiraju izvodni prekidač i uključuju ga više puta zbog kontrole i merenja, automatika zemljospojnog prekidača svaki put nepotrebno biva blokirana.

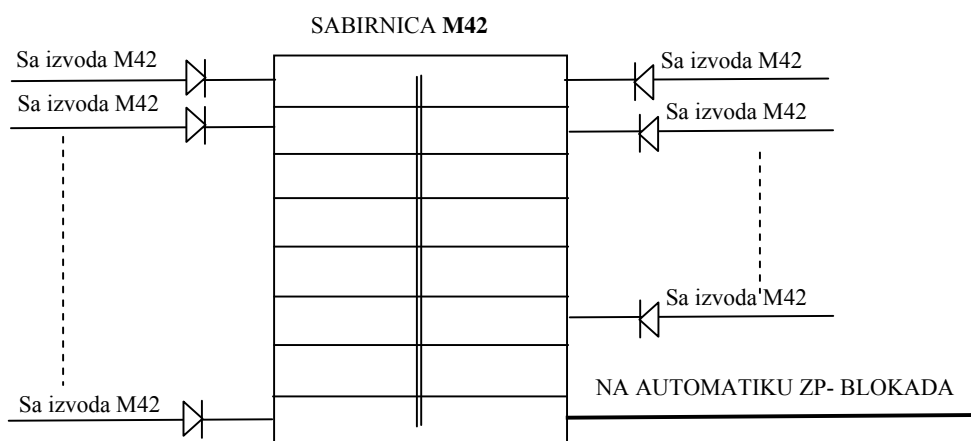
Očigledno je da nije urađeno ono što se želelo. Efekat inovacije nije pravi jer ima puno neželjenih efekata. Ovde je sistem zemljospojnog prekidača tretiran kao zamena za automatsko ponovno uključenje što nije njegova namena. Sistem zemljospojnog prekidača na originalan način eliminiše prolazne zemljospojeve čime preuzima ulogu zemljospojne zaštite, i u slučaju uspešne odrade isključenja izvodnog prekidača i njegovo automatsko ponovno uključenje čini nepotrebnim.

U toku inoviranja i usavršavanja tehnike zemljospojnog prekidača, čime se bavimo više od deset godina, ovu blokadu nismo smatrali nužnom jer je reč o retkom događaju: uključenje izvoda na zemljospoj. Čak i prilikom traženja kvara na izvodu retko se uključuje izvodni prekidač, a na uključivanje delova mreže sa kvarom pomoću rastavljača na terenu ova blokada nije imuna. Dispečeru je data mogućnost daljinske blokade automatike zemljospojnog prekidača dok traži kvar, ako to smatra potrebnim. Ukoliko je ideja da kod svake manipulacije pri traženju kvara treba isključiti prekidač, uključiti rastavljač na terenu i potom ponovo uključiti prekidač da bi ova blokada zemljospojnog prekidača imala smisla, mi se sa tim ne slažemo.

Kada smo se prilikom ugradnje zemljospojnih prekidača u transformatorske stanice 110/20 kV Apatin i Sombor 2 sreli sa blokadom automatike prilikom uključanja izvodnih prekidača i analizirali njene posledice, odlučili smo da primenjeno rešenje inoviramo na dva načina:

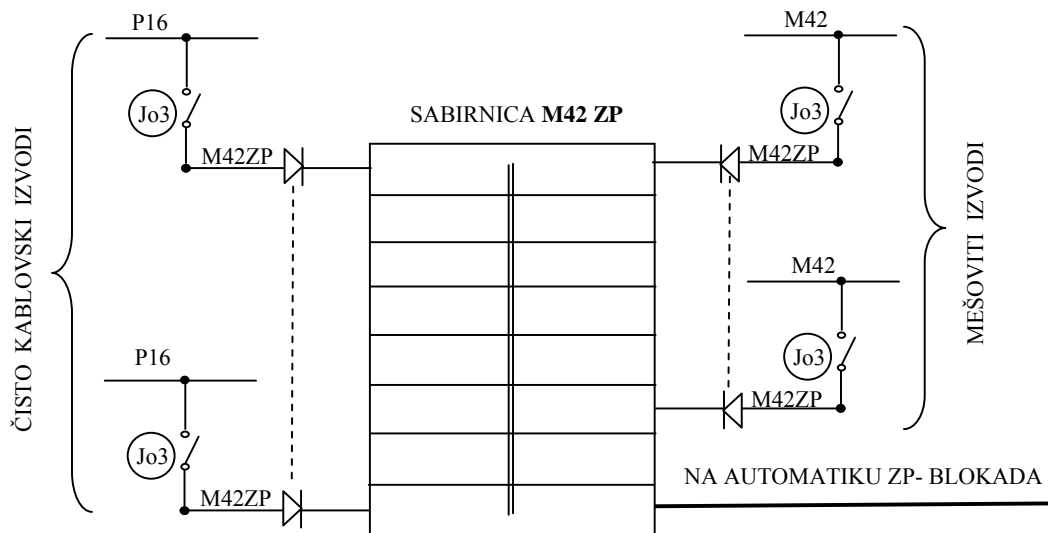
1. za nadzemne i mešovite vodove koji su imali uređaje za automatsko ponovno uključenje pre ugradnje zemljospojnog prekidača
2. za čisto kablovske izvode koji nisu imali

U radovima kolega koji su uveli blokadu rada zemljospojnog prekidača prilikom uključanja bilo kog izvoda koristi se potencijal M 42 koji se generiše prilikom bilo kakvog uključanja (sa vrata ćelije, KPP-a ili daljinski). On u pojedinim ćelijama i dalje ide na "svoj" uređaj za automatsko ponovno uključenje, a pomoću diode na sabirnicu u relejnom stalku iza nadzorne ploče i odatle na automatiku zemljospojnog prekidača. Dobra strana ovog rešenja je da zahteva minimalne izmene na ožičenju. Sve ostalo je loše.



