

## **USKLADIVANJE ZAŠTITE I LOKALNE AUTOMATIKE PAMETNIH MREŽA 20 KV SA RADOM TEHNIKE ZEMLJOSPOJNOG PREKIDAČA**

M. RADUNOVIĆ, ODS „EPS Distribucija doo“, Ogranak Elektrodistribucija Sombor, Srbija  
V. MIJATOVIĆ, ODS „EPS Distribucija doo“, Ogranak Elektrodistribucija Sombor, Srbija

### **KRATAK SADRŽAJ**

U zadnjih deset godina uložena su velika sredstva u razvoj daljinskog upravljanja, lokalne automatike i nadzora postrojenja i rasklopnih uređaja u srednjenaponskoj mreži. Elektrodistribucija Sombor je odavno prešla na transformaciju 110/20 kV na kompletnom konzumu. U 20 kV mreži za sada imamo preko 35 upravljivih tačaka: razvodnih postrojenja, trafo stanica 20/0,4 kV, reklozera i rastavljača na stubovima. Reklozeri i neka razvodna postrojenja opremljeni su prekidačima i zaštitnim relejima sa funkcijom automatskog ponovnog uključenja. Druga razvodna postrojenja i transformatorske stanice imaju kao rasklopnu opremu rastavljače tako da ih tretiramo kao i rastavljače na stubovima: imaju uređaje za detekciju prolaska kvara koje koristimo za daljinsku signalizaciju i lokalnu automatiku.

Sedam od osam transformatorskih stanica 110/20 kV opremljeno je tehnikom zemljospojnog prekidača za eliminisanje prolaznih zemljospojeva u mreži 20 kV. Kako se iz njih napaja pomenuta srednjenaponska mreža morali smo da uskladimo zemljospojne zaštite i lokalne automatike izvoda 20 kV sa zaštitama i lokalnom automatikom daljinski upravljivih aparata montiranih na tim izvodima kao i funkcionisanja tehnike zemljospojnog prekidača pri pojavama jednopolnih kvarova. Različito smo tretirali rastavljače snage koji isključuju u beznaponskom stanju u odnosu na razvodna postrojenja sa prekidačima i reklozere kao i tipove izvoda zavisno od vrste mreže (kablovski, nadzemni ili mešoviti).

Prikazaćemo HRD liste zanimljivih pogonskih događaja.

**Ključne reči:** automatizacija srednjenaponske mreže, zaštita, zemljospojni prekidač.

## UVOD

Zbog brige o potrošačima i pouzdanije isporuke električne energije Elektro distribucija „Sombor“ opredelila se za automatizaciju sredjenaponske mreže koja je od osamdesetih godina prošlog veka isključivo 20 kV. Dobrim izborom daljinski upravljivih tačaka, kreativnim pristupom zaštiti i lokalnoj automatici postigli smo ozbiljna skraćivanja prekida u napajanju uz brže otkrivanje neispravnih deonica i isključenje najmanjeg mogućeg broja potrošača prilikom pojave kvarova. Daljinski upravljivi aparati smešteni su u razvodna postrojenja 20 kV, transformatorske stanice 20/0,4 kV i na stubovima u nadzemnoj mreži. Zavisno od očekivanih funkcija i mogućnosti aparata birana je oprema za zaštitu i lokalnu automatiku.

Zbog nedovoljne obaveštenosti pravili smo greške, koje ćemo morati da ispravljamo uz dodatne troškove. Nismo bili dovoljno obavešteni o vrstama i mogućnostima za nas nove opreme. Prvi “pilot” projekat realizovan na našem terenu uključivao je Ring Main Unite sa motornim pogonima i rastavljačima snage u SF 6 gasu i rastavljače za spoljnu montažu takođe sa motornim pogonima i vidnim odvajanjem kontakata. Reklozeri i Ring Main Uniti opremljeni prekidačima bili su nam u to vreme nepoznati.

