

Jurica Larva, mag.ing.el.tech.inf.
HEP ODS d.o.o., Elektra Požega
jurica.larva@hep.hr

Tomislav Martinčić, dipl.ing.el.
HEP ODS d.o.o., Elektra Požega
tomislav.martincic@hep.hr

UGRADNJA, ISPITIVANJE I ISKUSTVA S NORTROLL R400D INDIKATORIMA KVARA NA 10 (20) KV ZRAČNIM VODOVIMA S MOGUĆNOŠĆU DALJINSKE DOJAVE

SAŽETAK

Prema Općim uvjetima za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom (NN 85/15) Operator distribucijskog sustava nadležan je trajno održavati i poboljšavati razinu kvalitete opskrbe električnom energijom. Ona uključuje kvalitetu napona, pouzdanost napajanja i kvalitetu usluge. Pouzdanost napajanja odnosi se na stalnost isporuke električne energije korisniku mreže. Operator distribucijskog sustava dužan je nakon saznanja o prekidu napajanja u najkraćem roku ponovno uspostaviti napajanje.

Od 2012. godine u Elektri Požega 85% vremena svih prisilnih zastoja odnose se na zastoje u 10 kV mreži. S ciljem bržeg lociranja i popravka kvara te bržeg uspostavljanja ponovnog napajanja većini korisnika, u 10 kV mrežu ugrađuju se indikatori kvara. Tijekom godina u SN vodove Elektre Požega ugrađeno je 68 indikatora kvara s lokalnom signalizacijom koji prorađuju u slučaju kratkih spojeva i zemljospoja u mreži. Nedostatak takvih indikatora je što je eventualnu proradu potrebno utvrditi na mjestu njihove ugradnje u mreži.

Kako bi se vrijeme traženja kvara dodatno skratilo u Elektri Požega je u 2017. godini u probni rad instaliran jedan indikator kvara s daljinskom dojavom. U radu je opisan princip rada i daljinske dojave, postupak ugradnje indikatora, ispitivanja njegovog djelovanja pri pokusu zamljospoja u mreži, kao i druga iskustva u radu.

Ključne riječi: Pouzdanost napajanja, kvarovi u nadzemnim 10 kV mrežama, indikatori kvara, daljinska signalizacija, pokusni rad

INSTALATION, TESTING NAD EXPERIENCES WITH NORTOLL R400D FAULT INDICATORS IN 10 KV OVERHEAD LINES WITH REMOTE SIGNALIZATION

SUMMARY

Distribution system operator is responsible for quality of electric energy supply. It includes voltage quality, reliability of supply and service quality. In case of power outage distribution system operator is obligated to bring back power supply in shortest time possible.

In Elektra Požega from 2012 85% of power outage time belongs to failures in 10 kV electric grid. With a goal to shorten that time, fault indicators are installed in the grid. In last 10 years 68 indicators with local signalization are installed.

To further shorten time of power outages, in 2017 one fault indicator with remote signalization was installed in Elektra Požega. This paper describes work principles of that indicator, its instalation procedure, its testing and others experiencies with it.

Key words: Reliability of power supply, 10 kV power lines failure, fault indicators, remote signalization, test work

1. UVOD

Opće je poznato da nije moguće, niti s tehničkog, niti s ekonomskog gledišta, osigurati besprekidnu opskrbu električnom energijom, ali potrebno je osigurati zadovoljavajuću razinu pouzdanosti napajanja električnom energijom. Pouzdanost napajanja određena je brojem i trajanjem prekida napajanja u jedinici vremena, najčešće jednoj godini. Pouzdanost napajanja odnosi se na sposobnost elektroenergetskog sustava za pružanje stalne opskrbe kupaca sukladno zahtjevima, uzimajući u obzir planirane i prisilne zastoje jedinica mreže. Pouzdanost napajanja utječe na sve kategorije kupaca, na razne načine. Za velike industrijske kupce i kupce iz kategorije poduzetništva, čak i kratkotrajni prekidi mogu dovesti do velikih financijskih gubitaka, dok za kućanstva prekidi prvenstveno predstavljaju nemogućnost korištenja električnih uređaja, bez kojih je nezamisliv život suvremenog čovjeka.

Prekidi u opskrbi električnom energijom kupaca ovise o pouzdanosti cjelokupnog sustava, sastavljenog od proizvodnih postrojenja, prijenosne mreže i distribucijske mreže. S gledišta kupca, prekidi napajanja električnom energijom najbolje su opisani brojem prekida u jedinici vremena, kao i njihovim ukupnim trajanjem. Glavni uzroci prekida napajanja električnom energijom su zastoji jedinica distribucijske mreže, koji mogu biti planirani i prisilni. Planirani prekidi napajanja električnom energijom pojavljuju se uslijed planiranih zastoja jedinica mreže u slučajevima obavljanja potrebnih radova ili zahvata na promatranoj jedinici. Planirani zastoji manje će utjecati na prekid napajanja električnom energijom kod kupaca u mreži ili dijelu mreže u kojem postoji određeni stupanj redundancije. Prisilni prekidi napajanja električnom energijom pojavljuju se uglavnom uslijed prisilnih zastoja jedinica mreže u slučajevima neispravnosti promatrane jedinice ili neispravnosti drugih jedinica, koja je uzrokovala izvanpogonsko stanje promatrane jedinice. Prisilni prekidi napajanja mogu se pojaviti i uslijed događaja i okolnosti definiranih višom silom. [1]

