

## **IMPLEMENTACIJA HIBRIDNOG SISTEMA DALJINSKOG UPRAVLJANJA SREDNENAPONSKIM DALEKOVODIMA NA TERITORIJI ED „ELEKTROMORAVA“ POŽAREVAC**

D. Vičić, PD „Centar“ doo Kragujevac, ED „Elektromorava“ Požarevac, Srbija  
V. Trifunović, PD „Centar“ doo Kragujevac, ED „Elektromorava“ Požarevac, Srbija  
N. Šljukić, PD „Centar“ doo Kragujevac, ED „Elektromorava“ Požarevac, Srbija  
N. Popović, „InfoProjekt“ d.o.o., Valjevo

### **UVOD**

Uvođenje sistema daljinskog nadzora i upravljanja srednjenaponskim dalekovodima donosi višestruke koristi, kako isporučiocima električne energije, tako i krajnjim korisnicima. Daljinskim nadzorom nad SN mrežom, odnosno dobijenim informacijama o ispadima i mestima kvarova na dalekovodima, omogućava se pravovremeno reagovanje dežurnih ekipa, bez potrebe da se „traži“ ogranak pod kvarom. Na taj način, dolazi se do ušteda u angažovanju radne snage, troškovima goriva, amortizaciji osnovnih sredstava. Takođe, izbegava se habanje SN opreme, probama pod kvarom, radi traženja lokacije samog kvara.

Daljinskim upravljanjem izvršnim elementima na SN mreži, dobija se mogućnost brzog izolovanja ogranka pod kvarom, odnosno do ponovnog uspostavljanja naponskog stanja na preostalom delu dalekovoda. Tako se dolazi do uštede usled smanjenja vremena beznaponskog stanja na izvodu, uzrokovanog kvarom na nekom od ogranaka, jer se isporuka električne energije vrlo brzo uspostavlja na delu dalekovoda koji nije pod kvarom.

Direktna korist za krajnje korisnike ogleda se u skraćanju vremena potrebnog za uspostavljanje radnog režima na delu dalekovoda koji nije pod kvarom, i na taj način do bržeg ponovnog dolaska električne energije u domove korisnika.

### **RAD**

Kako su koristi uvođenja sistema daljinskog nadzora i upravljanja SN mrežom očigledne, a kako se napretkom komunikacionih tehnologija cene ovih sistema smanjuju, tako se sve više napora ulaže na implementaciji ovih sistema.

## **Korišćena oprema i komunikacioni putevi**

**Komunikacioni putevi.** Mogu biti raznorodni, upotrebom kako specijalizovanih analognih ili digitalnih radio-mreža, tako i korišćenjem već postojećih GSM mreža, koje pokrivaju veliki deo teritorije Srbije.

**Izvršni elementi.** Daljinski upravljivi izvršni elementi mogu biti reklozeri, rastavne sklopke, kao i obični linijski rastavljači sa dograđenim aktuatorima, pri čemu se ovi elementi najčešće napajaju direktno sa SN mreže, korišćenjem mernih naponskih transformatora malih snaga, uz obavezno posedovanje pomoćnog baterijskog napajanja.

Izbor vrste upravljivih elemenata zavisi od više faktora, i posebno se određuje prilikom projektovanja sistema, no neko opšte pravilo je da se daljinski upravljivi reklozeri koriste na nekih 5-10% lokacija, a na preostalim se koriste rastavne sklopke i rastavljači sa aktuatorima.

**Indikatori kvara.** Uređaji za identifikaciju mesta kvara na dalekovodima, odnosno indikatori kvarova se instaliraju na stubovima SN mreže, ili u ormanima samih aktuatora. U prvom slučaju, obično se koriste indikatori kvara koji rade na principu merenja promena elektro-magnetnog polja bez galvanske veze sa SN provodnicima, a u drugom slučaju, mogu se koristiti i indikatori kvara koji mere pojedinačne struje u provodnicima korišćenjem mernih strujnih transformatora.

**SCADA aplikacije.** Koriste se standardne SCADA aplikacije instalirane u dispečerskim centrima, uz potrebne izmene.

**Komunikacioni protokoli.** Koriste se standardni komunikacioni protokoli u upotrebi u energetici, IEC 60870-5-101, IEC 60870-5-104, DNP3.0.

