

## **POBOLJŠANJE USLOVA EKSPLOATACIJE NADZEMNE DISTRIBUTIVNE MREŽE PRIMJENOM SAVREMENIH METODA UPRAVLJANJA, NADZORA I ODRŽAVANJA**

S. Kuzmanović, "Elektrokrajina", Banja Luka, Republika Srpska  
P. Popović, "Elektrokrajina", Banja Luka, Republika Srpska  
N. Pažin, "Elektrokrajina", Banja Luka, Republika Srpska

### **KRATAK SADRŽAJ**

U radu su prikazani problemi vezani za eksploataciju i održavanje radijalne nadzemne distributivne mreže (sa uzemljenom neutralnom tačkom preko male impedanse) velike dužine, koja napaja vangradsko područje sa malom gustinom stanovanja i pretežno stihijski raspoređenim objektima stanovanja.

Opisani su i problemi koji skraćuju eksploatacioni vijek rasklopnog aparata u napojnoj distributivnoj transformatorskoj stanici, analizirani u uslovima savremenog tržišnog poslovanja preduzeća za distribuciju električne energije, u kojima se nastoje smanjiti troškovi održavanja.

Takođe su opisane i prednosti korišćenja i povezivanja programskog paketa za operativno upravljanje distributivnom mrežom DSP( Dinamička Sinoptička Ploča) sa SCADA sistemom u cilju smanjenja eksploatacionih troškova i prelaska sa korektivnog održavanja na održavanje prema stvarnom stanju elektroenergetskog objekta i značaju takvog rješenja, u uslovima regulacije i deregulacije elektroprivrede.

## 1. UVOD

Predstojeće restrukturiranje u oblasti energetskog sektora kod nas kao i zemljama u našem okruženju donosi značajne novine i promjene u dosadašnjem načinu rada u oblasti proizvodnje, prenosa i distribucije električne energije. Bitno je istaći formiranje tržišta električne energije, novi tarifni sistem, kao i značajnu ulogu preduzeća za distribuciju električne energije, koja će morati biti spremna da vrše isporuku električne energije potrošačima u promjenjenim uslovima. Zahtjevaće se i kvalitet i dovoljne količine električne energije, sa što manjim brojem prekida i kraćim vremenom trajanja prekida u snabdjevanju potrošača električnom energijom.

Da bi se odgovorilo kvalitetno na novu situaciju potrebno je pored redovnih poslova na održavanju elektroenergetskih objekata i eventualnih intervencija, intenzivno raditi na uvođenju, a tamo gdje to postoji na osvremenjavanju, procesa automatizacije vođenja elektroenergetskog sistema.

Ovaj posao je moguće danas lakše izvršavati u eri novih i savremenih tehnologija u ovoj oblasti uključujući i brže i lakše ostvarenje komunikacija.

Uvođenje ovakvih rješenja vezano je za nabavku i ugradnju odgovarajuće opreme koja može ispuniti potrebne uslove i u nekom slučajevima će biti potrebne i manje građevinske sanacije. Sve ovo je uslovljeno raspoloživim materijalnim sredstvima. Ulaganja u početnom trenutku nisu mala, ali se ulaganje sredstava u automatizaciju vraća kroz određeni vremenski period, uz, između ostalih, slijedeće efekte:

- Smanjenje i tehničkih i komercijalnih gubitaka električne energije;
- Smanjenje troškova eksploatacije distributivnih mreža kroz efikasno otklanjanje prekida i bržom restauracijom napajanja potrošača, a time smanjenje šteta nastalih uslijed neisporučene električne energije potrošačima;
- Smanjenje broja manipulacija i havarija što utiče na duži vijek opreme;
- Smanjenje troškova razvoja distributivnih mreža kroz optimizaciju pogona i bolje iskorišćenje raspoloživih distributivnih kapaciteta. Što se tiče napojnih trafostanica, ovim sistemom je omogućeno efikasno rezerviranje tih objekata, odnosno odlaganje kapitalnih investicija;
- Povećanje kvaliteta isporučene električne energije, kroz optimalnu regulaciju napona i povećanje pouzdanosti snabdjevanja električnom energijom;
- Povećanje bezbjednosti pri radovima na elektroenergetskim objektima.