Opći uvjeti za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom (NN 85/15), između ostalog, spominju problematiku kvalitete električne energije unutar kojih definiraju i pouzdanost napajanja. Prema njima kvaliteta opskrbe električnom energijom sastoji se od kvalitete napona, pouzdanosti napajanja i kvalitete usluga. Kvaliteta napona je usklađenost izmjerenih značajki napona na mjestu preuzimanja i/ili predaje električne energije s vrijednostima navedenim u hrvatskoj normi HRN 50160. Kvaliteta usluga je razina pružanja usluga koju je operator sustava i opskrbljivač dužan osigurati korisniku mreže u skladu s ovim Općim uvjetima i propisima kojima se uređuje kvaliteta opskrbe električnom energijom. Pouzdanost napajanja je stalnost napajanja korisnika mreže električnom energijom. Operator sustava dužan je trajno održavati i poboljšavati razinu kvalitete opskrbe električnom energijom na mjestu preuzimanja i/ili predaje električne energije, u skladu s propisima kojima se uređuje kvaliteta opskrbe električnom energijom. Operator sustava dužan je nakon saznanja o prekidu napajanja u najkraćem mogućem roku ponovno uspostaviti napajanje mreže. [3]

Mjerila za vrednovanje pouzdanosti distribucijske mreže su pokazatelji pouzdanosti, veličine od ključnog značaja za razumijevanje ponašanja pojedinih elemenata odnosno mreže u cjelini. Statistički pokazatelji odnose se na određeno područje potrošnje električne energije s točno određenim brojem kupaca, promatrano kroz određeno vremensko razdoblje. Najčešće korišteni pokazatelji pouzdanosti napajanja električnom energijom su:

- a) prosječan broj prekida po kupcu godišnje,
- b) prosječno trajanje prekida (iskazano u minutama) po kupcu godišnje,
- c) prosječno godišnje trajanje jednog prekida po kupcu koji je osjetio prekid napajanja.

Pretpostavimo da na nekom promatranom području potrošnje električne energije ima N_T kupaca i tijekom perioda izvještavanja, koji je uobičajeno jedna godina, se dogodi m prekida. Svakim i -tim prekidom napajanja, koji traje t_i minuta, je zahvaćeno N_i kupaca, s ukupnom snagom potrošnje P_i . Za promatrano područje mogu se izračunati pokazatelji pouzdanosti napajanja:

- a) prosječan godišnji broj prekida po kupcu (SAIFI, eng. System Average Interruption Frequency Index)

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^m N_i}{N_T} \quad (1)$$

b) prosječno godišnje trajanje prekida po kupcu (SAIDI, eng. System Average Interruption Duration Index)

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^m t_i N_i}{N_T} [\text{min}] \quad (2)$$

c) prosječno godišnje trajanje jednog prekida po kupcu koji je osjetio prekid opskrbe (CAIDI, eng. Customer Average Interruption Duration Index) [1]

$$CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^m t_i N_i}{N_i} = \frac{SAIDI}{SAIFI} [\text{min}] \quad (3)$$

Distribucijska mreža sastoji se od srednjenaponske i niskonaponske mreže. Kako se u novije vrijeme, niskonaponska mreža izvodi sa samonosivim kabelskim snopovima ili podzemnim kabelima, ona je manje osjetljiva na klimatske promjene i održavanje trase u odnosu na srednjenaponsku mrežu koja se obično izvodi sa golim, neizoliranim vodičima. Prema tome, značajan broj kvarova koji uzrokuju prekid napajanja krajnjih potrošača se, u stvari, događa u srednjenaponskim mrežama. [2] Osim toga, prekid napajanja u srednjenaponskoj mreži obično pogađa veći broj potrošača. Dokaz tomu vidljiv je i u tablicama ispod. Tablica 1 i Tablica 2 prikazuju pokazatelje pouzdanosti napajanja u Elektri Požega u razdoblju od 2012.-2017. godine razvrstane po naponskim razinama. Budući da je planirane zastoje moguće planirati, kontrolirati i pravovremeno najaviti, pokazatelji pouzdanosti SAIFI i SAIDI dani su samo za prisilne zastoje.

Tablica I Prosječan godišnji broj prekida po kupcu za prisilne zastoje u Elektri Požega u razdoblju 2012-2017.

SAIFI	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012-17
0,4 kV	0,10	0,14	0,12	0,11	0,08	0,14	0,68
10 kV	1,08	1,22	1,86	1,62	2,46	1,92	10,16
35 kV	0,37	0,22	1,54	0,58	0,65	0,41	3,78
Ukupno	1,55	1,58	3,52	2,31	3,19	2,47	14,62

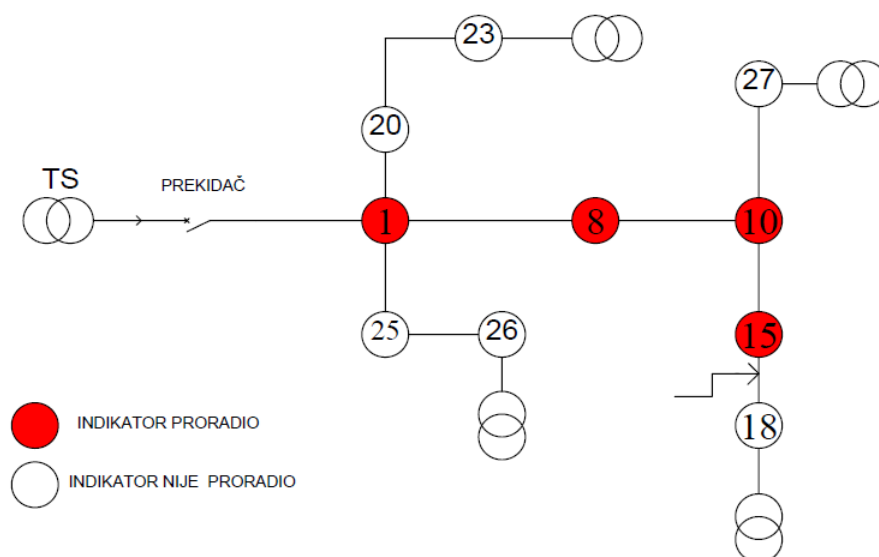
Tablica II Prosječno godišnje trajanje prekida po kupcu za prisilne zastoje u Elektri Požega u razdoblju 2012-2017.