## **Opis dalekovoda**

Nadzemni 10kv vod PIM napaja se iz trafostanice 35/10 kV Golubac, ukupne dužine 31600m. Osnovni koridor dalekovoda je urađen sa Al/Če užetom preseka  $95\text{mm}^2$  i postavljen je na čelično rešetkastim stubovima. Preko ovog dalekovoda napaja se ukupno 18 trafostanica 10/0,4Kv, ukupne instalisane snage 4740 kVA, sa ukupno 719 potrošača.

Osim glavnog voda koji je postavljen na čelično rešetkastim stubovima, ukupne dužine 23500m, otepnim vodovi su urađeni na drvenim impregnisanim stubovima dužine oko 13600m. Dužine kablovskih vodova na ovom izvodu su 1100m. Trasa nadzemnog voda prolazi kroz deo Nacionalnog Parka Đerdap, u dužini od 32km. Nadzemni dalekovod PIM je postavljen na veoma teškom i nepristupačnom terenu, obraslom šumom i drugim rastinjem. Održavanje ovog voda je jako otežano, u prvom redu zbog gustine šume koja uzrokuje česte i dugotrajne ispade ovog voda, kao i nepristupačnost terena za ljudstvo i mehanizaciju. Stubovi na otepnim vodovima su u posebno lošem stanju i sklони su padu, tako da oni uzrokuju dugotrajne ispade celokupnog voda.

Tabela 1: Spisak 10kv trafostanica koje se napaju preko 10kv izvoda PIM

Šifra TS	NAZIV_TRAFOSTANICE	BROJ_POTROSACA	Sn
370001	BSTS BRNJICA 3	100	160
370007	KBTS DOBRA 2	87	400
370008	KBTS DOBRA 3	92	250
370013	KULA BRNJICA 1	42	100
370014	KULA DOBRA 1	163	250
370027	MBTS BRNJICA 2	58	250
370028	MBTS BRODOSERVIS	2	630
370036	MBTS JELENSKA STENA 1	1	1000
370038	MBTS PLANTA SPONTANEA	1	400
370045	RSTS ČEZAVA	9	50
370048	RSTS KOŽICA	9	50
370049	RSTS LIVADICA	10	100
370053	RSTS ORLOVI	16	50
370054	RSTS RAKOVICA	3	50
370056	RSTS RIDAN	57	160
370057	RSTS TELEKOM REPETITOR	4	50
370058	BSTS USIJE 3	64	160
370060	ZTS PIM - GRAD	1	630

### Specifičnosti geografskog položaja teritorije predviđene za uvođenje u SDNIU

Implementacija SDNIU je predviđena na izvodu „PIM“, koji je, kako smo već napomenuli, karakterističan po tome što se većim delom nalazi na teritoriji Nacionalnog parka „Đerdap“, te je, usled nepostojanja puteva, vrlo nepristupačan, naročito tokom zimskog perioda. Usled toga, za svaki nastali kvar, vreme otklanjanja kvara, i puštanje dalekovoda pod napon, umnogome je produženo, pri čemu krajnji potrošači najviše trpe. Takođe, geografske karakteristike Nacionalnog parka „Đerdap“ su takve, da je u većem delu nedostupan signal mobilne telefonije, a nije moguće ni korišćenje sistema digitalnih radio veza korišćenjem postojećih repetitora na teritoriji ED „Elektromorava“ Požarevac.

Za neometano funkcionisanje SDNIU, potrebna je komunikacija naravne, te su se stoga razmotrile sve mogućnosti, i kao jedina moguća je preostala radio veza, i to uspostavljanjem nove repetitorske mreže, jer sistem store-and-forward ne bi takođe mogao funkcionisati. Izvršena je analiza obima potrebne investicije, i došlo se do zaključka da bi sama investicija daleko prevazišla postojeći budžet.

Stoga je radna grupa bila prinuđena znatno promeniti zahtevanu koncepciju sistema, i predložiti jednu novu, do sada nekorišćenu konfiguraciju u Srbiji.