U radu je obrađeno uvođenje automatizacije u napojnoj transformatorskoj stanici (SCADA - sistem) i uvođenje (DMS – sistema za nadzor, efikasno upravljanje, analizu, optimizaciju i razvoj distributivnih mreža), sa ugradnjom daljinski upravljivih rasklopnih aparata za vanjsku montažu (reklozer) na pojedinim dionicama razmatranog dalekovoda. Preduslov dobrog funkcionisanja pobrojanih programa su dobre komunikacijske veze za prenos podataka, što je u današnje vrijeme takođe moguće ostvariti, kao i softversko povezivanje tih programa.

## 2. ELEKTROENERGETSKI OBJEKTI NA PODRUČJU ELEKTROKRAJINE

Područje Elektrokrajine obuhvata površinu od 8 629 km<sup>2</sup>, sa 179 km 110 kV dalekovoda, 12 kom trafostanica 110/20/10 kV, instalisane snage 348 MVA, 3 256 kom srednjenaponskih trafostanica, sa instalisanom snagom 884 MVA, dužina srednjenaponske mreže je 4 808 km i dužina niskonaponske mreže 15 223 km.

Osnovne karakteristike mreže na području Elektrokrajine su: velika dužina vodova, veliki broj kvarova i veliki broj elemenata pri kraju svog eksploatacionog vijeka, na što su dodatno uticali teški uslovi rada te opreme u toku prošlog rata. Treba napomenuti da je konfiguracija terena u ruralnom području takva da dodatno otežava eksploataciju objekata smještenih u takvim uslovima.

Mreža sa ovakvim karakteristikama prouzrokuje u procesu eksploatacije neplanirane prekide u isporuci električne energije, dug period lokacije dionice u kvaru, dugo vrijeme otklanjanja kvara, štete kod potrošača zbog neisporučene električne energije i visoke troškove eksploatacije.

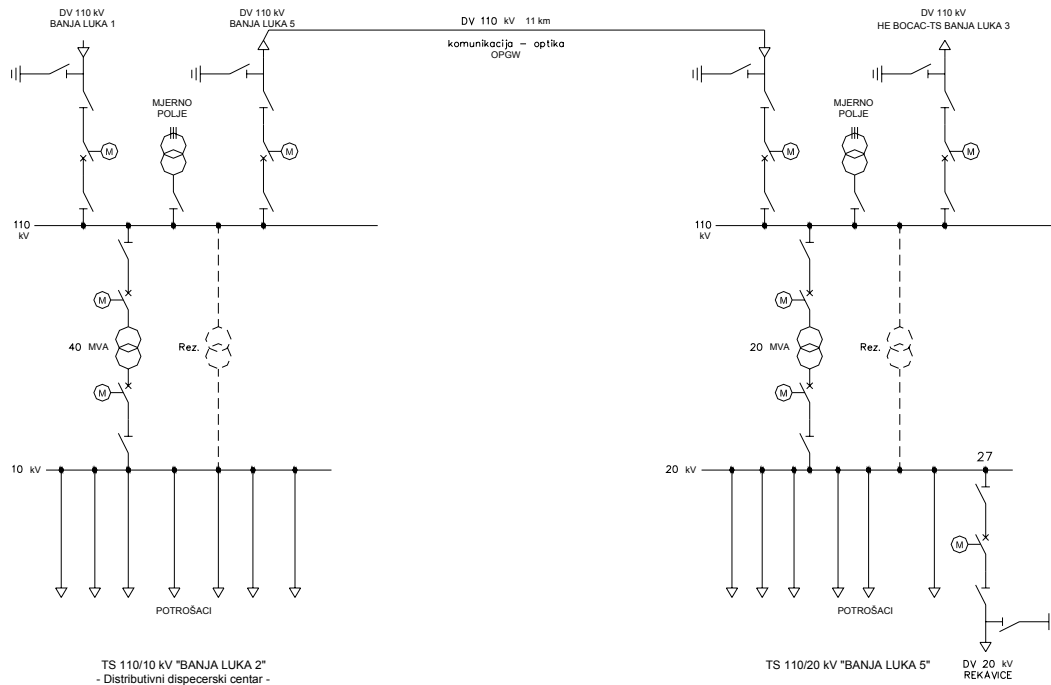
U radu će biti razmatrana trafostanica (TS) 110/20 kV "Banja Luka 5" i 20 kV dalekovod za Rekavice.