SAIDI	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012-17
0,4 kV	9,07	14,02	13,11	10,45	14,16	14,01	74,70
10 kV	87,58	97,58	168,84	121,94	382,12	152,32	955,82
35 kV	11,70	17,28	21,98	3,65	30,58	10,33	95,44
Ukupno	108,34	128,88	203,92	136,05	372,85	176,66	1125,96

Iz priloženih tablica uočljivo je da je većina prisilnih prekida vezana uz srednjenaponsku mrežu, a poglavito uz 10 kV mrežu. 69% prisilnih prekida po kupcu i 85% trajanja prisilnih prekida po kupcu povezano je s kvarovima u 10 kV mreži. Naime, kvar na 35 kV mreži pogađa velik broj potrošača, ali on traje vrlo kratko. Razlog tomu leži u visokom stupnju redundancije. Ukoliko se pojavi kvar na nekom elementu 35 kV mreže, moguće ga je vrlo brzo lokalizirati, navedeni element pomoću sustava daljinskog vođenja isključiti, a pogođene kupce napojiti pričuvnim putem. U 10 kV mreži to nije uvijek moguće, razgranatost 10 kV mreže čini ju ranjivijom na kvarove, a velik broj radijalnih vodova ne ostavlja mogućnost pričuvnog napajanja. Iz navedenog je jasno da je s ciljem povećanja pouzdanosti napajanja potrebno djelovati na smanjenje zastoja u 10 kV mreži. Postoje dva načina da se poveća pouzdanost napajanja potrošača djelovanjem na 10kV mrežu: može se smanjiti broj prekida napajanja i može se smanjiti trajanje prekida uzrokovano kvarovima. Da bi se smanjio broj prekida napajanja, u distribucijsku mrežu, mogu se ugraditi recloseri (prekidač sa zaštitnim funkcijama ugrađen na stup zračnog dalekovoda) pomoću kojih se izdvajaju dijelovi mreže u kvaru, a da bi se smanjilo trajanje prekida u mrežu se ugrađuju indikatori kvarova. Za razliku od reclosera indikatori kvarova ne utječu na topologiju mreže, nego samo na skraćivanje vremena nalaženja kvara, a samim time i na vrijeme njegovog otklanjanja. Kada se uzme u obzir cijena reclosera i indikatora kvarova dolazi se do toga da bi u mrežu, na jedan dalekovod, optimalno bilo ugraditi jedan ili nijedan recloser i nekoliko indikatora kvarova. [2]

3. INDIKATORI KVARA

Na tržištu postoje jednostavni uređaji koji su razvijeni u svrhu pronalaženja mjesta kvara u mrežama - indikatori kvarova. Indikator kvara reagira na magnetsko polje koje je uzrokovano strujom koja teče kroz vodiče. Ukoliko struja prijeđe neku podešenu vrijednost indikator proradi (pri tome moraju biti zadovoljeni i drugi uvjeti opisani u nastavku teksta). Prorada indikatora rezultira nekim svjetlosnim i/ili elektroničkim signalom. Mogu se ugraditi na kabelske ili nadzemne vodove. Nadzemni indikatori mogu se montirati izravno na vodiče mreže ili na stupove uz određenu udaljenost od vodiča. Indikatori za kvarove u podzemnim mrežama montiraju se na kabelske završetke u trafostanicama. Indikator konstantno mjeri struju i reagira na promjenu magnetskog polja koje je posljedica povećanja vrijednosti struje kvara, a kvar signalizira ovisno o konstrukciji i karakteristikama. Ovisno o vrsti indikatora može se signalizirati dozemni spoj, kratki spoj ili postoji mogućnost signalizacije oba kvara. Monteri po obilasku mreže uz određenu svjetlosnu ili daljinsku signalizaciju brže i točnije pronalaze mjesto kvara. Prateći svjetlosni signal na indikatorima koji je struja kvara aktivirala, monter dolazi do dionice voda koja je u kvaru te pristupaju procesu otklanjanja kvara. Uz daljinsku dojavu u SCADA sustav ili GSM/GPRS dojavu u centar za vođenje izuzetno brzo dobiva se točna lokacija dijela mreže kroz koji je prošao kvar te aktivirao indikatore. Uz točnu lokaciju kvara ili dio mreže koji je u kvaru, ovisno o konfiguraciji mreže može se ponovno uspostaviti napajanje svim ili dijelu potrošača. [5]



Slika 1 Određivanje mjesta kvara djelovanjem indikatora ugrađenih na stupove nadzemne mreže