Ring Main Unite sa rastavljačima snage montirali smo u transformatorske stanice 20/0,4 kV i razvodna postrojenja, rastavljače za spoljnu montažu na stubovima. Da smo imali kontakte sa reklozerima i Ring Main Unitima sa vakuumskim prekidačima neka rešenja bila bi drugačija i bolja. Mogućnosti opreme odredile su način primene: daljinsko upravljanje, daljinska signalizacija kvara i isključenje delovanjem lokalne automatike u beznaponskoj pauzi sporog automatskog ponovnog uključivanja izvoda. U gradskim sredinama, u kablovskim izvodima gde su prolazni kvarovi retki, ili na mestima sučeljavanja dva izvoda gde je daljinski upravljiva oprema montirana radi brže manipulacije prilikom traženja kvarova to rešenje je zadovoljavajuće. Međutim, na mestima u nadzemnoj i mešovitoj mreži gde smo ih ugradili samo zbog prednosti daljinske komande, zbog novostečenih saznanja i iskustava shvatamo da smo pravili greške.

Nabavkom reklozera i Ring Main Unita sa prekidačima počeli smo da automatizujemo razgranatu nadzemnu mrežu. Reklozere montiramo na početke dugačkih ogranaka a Ring Main Unite sa prekidačima u razvodna postrojenja. U kombinaciji sa zemljospojnim prekidačima u transformatorskim stanicama 110/20 kV postigli smo kvalitetnije napajanje potrošača jer prolazne zemljospojeve ne osećaju (eliminise ih zemljospojni prekidač) a kod trajnih kvarova isključuje se najmanji mogući deo konzuma.

Ovaj rad se bavi usklađivanjem funkcija zaštite i lokalne automatike izvoda 20 kV, daljinski upravljive opreme u njima i zemljospojnog prekidača za sve slučajeve opisane u prethodnom tekstu.

## RING MAIN UNIT U KABLOVSKOJ MREŽI

Tehnika zemljospojnog prekidača ne utiče na lokalnu automatiku u ovom slučaju, bilo da se radi o razvodnim postrojenjima, bilo o transformatorskim stanicama 20/0,4 kV. Uveli smo blokadu rada zemljospojnog prekidača i automatskog ponovnog uključivanja na zemljospoj sa kablovskih izvoda jer su tu prolazni kvarovi retki. Ostavljeno je dispečeru da brzo deluje zahvaljujući daljinskoj signalizaciji i komandi. Ukoliko se pojavi kvar u delu mreže iza Ring Main Unita registrovaće ga istovremeno izvod i rastavljač snage. Zaštita u transformatorskoj stanici 110/20 kV isključiće izvod a u beznaponskoj pauzi lokalna automatika isključiće rastavljač Ring Main Unita posle jednog minuta uz uslov da registruje odsustvo napona. Dispečeru ostaje da uključi izvod. Ukoliko je izvod isključen delovanjem zaštite a Ring Main Unit ne registruje kvar dispečer isključuje rastavljač i napaja deo izvoda iza njega sa druge strane. U situacijama gde su u pitanju izvodi kod kojih je rastavna tačka na vezi sa rezervnim napajanjem daljinski upravljiva, potrošači na delu izvoda iza Ring Main Unita bivaju izuzetno brzo napojeni.

## RING MAIN UNIT U NADZEMNOJ I MEŠOVITOJ MREŽI

Prilikom trajnog kvara na delu dalekovoda iza Ring Main Unita pogonski događaji se pojavljuju sledećim redosledom: zaštita izvoda, automatika zemljospojnog prekidača i zaštita rastavljača u dubini mreže detektuju pojavu kvara, isključenje izvoda je blokirano dok zemljospojni prekidač ne odradi svoj ciklus. Automatika