### 3. POSTOJEĆE STANJE TS 110/20 kV BANJA LUKA 5

TS 110/20 kV Banja Luka 5 je trafo stanica locirana na jugoistočnom dijelu grada Banja Luka. Energetski je planirana zbog Fabrike vode grada Banja Luka, dijela južne industrijske zone i prigradskog dijela zone individualnog stanovanja.

Rasklopno postrojenje (RP) 20 kV ima 28 ćelija, jedan dio izlaza su nadzemni vodovi za seosko područje (izlazi do prvih stubova nadzemnih vodova su izvedeni 20 kV kablovima).

TS 110/20 kV "Banja Luka 5" je u 110 kV prstenu oko grada Banja Luka, jedna 110 kV veza je TS 110/10 kV "Banja Luka 2", a druga zasad "antenska" je prema DV 110 kV "HE Bočac - TS Banja Luka 3 - TS Banja Luka 6". Jednopolna blok šema rasporeda navedenih elektroenergetskih objekata (EEO) data je na slici 1.



Slika 1.- Jednopolna blok šema rasporeda EEO

Dalekovodi 110 kV imaju instaliranu zaštitnu užad sa optičkim vlaknima (OPGW), tako da su komunikacijske veze pouzdane i sigurne. Prema tome, distributivni Dispečerski centar (DC) čija je lokacija u 110/10 kV "Banja Luka 2" ima između ostalih i ovu komunikacijsku vezu sa TS 110/20 kV "Banja Luka 5", a naravno i kvalitetnu vezu sa DC Elektroprenosa.

Nabrojani podaci su bitni, s obzirom, da je cilj daljinsko upravljanje radom TS 110/20 kV "Banja Luka 5" iz distributivnog DC-a kao i praćenju stanja kompletnog 20 kV konzuma, preuzimanje podataka, manipulisanje i, što je naročito bitno, sekcionisanje i izolovanje dionice u kvaru analiziranog voda za Rekavice.

I u postojećem režimu selektivnog i kvalitetnog podešenja relejne zaštite, ispadi su locirani isključivo na vodu na kom se desio kvar. TS "Banja Luka 5" ima posadu (uklopničare) samo u prvoj i drugoj smjeni, treća smjena nije pokrivena, tako da dežurni dispečeri u DC-u često imaju značajnih problema, posebno na vodovima 20 kV prema seoskom području. Pomenuto se odnosi i na DV izlaz za Rekavice.

Na 110 kV strani TS "Banja Luka 5" postoje: 2 dalekovodna 110 kV polja, 1 mjerno polje i 1 trafo polje sa transformatorom 20 MVA (rezerva: još 1 trafo polje i energetski transformator).

RP 20 kV je izvedeno sa ćelijama tipa D6/V, svi izlazi su sa vakumskim prekidačima upravljanim motornim pogonom, sabirnički i izlazni rastavljači su sa noževima za uzemljenje takođe su montirani i odgovarajući strujni mjerni transformatori.