Dobro isplanirani sustav za lokaciju kvara pomoću indikatora kvara može pomoći u brzom otkrivanju mjesta kvara. Odabir optimalnog rješenja zahtijeva dobro poznavanje mreže kako bi se odabrala najbolja mjesta za postavljanje indikatora. Prije montaže vrši se proračun struja kratkog i dozemnog spoja radi odabira odgovarajućih indikatora. Indikatori kvara postavljaju se na strateške stupove uzduž dalekovoda, kao što su točke iza grananja voda i prekidača. Pomažu u podijeli voda u sekcije te izdvajanju dionice trase voda koja je u kvaru. Kada nastupi kvar, nakon prorade zaštite indikatori registriraju kvar, a dispečerska služba šalje ekipu da locira kvar te ga po mogućnosti ukloni. Indikatore kvara koji analiziraju električno i magnetsko polje karakterizira jednostavna instalacija i minimalan utjecaj na vodove za vrijeme rada. Postoje dva bitno različita koncepta realizacije indikatora ovisno o mjestu analiziranja električnih i magnetskih polja:

- Indikatori kvara sa jednim senzorom za mjerenje električnog i magnetskog polja svih faznih vodiča
 - Indikatori kvara s odvojenim senzorima za indicaciju elektromagnetskog polja svakog pojedinog vodiča .
- Indikatori s jednim senzorom imaju manju točnost i osjetljivost mjerenja jer nemaju mogućnost mjerenja struje svake faze nego samo rezultantne struje odnosno nulte komponente. Indikatori s odvojenim senzorima imaju mogućnost indicacije elektromagnetskog polja svakog pojedinog vodiča te je kod ovakve izvedbe moguće precizno mjeriti struje svake pojedine faze. Da bi indikator registrirao kvar na vodu potreban je određeni redoslijed događanja na njemu da bi indikator počeo bljeskati. Korisnik može programirati kriterije djelovanja prema svojim zahtjevima uz pomoć mikrosklopki unutar indikatora. Na nekim modelima to se može učiniti daljinskim putem iz kontrolnog centra ili ručnom jedinicom sa zemlje. [5]

4. NORTROLL INDIKATOR R400D

LineTroll R400D koristi se za lociranje kratkih spojeva i zemljospojeva u nadzemnim distribucijskim mrežama. Ugrađuje se na stup, 3 do 5 m ispod vodiča, pomoću vijaka ili obujmica. Nakon detektiranja kvara na vodu, indikator počinje davati vrlo vidljivu signalizaciju u formi crvenog bljeska (za trajne kvarove). Ovo je bljeskanje noću vidljivo s udaljenosti do 2000 m i danju do 250 m. Indikator ima i posebnu signalizaciju prolaznih kvarova i upozorenje o slaboj bateriji. LineTroll R400D ima ugrađeni GSM modul koji se aktivira nakon nastanka kvara i odmah šalje alarm u kontrolni centar putem SMS-a. Operator tako brzo i lako identificira sekciju voda u kvaru, ili pomoću Nortroll-ovog mikroSCADA sustava zvanog NetTroll, ili pomoću glavnog SCADA sustava. Moguće je i sustavno rješenje za proslijeđivanje alarma na više primatelja u slučaju da u operativnom centru nema osoblja tijekom svih 24 sata / 7 dana.

Otkrivanje kvarova LineTroll-a R400D temelji se na otkrivanju promjena u elektromagnetskom polju ispod vodiča. Jedinica je potpuno samodostatna, vanjski transformatori ili spojevi bilo kakve vrste nisu potrebni. Također, Nortoll indikator kvara R400D ima kompenzaciju struje tereta (LCC) što znači da će osjetljivost za zemljospojne kvarove ostati nepromijenjena i neovisna o struji tereta. Rezultat toga je točnija detekcija zemljospojeva niskog intenziteta pri čemu LineTroll R400D može detektirati kvarove struja i do 2 A. Indikator se mora kalibrirati na normalne uvjete na vodu prilikom ugradnje uređaja. To daje indikatoru "sliku" magnetskog polja ispod vodiča koja će biti temelj za otkrivanje promjena u magnetskom polju pri pojavi kvara. To znači da se indikator mora podesiti dok je vod pod naponom. Indikator ima i algoritam blokade struje uklopa što omogućuje izbjegavanje pogrešne indikacije uzrokovane uklopom voda (vrijeme je moguće podesiti). Indikator je opremljen s LED diodama koje lokalno signaliziraju prolazne ili trajne kvarove te slabu bateriju. LED diode koriste se i za provjeru ispravnosti ugradnje tijekom kalibracije. Ugrađeni GSM modem uobičajeno je isključen kako bi se smanjila potrošnja baterije. Modem će biti aktiviran čim indikator otkrije kvar i odlučiti je li kvar trajan ili prolazan.