zemljospojnog prekidača uključuje pol na neispravnoj fazi čime se razbuđuju zaštite izvoda i rastavljača. Posle zadatog vremena trajanja uključanja (100 milisekundi) pol zemljospojnog prekidača biva isključen a kvar koji je i dalje prisutan pobuđuje obe zaštite. Automatika zemljospojnog prekidača biva blokirana četiri sekunde, za to vreme zaštita izvoda posle 500 milisekundi isključuje izvod čime se razbuđuju obe zaštite. Kada uređaj za automatsko ponovno uključanje uključi izvod zaštite se opet pobuđuju jer kvar nije eliminisan. Izvod ponovo ispada, zaštite se razbuđuju i počinje odbrojavanje vremena sporog automatskog ponovnog uključanja koje je podešen na tri minuta. Zato smo isključenje izlaznog rastavljača Ring Main Unita podesili nakon tri pojave zaštite, nestanka napona i vremenskog zatezanja od 60 sekundi. Ista logika je primenjena za rastavljače za spoljnu montažu u nadzemnoj i mešovitoj mreži. Dodatno, automatika je programirana da isključuje dovodni rastavljač Ring Main Unita posle tri pobude zaštite i kontrole nestanka napona posle vremenskog zatezanja od 120 sekundi uz uslov da izvodni rastavljač nije isključio čime dobija ulogu rezerve zaštite.

10:16:09	935	RP INDUSTRIJA	CICOVI	ZEMLJOSPOJ/KRATAK SPOJ	PRORADA
10:16:10	084	SO1	SO1_I217 PRISTANISTE	Io> ZEMLJOSPOJNA ZASTITA	PRORADA
10:16:10	084	SO1	SO1_M21	Uo> SIGNALIZACIJA ZEMLJOSPOJA	NASTANAK
10:16:10	114	SO1	SO1_M22	Uo> SIGNALIZACIJA ZEMLJOSPOJA	NASTANAK
10:16:10	133	RP INDUSTRIJA	CICOVI	ZEMLJOSPOJ/KRATAK SPOJ	PRESTANAK
10:16:10	174	SO1	SO1_ZP	pobuda faze T	nastanak
10:16:10	218	RP INDUSTRIJA	CICOVI	ZEMLJOSPOJ/KRATAK SPOJ	PRORADA
10:16:10	224	SO1	SO1_ZP	pol T	uključen
10:16:10	234	SO1	SO1_ZP	Io> ZEMLJOSPOJNA ZASTITA	PRORADA
10:16:10	264	SO1	SO1_I217 PRISTANISTE	Io> ZEMLJOSPOJNA ZASTITA	PRESTANAK
10:16:10	324	SO1	SO1_ZP	pobuda faze T	prestanak
10:16:10	354	SO1	SO1_ZP	I>> KRATKOSPOJNA ZASTITA	PRORADA
10:16:10	364	SO1	SO1_I217 PRISTANISTE	Io> ZEMLJOSPOJNA ZASTITA	PRORADA
10:16:10	364	SO1	SO1_ZP	pol T	isključen
10:16:10	374	SO1	SO1_I217 PRISTANISTE	I>> KRATKOSPOJNA ZASTITA	PRORADA
10:16:10	384	SO1	SO1_ZP	I>> KRATKOSPOJNA ZASTITA	PRESTANAK
10:16:10	424	SO1	SO1_ZP	Io> ZEMLJOSPOJNA ZASTITA	PRESTANAK
10:16:10	427	RP INDUSTRIJA	CICOVI	ZEMLJOSPOJ/KRATAK SPOJ	PRESTANAK
10:16:10	463	SO1	SO1_I217 PRISTANISTE	PREKIDAC	ISKLJUCEN
10:16:10	474	SO1	SO1_I217 PRISTANISTE	I>> KRATKOSPOJNA ZASTITA	PRESTANAK
10:16:10	494	SO1	SO1_M21	Uo> SIGNALIZACIJA ZEMLJOSPOJA	PRESTANAK
10:16:10	514	SO1	SO1_I217 PRISTANISTE	Io> ZEMLJOSPOJNA ZASTITA	PRESTANAK
10:16:10	584	SO1	SO1_M22	Uo> SIGNALIZACIJA ZEMLJOSPOJA	PRESTANAK
10:16:10	660	RP INDUSTRIJA	CICOVI	ZEMLJOSPOJ/KRATAK SPOJ	PRORADA
10:16:10	783	SO1	SO1_I217 PRISTANISTE	PREKIDAC	UKLJUCEN
10:16:10	804	SO1	SO1_I217 PRISTANISTE	Io> ZEMLJOSPOJNA ZASTITA	PRORADA
10:16:10	804	SO1	SO1_M21	Uo> SIGNALIZACIJA ZEMLJOSPOJA	NASTANAK
10:16:10	834	SO1	SO1_M22	Uo> SIGNALIZACIJA ZEMLJOSPOJA	NASTANAK
10:16:10	860	RP INDUSTRIJA	CICOVI	ZEMLJOSPOJ/KRATAK SPOJ	PRESTANAK
10:16:11	133	SO1	SO1_I217 PRISTANISTE	PREKIDAC	ISKLJUCEN
10:16:11	164	SO1	SO1_I217 PRISTANISTE	Io> ZEMLJOSPOJNA ZASTITA	PRESTANAK
10:16:11	164	SO1	SO1_M21	Uo> SIGNALIZACIJA ZEMLJOSPOJA	PRESTANAK
10:16:11	257	RP INDUSTRIJA	CICOVI	VOD	BEZ NAPONA
10:16:11	264	SO1	SO1_M22	Uo> SIGNALIZACIJA ZEMLJOSPOJA	PRESTANAK
10:16:11	288	RP INDUSTRIJA	TS JUG 3	VOD	BEZ NAPONA
10:16:11	344	RP INDUSTRIJA	PRISTANISTE	VOD	BEZ NAPONA
10:16:11	504	RP INDUSTRIJA	SN TRAFI POLJE	VOD	BEZ NAPONA
10:17:13	411	RP INDUSTRIJA	CICOVI	LA ODRADA P4	PRORADA
10:17:15	773	RP INDUSTRIJA	CICOVI	RASTAVLJAC SNAGE	ISKLJUCEN