U komandnom dijelu postrojenja locirani su: mjerenje i zaštita - KRO ormari, pomoćni naizmjenični i istosmjerni napon, ispravljač sa stabilizacijom i akumulatorska baterija. Rješenje je apsolutno standardno, dimenzionisano za konačan broj 20 kV ćelija i konačan broj polja vanjskog postrojenja.

RP 20 kV sa ćelijama u dva niza je podužno sekcionisano sa rastavljačem u spojnom polju čime su selekcionisani potrošači (značajniji potrošači, vodovod i dr., su priključeni sa jedne strane, a pojedini seoski izlazi nalaze se na drugom dijelu sabirnice 20 kV). Za sad, u fazi rada jednog energetskog transformatora prethodno navedeno i nema neki poseban značaj.

Komanda, mjerenje i zaštita, kako je pomenuto, nalazi se u KRO ormarima sa ožičenjem na rednim stezaljkama za lokalno i daljinsko upravljanje, signalizaciju i registraciju svih pogonskih događaja. U ormarima su ostavljena mjesta za ugradnju odgovarajućih elektroničkih mjernih pretvarača čime bi se funkcija svih mjerenja, signalizacija i signalizacija položaja mogla prenositi u distributivni DC na praćenje i daljnju obradu. Ugradnjom odgovarajućih elemenata za daljinsko komandovanje i upravljanje te povezivanjem sa odgovarajućom skadom posmatrana trafo stanica mogla bi se upravljati automatski iz distributivnog DC-a.

Sve ćelije, odvodne (kablovske ili vazdušne), trafo ćelije, mjerne, a i odgovarajuća polja 110 kV imaju potrebne relejne zaštite za dotični nivo. Dakle, egzistiraju odgovarajuće prekostrujne, zemljospojne zaštite, APU, diferencijalne zaštite u trafo ćelijama sve neophodne zaštite energetskog transformatora za tipsku jedinicu 20 MVA, podnaponske i nadnaponske zaštite, distantna zaštita dalekovoda 110 kV i ostale pomoćne relejne zaštite. U jednopolnoj blok šemi ( slika 1.) dat je osnovni prikaz stanja elemenata u ćeliji broj 27 izlaz za Rekavice. Komandno - upravljački element je trolpolni vakumski prekidač 24 kV, 50 Hz, 1250 A, komandni napon 220 V istosmjerno, napajanje kalemata magneta 220 V istosmjerno, pomoćni kontakti 8 "u" + 8 "iz", brojač operacija, AP relej, grijač.

U KRO postoji pokazno mjerenje struje, prekostrujni relej sa 2 modula (  $I >$  i  $I >>$  ), zemljospojni relej za zvezdište uzemljeno preko malog otpora (40  $\Omega$ ), trolpolni automatski ponovni uklop i prateći neophodni pomoćni moduli, releji i automati, svjetlosna signalizacija stanja svih događaja, signalizacija položaja: uključeno - isključeno, zbirni alarm i registracija najvažnijih pogonskih događaja.

#### 4. OPIS SN VODA

Nadzemni vod 20 kV za Rekavice rađen je kombinovano sa Al/Č užadima presjeka 50/8 i 25/4. Ukupna dužina voda je 73 km i vod napaja 38 stubnih transformatorskih stanica (STS) raspoređenih prema šemi prikazanoj na slici 2.

Ukupna instalisana snaga navedenih STS iznosi 2630 kVA i napajaju vangradska naselja sa pretežno stihijskim rasporedom stambenih objekata i malom gustom stanovanja. Vod se prostire po nepristupačnim terenima obraslim rastinjem i sa visokim izokerauničkim nivoom. Takođe, pojedine dionice voda se razlikuju po stvarnom eksploatacionom vijeku elemenata voda radi izvršene rekonstrukcije kao i izgradnje novih STS.