## **Hibridni sistem daljinskog nadzora i upravljanja SN mrežom - koncepcija**

Predložen je sistem hibridnog tipa, gde bi pojedini elementi bili daljinski upravljivi putem GSM/GPRS mobilne mreže, a drugi elementi bi bili bez mogućnosti komunikacije, i nezavisno bi funkcionisali pomoću ugrađenog sistema lokalne automatike, i posebnih algoritama rada.

### **Elementi hibridnog SDNIU**

**SCADA server** u dispečerskom centru je standardan softver, sa ugrađenim protokolima komunikacije DNP3.0, IEC-60870-5-101, IEC60870-5-104.

**Reklozer** je recloser 12kV, sa ugrađenom mikroprocesorskom zaštitom, i dograđenim programabilnim protokol konverterom, kao i GSM/GPRS modemom. Instaliran je na delu „PIM“ izvoda gde postoji kvalitetan signal mobilne telefonije. Dograđenim protokol konverterom, osim omogućene komunikacije sa SCADA serverom, omogućena je i implementacija algoritma rada, kao nadgradnje osnovne funkcionalnosti reklozera.

**Programabilni protokol konverter** je uređaj domaće proizvodnje, koji uspostavlja vezu između SCADA servera i reclozera, i ima mogućnost programiranja, tako da funkcioniše delom kao programabilni kontroler. Kako je u direktnoj vezi i sa recloserom, recloser postaje kontrolisani izvršni element.

**Linijski rastavljači snage – vakuumske rastavne sklopke naponskog nivoa 12kV** su domaće proizvodnje, i imaju mogućnost prekidanja nominalne radne struje 630A, kao i uklapanja iste, kao i uklapanja na kvar. To je omogućeno korišćenjem vakuumskih komora, u kojima se i vrši gašenje luka, pri isklapanju rastavne sklopke. Poseduju polužno-opružni mehanizam za ubrzanje rada, kao i posebno sinhronizovane opružne mehanizme za svaku od tri vakuumske komore.

Mogu se koristiti u ručnom režimu, kao i u automatskom, dogradnjom posebnog aktuatora.

**Aktuator rastavne sklopke tip IP200** je uređaj domaće proizvodnje, koji u svom sastavu ima elektromotorni aktuator, kao i prateću elektroniku: programabilni RTU, temperaturno kompezovani punjač, GSM/GPRS modem, RF link za povezivanje sa indikatorom kvara LOK 20-IP. Napaja se pomoću mernog naponskog trafoa direktno sa dalekovoda 10kV, i poseduje sopstveno baterijsko napajanje. Namenjen je i direktnom povezivanju na SCADA server nekim od standardnih protokola, putem GSM/GPRS ili RF modema. U hibridnom sistemu, radi po posebno definisanom algoritmu rada, sa opcijom povezivanja na SCADA kada se za to ostvare uslovi.

**Indikator kvara na nadzemnoj mreži LOK20-IP** je uređaj, koji se montira na stub dalekovoda, bez galvanskog kontakta sa provodnicima, i merenjem promena elektromagnetnog polja identifikuje kvarove zemljospoja i kratkog spoja. Napaja se solarnim panelom, i poseduje sopstveno baterijsko napajanje. Poseduje i ugrađen RF link za povezivanje sa aktuatorom IP200, u ISM opsegu 433Mhz. Montira se na rastojanju od aktuatora ne većem od 300m.

### **Način rada hibridnog sistema**

SCADA server se nalazi u stalnoj komunikaciji sa reklozerom, i postoji mogućnost zadavanja neposrednih komandi reklozeru, kao i prijemu svih informacija o radu, i njihovom prikazu. Reklozer je podešen na unapred određene vrednosti zaštite za zemljospoj, kao i kratak spoj, i na njih reaguje u skladu sa podešenjima – isključenjem. No, ciklus automatskog ponovnog uključanja ( APU ) nije definisan u samom reklozeru, već je ta funkcija, zbog veće fleksibilnosti, prebačena u programabilni konverter protokola.

Preostali elementi sistema, rastavne sklopke 12kV 630A, sa pripadajućim aktuatorima IP200 ( u daljem tekstu sekcionajzer, ili SEK ) rade po posebno definisanom algoritmu, objašnjenom u narednom poglavlju.