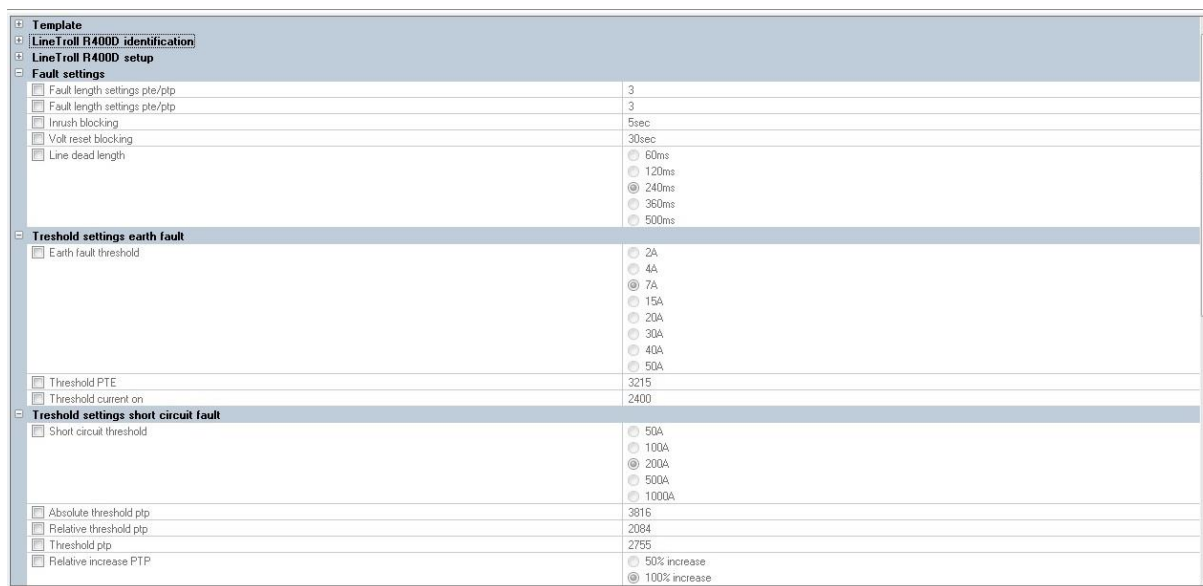
Slika 2 Indikator kvara Nortroll Linetroll R400D

Indikator kvara LineTroll R400D može se koristiti u distribucijskim mrežama napona 6-132 kV, mrežama s izoliranom neutralnom točkom, mrežama s kruto uzemljenom neutralnom točkom, mrežama s neutralnom točkom uzemljenom preko otpornika, u jednofaznim i trofaznim mrežama. Stup prikladan za montažu indikatora ne smije na sebi imati ugrađen niti jedan drugi element kao npr. podzemni kabel, odcjep, dvostruki vod, linijski rastavljač, distribucijski transformator ili niskonaponski vod. Indikator kvara i GSM modem integrirane su jedinice i obje su kontrolirane putem iste kontrolne jedinice i napajane istom baterijom. LineTroll R400D sve poruke šalje kao SMS. LineTroll R400D može se podesiti da šalje poruke s alarmom na do tri različita broja primatelja. Može poslati poruke o trajnom ili prolaznom kvaru, nestanku napona na vodu, slaboj bateriji kao i poruku pokretanja ili poruku hearbeata. Sva konfiguracijska svojstva mogu se mijenjati daljinski putem mobilnog telefona, pomoću ručnog FDP terminala ili direktno povezivanjem indikatora s računalom i korištenjem NetTroll FDP konfiguracijskog programa prije ili tijekom ugradnje na terenu. Heartbeat poruka koja se šalje u podešenim intervalima daje obavijest korisniku da je indikator aktivan i ispravno radi. Uređaj je opremljen svojstvom nadzora baterije koji prati iskorišteni kapacitet baterije. Kada brojač prijeđe predefinirani broj mAh, indikator će poslati signal slabe baterije na broj primatelja i žuta LED lampica početi će bljeskati u indikatoru. Alarm slabe baterije bit će poslan kada se iskoristi oko 80 % kapaciteta baterije. [4]

6. POKUSNI RAD U ELEKTRI POŽEGA

Tijekom posljednjih desetak godina u sredjenaponske vodove Elektre Požega ugrađeno je 68 indikatora kvara Linetroll 111K s lokalnom signalizacijom koji prorađuju u slučaju kratkih spojeva i zemljospoja u mreži. Većina njih (51) ugrađena je u 10kV zračnu mrežu budući da kvarovi u 10 kV mreži pogađaju velik broj kupaca i traju relativno dugo. Navedeni indikatori kvar signaliziraju bljeskanjem te na taj način skraćuju vrijeme lociranja kvara i povećavaju pouzdanost napajanja. U slučaju kvara na dalekovodu, potrebno je obični indikatore kvara instalirane na njemu te provjeriti koji od njih je proradio. Zaključeno je kako lociranje mjesta kvara pomoću postojećih indikatora ipak oduzima previše vremena te ju je potrebno ubrzati.

Početak ožujka 2017. godine u Elektri Požega pribavljen je jedan indikator kvara s daljinskom dojavom. Uz indikator su isporučene upute za korištenje i alat potreban za njegovu konfiguraciju – kabel za priključenje na računalo, računalni program za konfiguraciju i ručni terminal za konfiguraciju. Odlučeno je kako je prije trajne ugradnje potrebno ispitati djelovanje indikatora. Osim u svrhu testiranja uređaja, ispitivanje je trebalo poslužiti i u svrhu učenja i shvaćanja mogućnosti koje pruža indikator Nortoll Linetroll R400D. Uz lokalnu signalizaciju kvara, navedeni indikator nakon prorade šalje SMS poruku na tri telefonska broja. Zbog toga mu je potrebno umetnuti valjanu SIM karticu na kojoj se nalazi dovoljan novčani iznos za poslati određeni broj SMS poruka. Za vrijeme pokusnog rada u indikator je postavljena SIM kartica s pretplatničkim brojem kako bi se izbjegla moguća situacija u kojoj ne bi bilo dovoljno novčanih sredstava na računu za poslati heartbeat poruku ili poruku o proradi indikatora. Iako je indikator R400D moguće konfigurirati putem SMS poruka ili putem ručnog terminala, zbog jednostavnosti i preglednosti sva konfiguracija obavljena je putem računala. Indikator se pripadajućim kabelom spoji s računalom na koji je instaliran program NetTroll FDP. Programom NetTroll FDP na jednostavan je način moguće podesiti sve najvažnije parametre uređaja. Za ispravan rad indikatora najvažnije je ispravno podesiti razinu prorade na zamljospoj i kratki spoj, relativan porast struje pri kvaru, vrijeme blokade struje uklopa, kašnjenje naponskog reseta, postavke automatskog reseta i tri telefonska broja na koji se dostavljaju poruke.