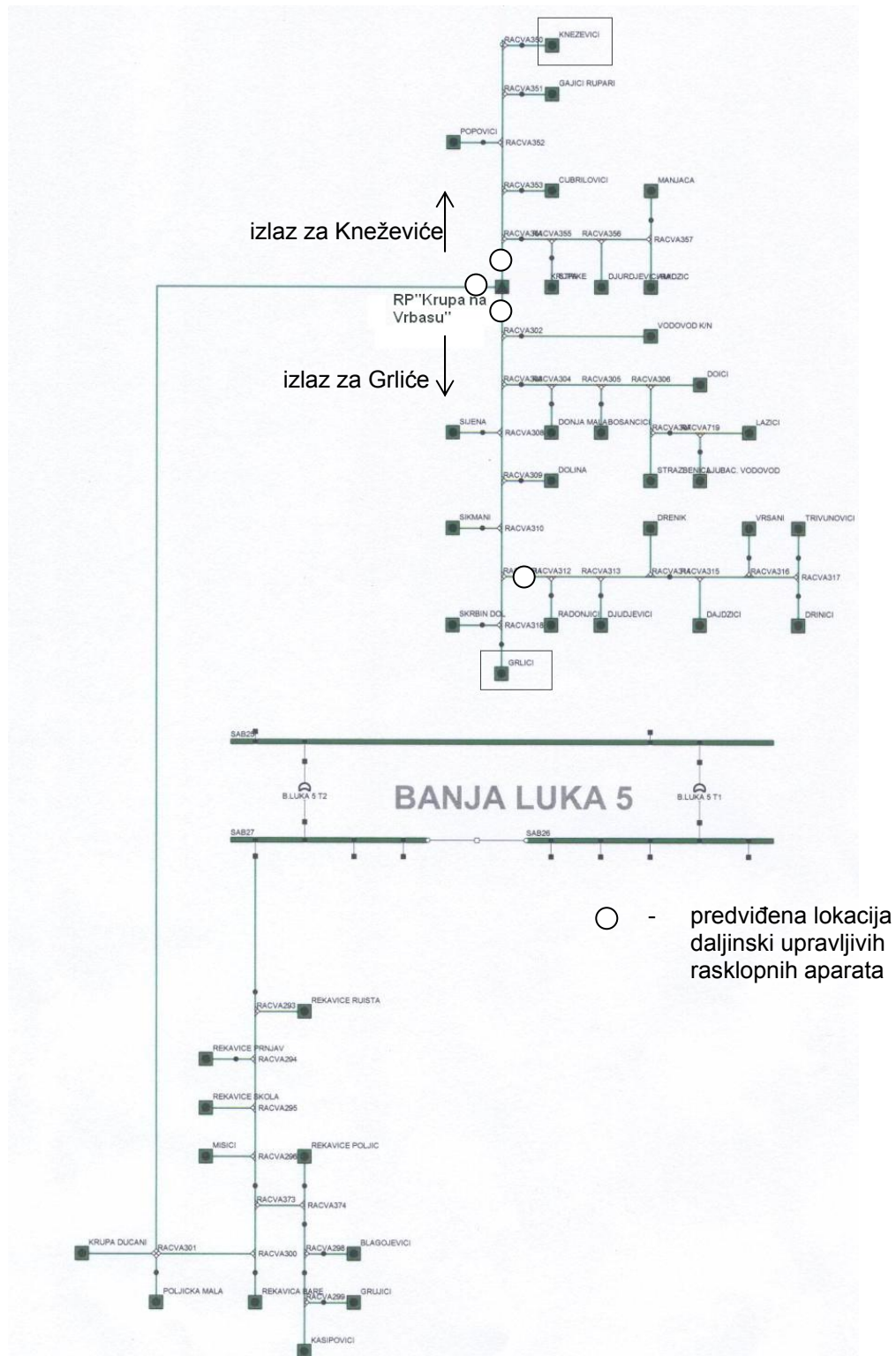
Postojanje rasklopnog postrojenja (RP) "Krupa na Vrbasu" dopušta mogućnost sekcionisanja voda ali je eksploatacioni vijek ugrađene opreme takav da je odnos troškova održavanja i investicionih troškova sve bliži jedinici, naravno, uzimajući u obzir cijenu isporučenog i neisporučenog kWh kao i odnos troškova investicija i cijene kWh električne energije.