## Definisana vremena, potrebna za implementaciju algoritma rada

- t1 - vreme potrebno za resetovanje stanja SEK nakon uspostavljanja radnog režima dalekovoda
- t2 - vreme posle koga reklozer pokušava novo uključenje
- t3 - vreme prisutnosti napona na isključenom SEK posle koga prelazi u stanje ODPK ( odvojio deonicu pod kvarom )
- t4 - vreme nakon koga SEK koji se nalazi u ODPK stanju, pokušava uključenje deonice pod kvarom, u slučaju da je izabran režim rada Scenario 1

## Opis algoritma rada

4 SEK se nalaze na izvodu "PIM", lokalno povezani sa LOK20-IP linkom u opsegu 433MHz, i napajani sa 10kV pomoću dvopolno izolovanih mernih naponskih transformatora .

Normalno stanje podrazumeva da su SEK pod naponom, bez detektovanog kvara.

Prvi ispad se tretira kao prolazni , i svi SEK ostaju u zatečenom stanju.

Nakon drugog ispada, SEK počinju da isključuju deo po deo "PIM", redosledom od najdaljeg pa do najbližeg reklozeru, što je definisano u softveru.

Ako je kvar između 1. i 2. SEK ( 1. je na kraju PIM , 4. najbliži reklozeru ), redosled će biti sledeći :

- desio se prvi ispad , svi SEK ostaju u stanju u kome su i bili
- nakon vremena t2 , reklozer pokušava 1. uključenje , i dešava se novi ispad
- SEK br.1 detektuje ispad , ali nema informaciju o indikovanom kvaru sa LOK20-IP , ostaje uključen
- nakon vremena t2 , reklozer pokušava 2. uključenje , i dešava se novi ispad
- SEK br.2 detektuje ispad i dobija informaciju o indikovanom kvaru sa LOK20-IP , i vrši isključenje, čime je odvojena deonica pod kvarom
- nakon vremena t2 , reklozer pokušava 3. uključenje, i uspostavlja se napajanje
- SEK br.2. detektuje napon , i posle vremena t3 pod naponom, "shvata" da je pod kvarom deonica koju on štiti.

Nakon uspostavljanja naponskog stanja na delu dalekovoda do SEK br.2, čeka se dolazak ekipe za popravku, i tada se nastavlja funkcionisanje algoritma rada na sledeći način :

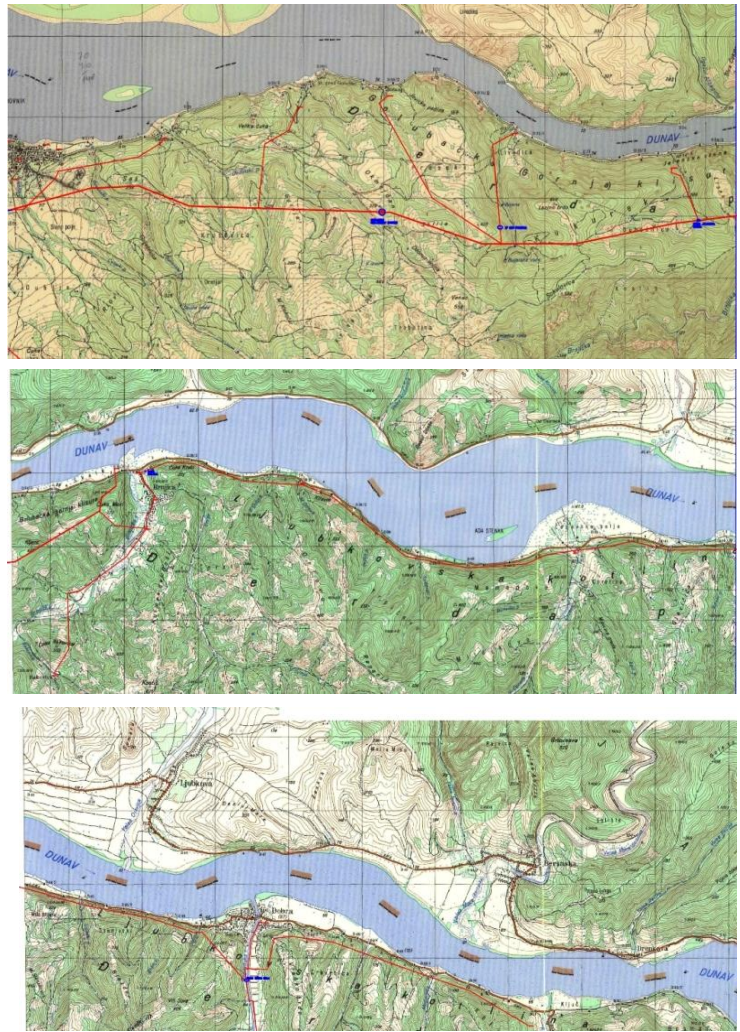
- ekipa za popravku prebacuje na SEK br.2 grebenasti prekidač u položaj BLOKADA
- izvrši se popravka deonice pod kvarom
- grebenasti prekidač se prebacuje na AUTOMATSKO , i SEK br.2 "zna" da je popravka izvršena, i da treba automatski uključiti štice deo dalekovoda.
- SEKbr.2 uključuje rastavljač, i ako se uspostavi naponsko stanje, prelazi u normalan režim rada