10:18:16	589	RP INDUSTRIJA	CICOVI	LA ODRADA P4	PRESTANAK
10:18:59	455	RP INDUSTRIJA	PRISTANISTE	VOD	POD NAPONOM
10:18:59	482	RP INDUSTRIJA	TS JUG 3	VOD	POD NAPONOM
10:18:59	511	SO1	SO1_I217 PRISTANISTE	PREKIDAC	UKLJUCEN
10:18:59	555	RP INDUSTRIJA	SN TRAFI POLJE	VOD	POD NAPONOM

TABELA 1- Primer rada lokalne automatike

U ovom pogonskom događaju kvar se dešava na odvodu 20 kV „Čičovi“ iz razvodnog postrojenja „Industrija“ koje se napaja preko izvoda „Pristanište“ iz transformatorske stanice 110/20 kV „Sombor 1“. Vremena daljinskih stanica iz ova dva objekta nisu usklađena ali to ne otežava analizu. Signalizacija zaštite na odvodu je zajednička bez obzira na prirodu kvara (zemljospoj, kratak spoj). Odvod i izvod registruju zemljospoj, automatika zemljospojnog prekidača uključuje pol „T“ koji razbuđuje oba releja ali se pobuđuje kratkospojna zaštita koju registruje zemljospojni prekidač i izvod zbog preskoka na jednoj od druge dve faze izvoda na slaboizolovanom mestu. Ovaj kratak spoj nestaje isključenjem pola „T“, jedino što ubrzava sled operacija jer isključuje izvod bez vremenske zadržke od 500 milisekundi koju bi imali da je događaj zemljospojni. Na ovoj transformatorskoj stanici zbog vrste opreme nismo realizovali uslov da izvod posle ciklusa rada zemljospojnog prekidača ispada ubrzano već smo vremenski zategli zemljospojnu zaštitu na izvodima koji nemaju upravljive srednjenaponske opreme 250 milisekundi a onim koji imaju 500. Događaj se razvija tako što automatika ponovnog uključanja uključuje izvod, kvar prepoznaju izvod i odvod, izvod ispada i broji tri minuta. Posle nešto više od jednog minuta lokalna automatika uz kontrolu beznaponskog stanja isključuje rastavljač na odvodu „Čičovi“ a sporo automatsko ponovno uključanje uključuje izvod posle tri minuta. Posle toga dispečer preduzima potrebne radnje.