U RP "Krupa na Vrbasu" postoje dva izlaza:

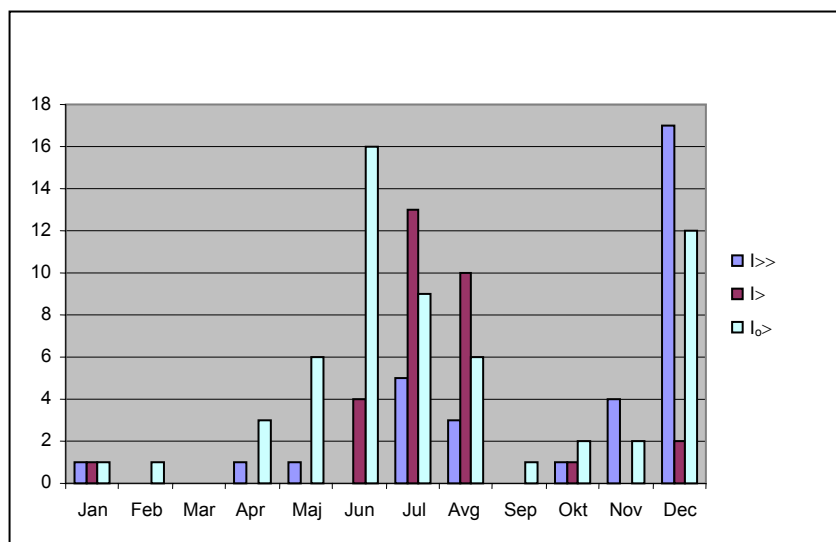
- Dobrnja (Kneževići) ( 8 STS instalisane snage 400 kVA );
- Grlići ( 19 STS instalisane snage 1370 kVA ).

Održavanje voda sa ovakvom strukturom elemenata u uslovima prelaska na daljinsko upravljanje zahtjeva pažljivu analizu stanja samog voda kao i događaja registrovanih u TS "Banja Luka 5".

Broj zastoja u zavisnosti od uzroka po pojedinom mjesecu u godini prikazan je na slici 3. Uzeta je u razmatranje 2003. godina, uz napomenu da je struktura događaja kao i njihov kvantitet reprezentativan u odnosu na prethodne godine bez obzira na radove vezane za djelimičnu sanaciju ili rekonstrukciju te izgradnju novih transformatorskih stanica.



Slika 2.- Šematski prikaz sa pripadajućim STS nadzemnog voda 20 kV za Rekavice



Slika 3.- Broj zastoja u zavisnosti od uzroka po pojedinom mjesecu

Struktura, vremensko trajanje i procentualni udjeli pojedinih događaja registrovanih u TS "Banja Luka 5" na godišnjem nivou (za 2003. godinu) prikazani su u tabeli 1.

TABELA 1.- STRUKTURA, VREMENSKO TRAJANJE I PROCENTUALNO UČEŠĆE POJEDINIH UZROKA PREKIDA NAPAJANJA

Uzrok prekida	Vrijeme trajanja prekida [časova]	Procentualni udio [%]
I>>	14:52	18
I>	14:00	17
I<sub>o>>	9:52	12
I>>, I<sub>o>>	1:19	2
Lociranje i sanacija kvara	35:23	44
Nestanak 110 kV napona	5:30	7
<b>UKUPNO</b>	<b>80:56</b>	<b>100</b>