Crtež 2- Blokada rada ZP-a na bilo koje uključenje- isključenje- osnovna verzija

Naše rešenje iziskuje male prerade u relejnim stalcima izvoda. Za mešovite i nadzemne vodove potencijal M 42 povezuje se na red sa signalom pobude zemljospojne zaštite tog izvoda i preko diode rezervnom žicom iz postojećih kablova vodi do sabirnice iza nadzorne ploče. Dalje je isto kao već primenjeno rešenje. Iskoristili smo trenutni kontakt zemljospojne zaštite izvoda koji smo još ranije vodili na daljinsku signalizaciju da bi utvrdili sa kog izvoda dolazi kvar.



Crtež 3- Blokada rada ZP-a na kvar na čisto kablovskim izvodima i pri uključanju na kvar mešovitih izvoda

Na ovaj način urađeno je ono što smo smatrali da je bila ideja kolega čije rešenje komentarišemo: blokada zemljospojnog prekidača prilikom uključanja izvodnog prekidača na jednofazni kvar.

Kod kablovskih izvoda ovu vrstu blokade najavili smo kao ideju u ranijim radovima, a tek sada realizovali. Blokadu vrši pojava trenutne zemljospojne zaštite izvoda bez obzira da li komande uključanja ima ili nema. Zemljospoj na kablovskom izvodu biće isključen bez pokušaja zemljospojnog prekidača da ga eliminiše, jer se tu ne očekuje kvar prolaznog karaktera.

Još kvalitetnija bilo bi sa uvođenjem istovremene pojave struje neutrane ili napona otvorenog trougla čime bi izbegli blokadu od lažnih struja zemljospoja. Za sada smo odlučili da povežemo manje komplikovano rešenje jer kod lažnih zemljospojeva zemljospojni prekidač neće imati uslove za rad (neće imati struju neutrane) i svakako neće raditi.

Pominjanje potencijala M 42 i uređaja za automatsko ponovno uključanje u cilju je objašnjenja blokiranja rada zemljospojnog prekidača. Inače, brzo i sporo automatsko ponovno uključanje ostaje aktivno na nadzemnim i mešovitim vodovima.

## ZAKLJUČAK

Uvođenje novih zaštitnih funkcija koje nude sve prisutniji mikroprocesorski releji naša je budućnost. Pri aktiviranju onog bez čega se moglo više od trideset godina ne treba žuriti sa isključenjem prekidača jer to znači ostavljanje potrošača u mraku.

Treba dozvoliti dispečeru koji je upozoren na asimetriju da nešto preduzme. Ukoliko nije u mogućnosti, uvek mu stoji na raspolaganju daljinsko isključenje izvodnog prekidača. Aktiviranjem zaštite od otkaza prekidača od ove funkcije može prouzrokovati isključenje celog transformatorskog područja 110/20 kV zbog loših naponskih prilika na nekoliko transformatorskih stanica 20/0,4 kV što je po nama nedopustivo.

Nastojaćemo da praćenjem i simuliranjem dođemo do novih saznanja koja će omogućiti razlikovanje prekida provodnika bez zemljospoja od prekida sa padom na zemlju u smeru dalje od izvora. Mislimo da je za sada dovoljno povezati signal asimetrije opterećenja za izvode 20 kV.

U tehniku zemljospojnog prekidača uveli smo inovirano rešenje blokade automatike prilikom uključanja izvodnih prekidača nadzemnih i mešovitih vodova i pojave zemljospoja na kablovskim izvodima. Ova rešenja više od godinu dana uspešno funkcionišu na dve transformatorske stanice 110/20 kV, a uskoro će biti povezana i na ostalim.

## LITERATURA

1. F. Božuta, "Automatski zaštitni uređaji energetskih postrojenja", "Svjetlost" Sarajevo 1987. godine
2. S. Rafailović, B. Funduk, "Prekid provodnika u nadzemnoj mreži 10 kV i postojeća zaštita", CIGRE 1997. godine
3. P. Smiljić, "Praktična saznanja u eksploataciji mikroprocesorske zaštite (MPU) u rekonstruisanim izvodnim ćelijama u TS 110/20 kV Šid", CIREC 2008. godine
4. B. Mitrović, "Predlog primene komunikacionog protokola IEC 61850 za realizaciju tehnike zemljospojnog prekidača, unapređenje rada funkcije APU-a na 20 kV izvodima i nadzora otpornika u neutrali", CIGRE 2011. godine
5. M. Radunović, V. Mijatović, "Jedan predlog tipskog rešenja za ugradnju zemljospojnog prekidača u transformatorske stanice 110/20 kV", CIREC 2006. godine