## REKLOZER

Reklozeri se montiraju u nadzemnoj i mešovitoj mreži. Zahvaljujući vakuumskom prekidaču sposobni su da isključe struje kvarova. Imaju i funkciju automatskog ponovnog uključanja. Njihova zemljospojna zaštita isključuje prekidač posle vremenskog zatezanja od 250 milisekundi jednako kao na odvodima u klasičnim razvodnim postrojenjima. Kvar pobuđuje zemljospojnu zaštitu izvoda, reklozera i prekostrujni član automatike zemljospojnog prekidača. Ukoliko ova automatika registruje struju u neutrali 20 kV transformatora 110/20 kV iznad podešene vrednosti i smanjenje napona na jednoj fazi ispod podešene vrednosti uključuje pol zemljospojnog prekidača na toj fazi. Time se razbuđuju zaštite izvoda i reklozera. Po isključenju tog pola automatika zemljospojnog prekidača je blokirana četiri sekunde. Istovremeno se pobuđuju zaštite izvoda i reklozera i prema podešenoj selektivnosti reklozer isključuje deo izvoda posle 250 milisekundi. Potom sledi automatsko ponovno uključanje reklozera uz ponovno isključenje posle 250 milisekundi ako kvar nije eliminisan i brojanje vremena od tri minuta do sporog automatskog ponovnog uključanja. Ukoliko kod tog uključanja kvar i dalje postoji sledi novi ciklus automatike zemljospojnog prekidača i definitivno isključenje prekidača reklozera. Postoji dilema dali treba blokirati rad automatike zemljospojnog prekidača kod sporog automatskog ponovnog uključanja izvoda ili reklozera ali to nismo uradili zbog procenta uspešnosti uključanja posle sporog automatskog ponovnog uključanja.

Prikazana je “Hronološka lista događaja” (HRD) kada reklozer uspešnim radom brzog automatskog ponovnog uključanja otklanja kvar posle neuspešnog pokušaja zemljospojnog prekidača. Ovo se najčešće dešava kada postoji slabo mesto na mreži, na jednoj od druge dve faze. Ovde je pol “R” zemljospojnog prekidača posle uključanja kratkotrajno razbudio zaštite izvoda i reklozera jer je kroz njega protekla struja zemljospoja. Zbog porasta napona druge dve faze verovatan je preskok na slabom mestu jedne od njih koji se eliminiše isključenjem reklozera. Delovanjem brzog automatskog ponovnog uključanja prekidač reklozera biva uključen čime se dalekovod vraća u redovno uklopno stanje a potrošači između transformatorske stanice 110/20 kV i reklozera nisu imali kratkotrajni prekid u napajanju. Inače, “Srpski Miletić” je izvod 20 kV iz transformatorske stanice

110/20 kV “Odžaci” na kome je montiran reklozer. Evidentno je da vremena događaja koji stižu iz transformatorske stanice 110/20 kV i reklozera nisu usklađena ali to nije ozbiljna smetnja za analize.