Ako ekipa za popravku želi da proba ručno uključenje, može to uraditi prebacivanjem grebenastog prekidača na LOKALNO, i probom uključnja. Na prednjem displeju IP200 videće da li je uspostavljeno normalno naponsko stanje , a ako jeste prebaciće na AUTOMATSKO.

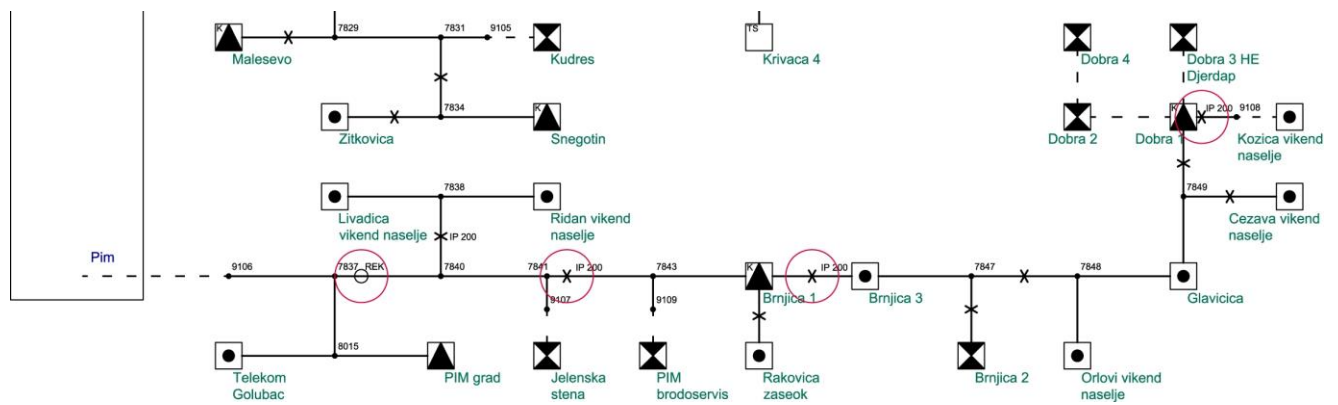
U režimu LOKALNO, SEK će zadržati sve prethodne parametre , i aktiviraće ih ponovo kada se prebaci na AUTOMATSKO.



Sl.1. Instalirana vakuumska rastavna sklopka sa elektromotornim aktuatorom IP200



Sl.2. Dalekovod PIM



Sl.3. Jednopolna šema dalekovoda PIM sa naznačenim mestima instalacije opreme SDNIU

Analiza ispada 10kV dalekovoda PIM pre i nakon instalacije SDNIU 2013.g.

Godina	Broj ispada	Ukupna dužina beznaponskog stanja	Prosečno vreme trajanja kvarova
2011	12	2066	172.2min
2012	17	7257	426.9min
2013	24	2875	119.8min

#### Literatura

1. Linijski rastavljač snage – rastavna sklopka tip LRS 12kV 630A, korisničko uputstvo, InfoProjekt Valjevo
2. Elektromotorni aktuator tip IP200, korisničko uputstvo, InfoProjekt Valjevo
3. Fault indicator for overhead distribution lines LOK20, user manual, Sipronika Slovenia
4. SCADA server RC1, korisničko uputstvo, SRC Soft, Niš