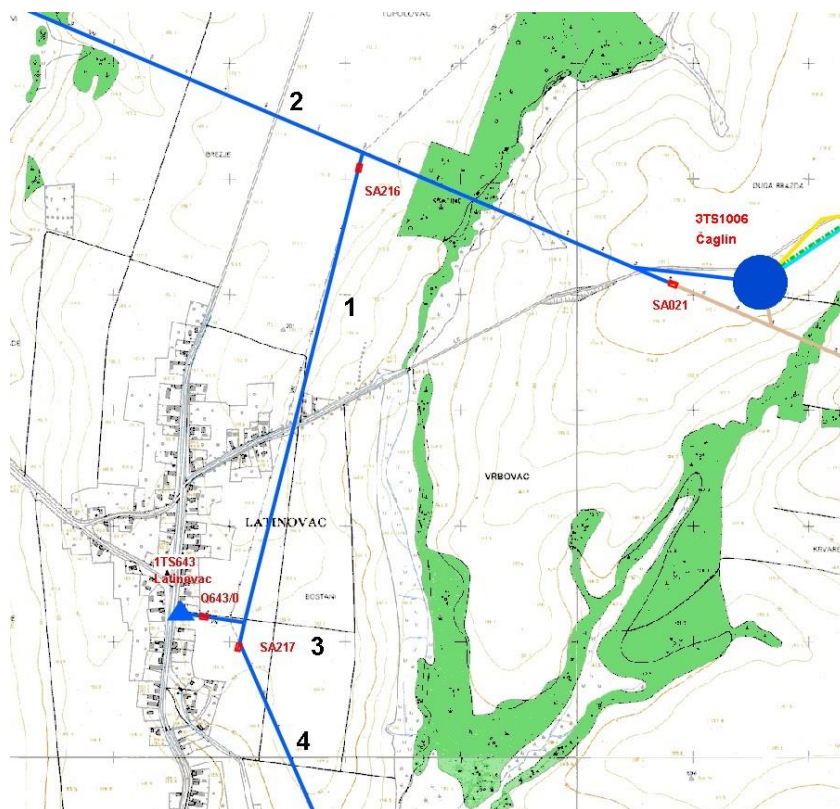
Slika 3 Prikaz konfiguracije indikatora korištenjem NetTroll FDP programa

Osmišljeno je da će se provesti i pokus zemljospoja kako bi se ispitao rad indikatora i kako bi se naučilo ponešto o načinu njegovog rada. Za tu svrhu izabran je 10 kV dalekovod Latinovac napajan iz TS 35/10 kV Čaglin. Spomenuti dalekovod odabran je iz razloga jer napaja relativno mali broj kupaca iz samo četiri 10/0,4 kV trafostanice, nalazi se u ruralnom dijelu Požeštine u kojem nema industrije i zato jer pruža nekoliko povoljnih lokacija za pokus zemljospoja u mreži. Odabirom dalekovoda za pokus zemljospoja, indikator je konfiguriran s postavkama prilagođenim odabranoj lokaciji u 10 kV mreži. Uz to, upisani su i telefonski brojevi na koje će stizati obavijesti o proradi indikatora – upisan je telefonski broj mobilnog uređaja koji se trajno nalazi u dispečerskom centru Elektre Požega, kao i brojevi dvaju zaposlenika Službe za vođenje pogona. Pri tom je definirano da na mobitel u dispečerskom centru

pristižu samo poruke o proradi indikatora, a na preostale brojeve da uz poruke o proradi pristižu i heartbeat poruke svakih šest dana.

7. POKUS ZEMLJOPOJA

4. travnja 2017. odrađen je pokus zemljospoja na 10 kV VP Latinovac. Dva dana ranije najavljen je nestanak napajanja kupcima koji se napajaju s navedenog dalekovoda. Ispred sve četiri 10/0,4kV trafostanice otvoreni su rastavljači kako bi se, bez dodatnog ometanja potrošača, moglo raditi na glavnoj trasi dalekovoda. Indikator kvara prvotno je postavljen na stup dalekovoda u točku 1 prikazanu na slici 5. Prilikom postavljanja uređaj se prilagodio uvjetima na dalekovodu. Potom je otvoren sklopni aparat broj 217, prikazan brojem 3 na slici 5. Dva stupa iza njega, na jednu žicu dalekovoda postavljeno je prijenosno uzemljenje čija je lokacija prikazana brojem 4 na slici 5. Potom je zatvoren sklopni aparat broj 217 te je zemljospojna zaštita isključila dalekovod. Automatski ponovni uklop neuspješno je pokušao dva puta uključiti dalekovod. Otprilike pola minute nakon posljednjeg pokušaja automatskog ponovnog uklopa na definirane mobilne brojeve stigla je poruka od indikatora kvara o trajnom kvaru dalekovoda. Indikator kvara ispravno je prepoznao da se kvar nalazi iza njega i da se radi o trajnom kvaru.