09:37:17	017	ODZ	ODZ_I216 SR. MILETIC	Io> ZEMLJOSPOJNA ZASTITA	PRORADA
09:37:17	017	ODZ	ODZ_M21	Uo> SIGNALIZACIJA ZEMLJOSPOJA	NASTANAK
09:37:17	017	ODZ	ODZ_M22	Uo> SIGNALIZACIJA ZEMLJOSPOJA	NASTANAK
09:37:17	017	ODZ	ODZ_T22	ZASTITA OD NESIMETRICNOG OPTERECENJA	PRORADA
09:37:17	067	ODZ	ODZ_ZP	pobuda faze R	nastanak
09:37:17	117	ODZ	ODZ_ZP	automatika dala nalog za isključenje	prorada
09:37:17	166	ODZ	ODZ_ZP	pol R	uključen
09:37:17	167	ODZ	ODZ_I216 SR. MILETIC	Io> ZEMLJOSPOJNA ZASTITA	PRESTANAK
09:37:17	216	ODZ	ODZ_ZP	pol R	isključen
09:37:17	217	ODZ	ODZ_I216 SR. MILETIC	Io> ZEMLJOSPOJNA ZASTITA	PRORADA
09:37:17	217	ODZ	ODZ_ZP	pobuda faze R	prestanak
09:37:17	217	ODZ	ODZ_ZP	potencijal 128(MIZ-privremeno)	prorada
09:37:17	617	ODZ	ODZ_I216 SR. MILETIC	Io> ZEMLJOSPOJNA ZASTITA	PRESTANAK
09:37:17	617	ODZ	ODZ_T22	ZASTITA OD NESIMETRICNOG OPTERECENJA	PRESTANAK
09:37:17	667	ODZ	ODZ_M21	Uo> SIGNALIZACIJA ZEMLJOSPOJA	PRESTANAK
09:37:17	667	ODZ	ODZ_M22	Uo> SIGNALIZACIJA ZEMLJOSPOJA	PRESTANAK
09:37:17	667	ODZ	ODZ_ZP	automatika dala nalog za isključenje	prestanak
09:37:17	967	ODZ	ODZ_T22	ZASTITA OD NESIMETRICNOG OPTERECENJA	PRORADA
09:37:18	017	ODZ	ODZ_T22	ZASTITA OD NESIMETRICNOG OPTERECENJA	PRESTANAK
09:37:21	667	ODZ	ODZ_ZP	potencijal 128(MIZ-privremeno)	prestanak
09:38:26	297	RC_ispred_DOROSLOVA	REKLOZER	Io> ZEMLJOSPOJ +	PRORADA
09:38:26	441	RC_ispred_DOROSLOVA	REKLOZER	Io> ZEMLJOSPOJ +	PRESTANAK
09:38:26	521	RC_ispred_DOROSLOVA	REKLOZER	Io> ZEMLJOSPOJ +	PRORADA
09:38:26	866	RC_ispred_DOROSLOVA	REKLOZER	Io> ZEMLJOSPOJ +	PRESTANAK
09:38:26	866	RC_ispred_DOROSLOVA	REKLOZER	PREKIDAC	ISKLJUCEN
09:38:27	230	RC_ispred_DOROSLOVA	REKLOZER	PREKIDAC	UKLJUCEN

TABELA 2- Primer uspešnog automatskog ponovnog uključanja reklozera

## ZAKLJUČAK

U radu su opisana naša iskustva i primenjena rešenja vezana za ugradnju daljinski upravljive opreme u dubini mreže 20 kV napajane iz transformatorskih stanica 110/20 kV opremljenih tehnikom zemljospojnog prekidača na terenu Elektrodistribucije Sombor. Analizirana su primenjena rešenja na osnovu karakterističnih pogonskih događaja. U budućem radu, sa novim saznanjima i prekidačkom tehnikom koju smo upoznali i počeli da koristimo, uradićemo izmene u cilju povećanja pouzdanosti, smanjenja zastoja i kvalitetnije isporuke energije potrošačima. Deo ovih rešenja iznuđen je nezadovoljavajućim stanjem opreme u 20 kV mreži ali sređivanje stanja u tom delu iziskuje ogromna ulaganja tako da će to potrajati.

## LITERATURA

1. M. Radunović, V. Mijatović– Rekonstrukcija razvodnih postrojenja 20 kV uz uvođenje daljinskog nadzora na terenu ED Sombor, CIGRE 2015.
2. M. Radunović, V. Mijatović- Aktivnija uloga tehnike zemljospojnog prekidača- CIRED 2014.