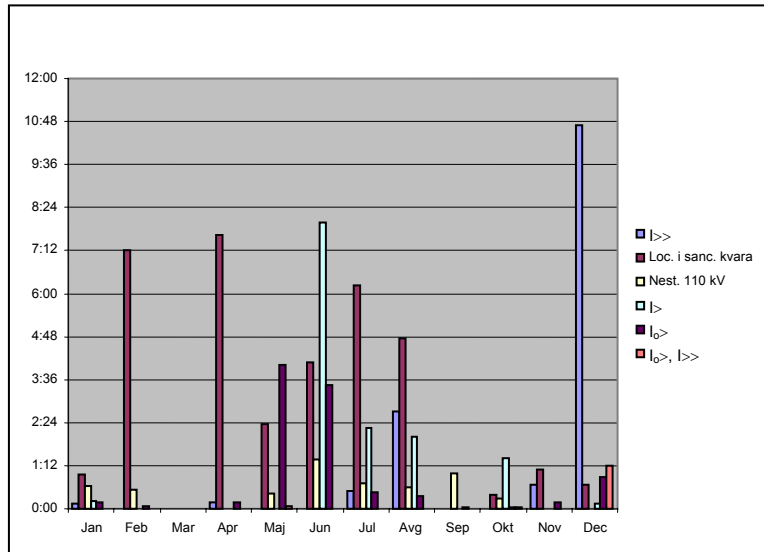
Struktura zastoja nam govori da veliki dio vremena prekida napajanja otpada na lociranje i sanaciju kvara na vodu (44% od ukupnog vremena prekida napajanja). Takođe je zbog otežanog lociranja kvara na vodu, prisutno intenzivno izlaganje rasklopnog aparata u ćeliji br.27 TS "Banja Luka 5" strujama kratkog spoja čime se njegov eksploatacioni vijek znatno snizio (odabrana je standardna izvedba vakuumskog prekidača koji može podnijeti 80 prekidanja struje kratkog spoja 16 kA (normalni eksploatacioni vijek ovakvog rasklopnog aparata iznosi 10000 ciklusa)).

Nestanak 110 kV napona je posljedica ostrvskog režima rada elektroprivrede RS i u ovom slučaju iznosi 7% od ukupnog vremena trajanja prekida napajanja.

Grafički prikaz vrijednosti iz tabele 1. razvrstanih po pojedinim mjesecima prikazan je na slici 4.

Kvalitetna distribucija električne energije pored neprekidnosti napajanja mora da sadrži i ekonomičnost kao bitan parametar kojeg je, u uslovima rekonstrukcije i prelaska na daljinski nadzor i upravljanje, teško ispuniti. Osnovna problematika se ogleda u višedimenzionalnosti štete uslijed prekida napajanja.

Povećanje pouzdanosti je potrebno vezivati za značaj pojedinog elektroenergetskog objekta odnosno značaj ključnih elemenata kao što su rasklopnih aparati. Stanje rasklopnih aparata i pripadajuće zaštite u RP "Krupa na Vrbasu" eksploataciono i tehnološki ne zadovoljava uslove koje nameće potreba za daljinskim nadzorom i upravljanjem, a potreba za građevinskom rekonstrukcijom objekta dodatno poskupljuje investiciona ulaganja.



Slika 4.- Grafički prikaz vrijednosti iz tabele 1. razvrstanih po pojedinim mjesecima

Prirodni porast potrošnje na pojedinim otcjepima postavlja nove zahtjeve pred eksploataciju i održavanje nadzemnog voda, naravno, potrebno je sve posmatrati u svjetlu kvaliteta isporučene električne energije i deregulacije energetskog sektora uz formiranje tržišta električne energije.

Povećanje tehničke opremljenosti ekipa za otkrivanje i sanaciju kvara može znatno doprinijeti skraćivanju vremena prekida napajanja ali njihovo angažovanje na velikoj površini i stručno osposobljavanje zahtjeva dodatna ulaganja koja se mogu, uglavnom, isplatiti samo u sprezi sa daljinski ili lokalno kontrolisanim rasklopnim aparatima.