Slika 4 GIS prikaz dijela 10 kV dalekovoda Latinovac

Ubrzo se pristupilo drugom pokusu koji je zamišljen na način da indikator pošalje poruku o prolaznom kvaru. Ponovno je otvoren sklopni aparat broj 217, a 10 kV dalekovod Latinovac pušten je pod napon. Na taj način indikator kvara je resetiran, prestao je dojavljivati trajan kvar i spreman je za novu proradu. Ponovno se zatvara sklopni aparat br. 217, zemljospojna zaštita isključuje dalekovod, ali ovoga puta nakon neuspješnog brzog APU-a, otvara se sklopni aparat br. 217. Spori APU uključuje dalekovod Latinovac, a indikator kvara ubrzo šalje obavijest o prolaznom kvaru. I ovaj put indikator kvara ispravno je prepoznao lokaciju i karakter poremećaja na dalekovodu. Prva dva pokusa ponovljena su još jednom, ali ovoga puta promatrana je lokalna signalizacija indikatora. Led diode ispravno su bljeskanjem signalizirale prvo trajni, a potom prolazni kvar.

Posljednji pokus uključio je promjenu položaja indikatora kvara. On je premješten iza odcjeka u kojem će se događati zemljospoj, postavljen je u točku broj 2 prikazanu na slici 5. Ovoga puta očekivalo se da indikator kvara neće proraditi prilikom nastanka kvara na vodu. Nakon zatvaranja sklopnog aparata

broj 217 i prolaska oba ciklusa automatskog ponovnog uklopa, indikator kvara ovoga puta nije proradio. Indikator ispravno nije poslao SMS o kvaru na dalekovodu i nije svjetlosno signalizirao što potvrđuje da se kvar dogodio prije njega. Time su svi pokusi ocijenjeni kao uspješni te je bilo moguće uspostaviti normalno pogonsko stanje na 10 kV dalekovodu Latinovac, a indikator kvara postaviti na njegovu trajnu lokaciju.

8. TRAJNA LOKACIJA I RAD INDIKATORA KVARA

Nakon obavljenog pokusa zemljospoja, indikator je trebalo postaviti na mjesto gdje će provesti preostalih pet mjeseci pokusnog roka. Želja je bila postaviti ga na mjesto gdje postoji velika vjerojatnost prorade kako bi se još koji put pružila prilika za ustanoviti ispravnost njegovog rada. Dakle, potrebno ga je bilo postaviti na dalekovod na kojem će se vrlo vjerojatno dogoditi kvar. Olakotna okolnost bila je što je pokusni rok obuhvaćao ljetne mjesece u kojima se uobičajeno, zbog grmljavinskog nevremena i oluja, događa najveći broj kvarova u 10 kV mreži. Logično je bilo postaviti indikator na početnu dionicu dalekovoda jer se time povećava mogućnost prorade. Svakako se, osim želje za istraživanjem mogućnosti indikatora R400D, nastojalo pronaći lokaciju na kojoj bi ugradnja indikatora kvara popravila pouzdanost mreže. Kriterij za odabir dalekovoda bio je broj kvarova u proteklom godinama, ali i broj kupaca napajanih s odabranog dalekovoda. Također, težnja ja bila postaviti ga na dalekovod na kojem se ne nalazi veći broj indikatora kvara s lokalnom dojavom i drugih oblika automatizacije po dubini mreže (daljinske upravljive rastavne naprave ili trafostanice s daljinsko upravljanim aparaturama). Tablica 3 sadrži 15 dalekovoda Elektre Požega s najvećim brojem prisilnih prekida (broj minuta bez napajanja električnom energijom pomnožen s brojem pogođenih kupaca) u razdoblju od 6 godina, od početka 2011. do kraja 2016 godine.

Tablica III Popis 10 kV dalekovoda s najviše prisilnih zastoja u razdoblju 2011-2016.

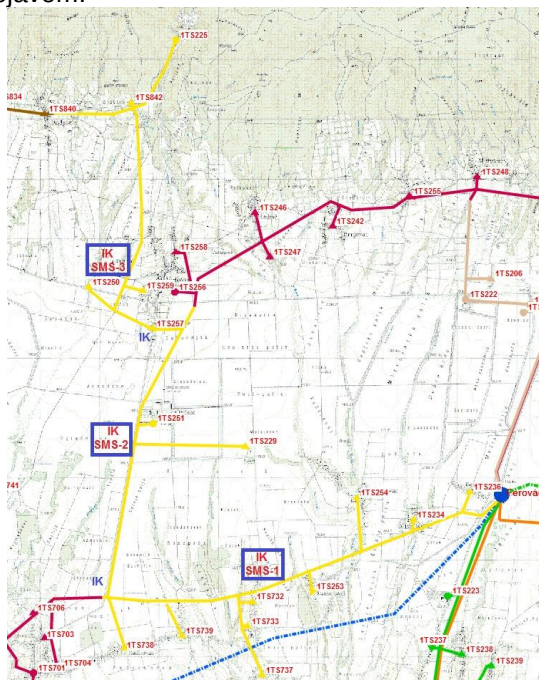
10 kV dalekovod	Broj minuta x kupaca
TOMINOVAC	2.736.264
JAKŠIĆ	2.590.021
VELIKA	1.796.817
KUTJEVO	1.492.839
GRABARJE	1.261.122
DRŠKOVC	1.258.311
KTS-22	1.224.017
MILANLUG	1.219.487
BILICE	1.172.918
GRADAC	1.164.582
LUČINCI	1.160.824
GRADIŠTE	1.014.363
TRNOVAC	777.585
DJEDOVICA	570.023
MARKOVAC	430.050

Tablica 3 ukazuje da je najpotrebnije povećati pouzdanost napajanja 10 kV dalekovoda Jakšić i Tominovac. Za ovu priliku odabrana je ugradnja na dalekovod Tominovac budući da isti, za razliku od DV-a Jakšić, u trenutku ugradnje nije imao ugrađen niti jedan DURN, a imao je i manje ugrađenih indikatora kvara s lokalnom dojavom (samo 2). 10 kV dalekovod Tominovac s duljinom osnovne trase 18,5 km napaja se iz TS 35/10 kV Ferovac i oskrbljuje električnom energijom 16 10/0,4 kV trafostanica s ukupno 773 kupca. Indikator kvara s daljinskom dojavom ugrađen je u početni dio dalekovoda, uz cestu u naselju Cerovac na oko 4,5 km od TS 35/10 kV Ferovac.



Slika 5 Montaža indikatora kvara na stup 10 kV dalekovoda Tominovac

Indikator kvara ugrađen je 6. travnja 2017. i na mjestu ugradnje nalazio se i u trenutku pisanja rada. U devet mjeseci zabilježena su tri kvara na dalekovodu koja su se dogodila iza mjesta ugradnje indikatora. Prvi slučaj zabilježen je 20. srpnja 2017. kada su proradile zemljospojna i nadstrujna zaštita, drugi slučaj zbio se 27. rujna 2017. isključenjem voda zbog nadstrujne zaštite, a treći slučaj dogodio se 9. prosinca 2017. proradom nadstrujne i zemljospojne zaštite. U sva tri slučaja, indikator kvara ispravno je poslao SMS poruku o prolaznom ili trajnom kvaru te na taj način pomogao u njegovom bržem otklanjanju. Potaknuti dobrim iskustvima s indikatorom R400D, u prosincu 2017. godine kupljena su još dva indikatora kvara istog tipa. Spomenuti indikatori konfigurirani su na isti način kao i prvi pilot indikator, pomoću NetTroll FDP programa. Prilikom konfiguracije u siječnju 2018. godine, u nove indikatore, kao i u postojeći pilot indikator, postavljene su prepaid SIM kartice na bonove (iz postojećeg pilot indikatora izvađena je postpaid SIM katica na pretplatu). U budućnosti će se svaka tri mjeseca novčani iznos na SIM karticama obnavljati bonom od 25 kn. Time će troškovi komunikacije jednog indikatora godišnje iznositi 100 kn. Mjesto ugradnje novih indikatora određeno je istim kriterijima te su oni također postavljeni na 10 kV VP Tominovac. Slika 7 prikazuje 10 kV dalekovod Tominovac (žuta boja) te su na njoj crvenim slovima u plavom okviru prikazane lokacije indikatora kvara s daljinskom dojavom, a plavim slovima položaji dva stara indikatora s lokalnom dojavom.



Slika 6 GIS prikaz 10 kV dalekovoda Tominovac s istaknutim lokacijama indikatora kvara

9. ZAKLJUČAK

Opskrba električnom energijom predstavlja jednu od osnovnih usluga koja podupire temelje suvremenog društva. Sa stajališta potrošača električne energije ova usluga mora biti stalno dostupna te omogućiti svim električnim trošilima potrošača siguran i kvalitetan rad. Drugim riječima, zahtijevaju se visoke razine kontinuiteta opskrbe i kvalitete električne energije. I kratkotrajni poremećaj u opskrbi električnom energijom izaziva vrlo osjetljiv zastoj svakodnevnih aktivnosti. Osigurati pouzdanu opskrbu potrošača električne energije oduvijek je bila težnja i obveza inženjera u elektroprivrednim organizacijama, kako u fazi planiranja razvoja mreže, tako i u fazi vođenja, rada i održavanja mreže. Potrošači se trebaju napajati pouzdano i sigurno, naravno uz određene ekonomske uvjete vezane za ulaganja u pouzdanost. Nedovoljna ulaganja u mrežu rezultiraju u nedovoljnoj pouzdanosti, tj. čestim prekidima opskrbe potrošača, dok prekomjerna, rezultiraju u nepotrebnim troškovima koji će se odraziti na krajnjoj cijeni električne energije.

U radu je pokazano da je pouzdanost napajanja kupaca Elektre Požega najviše ugrožena zbog kvarova u 10 kV mrežama. Za smanjenje trajanja prekida na zračnim 10kV dalekovodima predlaže se ugradnja indikatora kvara s daljinskom dojavom. U radu je opisan princip rada indikatora kvara te su prikazane mogućnosti indikatora Nortoll Linetroll R400D. Prikazana su postojeća iskustva Elektre Požega s navedenim indikatorima. Ona su trenutno pozitivna i očekuje se nastavak ugradnje indikatora istog tipa. U budućnosti, kada se prikupi veći broj indikatora (10-ak), planira se prelazak na GPRS komunikaciju koja će omogućiti dojavu putem SCADA sustava. To će još dodatno poboljšati rad i preglednost sustava za brže otkrivanje kvarova u 10 kV mreži, a time popraviti i pouzdanost napajanja za potrošače Elektre Požega.

10. LITERATURA

- [1] D. Hrkec, D.Vidović, A.Pavić, M.Bošković, „Kvaliteta električne energije kao karakteristika distribucijske mreže“, Prvo savjetovanje CIRED-a, svibanj 2008, Šibenik, S06-07.
- [2] P. Mršić, Č.Zeljковиć, „Pozicioniranje indikatora kvarova u nadzemnim distributivnim mrežama metodom pretraživanja“, Infoteh-Jahorina, ožujak 2017.
- [3] Hrvatska energetska regulatorna agencija, „Opći uvjeti za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom“, NN 85/15, 2015.
- [4] Elektroobjekti d.o.o., Nortroll AS, „Linetroll R400D“, korisničke upute, 2013.
- [5] M.Nađ, „Identifikatori kvara u distributivnoj mreži“, FERIT Osijek, Osijek 2016.