Pošto RP "Krupa na Vrbasu" zahtjeva kompletnu rekonstrukciju da bi zadovoljila zahtjeve koje postavlja daljinsko upravljanje i nadzor, a primjetno je pomjeranje težišta konzuma na izlazu za Grliće, kao tehnookonomski isplativo rješenje nameće se upotreba reklozera.

Upotreba reklozera nove generacije, zahvaljujući trendu pada cijena, dopušta daljinsku kontrolu kao i podešavanje lokalne automatike prema potrebama na terenu. Brzo otkrivanje kvara i njegovo izolovanje, uz postojanje daljinskog nadzora i kontrole, znatno skraćuje vrijeme trajanja prekida u napajanju potrošača na ispravnom dijelu dionice.

Reklozer, kao samostalni uređaj, uz primjenu multifunkcionalne zaštite i daljinske kontrole, dopušta velike mogućnosti kako podešavanja pojedinih parametara tako i instalacije čime su klasična rješenja sa ćelijama u građevinskim objektima, za slučajeve napajanja razmatrane strukture konzuma, prevaziđena.

## 5. ZAKLJUČAK

U razvijenim zemljama svijeta sve više se su u primjeni savremena rješenja daljinski kontrolisane rasklopne opreme namjenjene za vanjsku montažu na sredjenaponskim nadzemnim elektrodistributivnim mrežama koje napajaju ruralna područja. Postoji više varijanti ovakve opreme koja se uglavnom razlikuje po upotrebljenom rasklopnom aparatu.

Autori su opredjeljeni za upotrebu prekidača za vanjsku montažu na stubu (uglavnom armirano-betonskim) sa kvalitetnim elementima vezanim za daljinsko upravljanje i savremenim sistemom zaštite. Moguća su rješenja sa postojanjem daljinski kontrolisanog rastavljača i prekidača, montiranim na odvojenim stubovima.

Ovakvim rješenjem moguća je eliminacija RP "Krupa na Vrbasu" i praćenje trenda pomjeranja težišta potrošačkog konzuma čime bi se izbjegla kompletna rekonstrukcija postrojenja, a istovremeno poboljšani parametri eksploatacije analiziranog voda za Rekavice.

Autori posjeduju pozitivna praktična iskustva, vezana za eksploataciju daljinski upravljanih rasklopnih aparata (prekidač i rastavljač), realizovana u okviru pilot projekta, koja su osnova za planiranje

i buduću realizaciju rješenja koja tretiraju i kompleksno razgranate distributivne srednjenaponske vodove kao što je i vod za Rekavice.

Kako TS 110/20 kV "Banja Luka 5" posjeduje kvalitetnu pripremu za ugradnju svih vrsta pretvarača kao i kvalitetnih komunikacionih puteva, moguća je jednostavna instalacija daljinske stanice koja bi se kontrolisala glavnim SCADA sistemom u distributivnom DC-u. Postojanje kvalitetnog softvera (DMS – sistem za nadzor, efikasno upravljanje, analizu, optimizaciju i razvoj distributivnih mreža) pruža mogućnost kontrolisanja daljinski upravljivih rasklopnih aparata u realnom vremenu čime bi se ostvario znatan iskorak u postizanju savremenih parametara koje nameće tržište električnom energijom.

## **6. LITERATURA**

1. Institut "M. Pupin", "SISTEM ZA NADZOR I UPRAVLJANJE VIEW2", Laboratorija za automatiku
2. DMS Grupa Novi Sad, "PROGRAMSKI PAKET ENERGETSKIH APLIKACIJA ZA OPERATIVNO UPRAVLJANJE DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA"
3. D. Bekut, "RELEJNA ZAŠTITA", Stylos, Novi Sad, 1999
4. Katalozi raznih proizvođača daljinski upravljanih rasklopnih aparata
5. Z.Živković, R. Dimitrijević, "PERFORMANSE OPTIČKIH VALKANA U ZAŠTITNOM UŽETU NADZEMNIH ENERGETSKIH VODOVA", JUKO CIGRE, R 22-12, septembar 2001