

## DETEKCIJA PROBLEMA U ELEKTROVUČNOJ PODSTANICI JP ŽELEZNICE SRBIJE

D. PETROVIĆ, Iritel a.d. Beograd, Srbija  
M. LAZIĆ, Iritel a.d. Beograd, Srbija  
I. KAMDŽIJAŠ, JP Železnice Srbije, Srbija  
D. ČARAPIĆ, JP Železnice Srbije, Srbija  
P. UROŠEVIĆ, JP Železnice Srbije, Srbija

### SADRŽAJ

Pouzdanost savremenih rešenja pomoćnih napajanja kao i uređaja koji se napajaju iz pomoćnih napajanja u JP Železnice Srbije, se pokazala znatno manja od očekivane. Da bi se detektovali uzroci pojave otkaza, u saradnji sa tehničkom službom JP Železnice Srbije, u trafostanicu u Zemunu montiran je uređaj za daljinski nadzor. Osnovni napon napajanja je iz Elektrodistributivne mreže nominalne vrednosti 110kV. U trafostanici, napon se spušta na 25kV koji se naknadno spušta na nominalni napon 230V. Uređaj prikuplja i prenosi podatke do udaljenog centra za nadzor koji se nalazi na Topčideru u Beogradu. Kao prenosni put koristi se *GPRS*. Namenski je napravljan grafički prikaz na kome su naglašene sve relevantne veličine koje se kontrolišu. Softver u centru za nadzor omogućava obradu, analizu i grafički prikaz prikupljenih podataka. Nakon izvršene analize detektovane su greške koje izazivaju otkaz uređaja i sistema. U radu su opisani problemi na posmatranim uređajima i sistemima i dati su grafici na kojima se jasno vide uočene greške. Problemi nastaju nailaskom kompozicije koja se napaja iz trafostanice. Promene napona napajanja su takve da izlaze izvan granica dozvoljenih vrednosti. Kompletna analiza grafičkog prikaza snimljenih signala može ukazati na izmene koje je potrebno uraditi da bi se greške minimizovale, odnosno, u potpunosti otklonile.

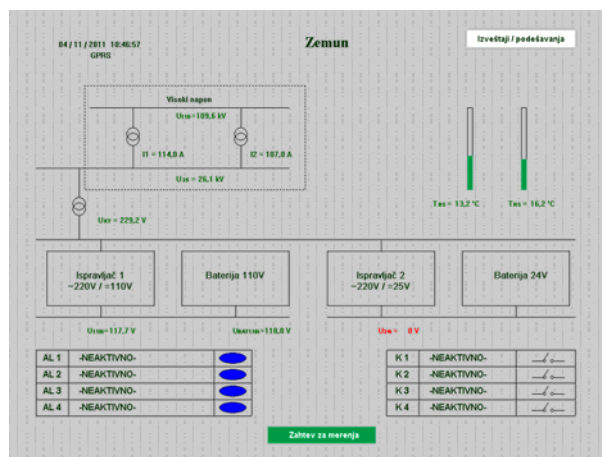
### UVOD

Sistem za daljinski nadzor i upravljanje je razvijen pre pet godina da bi se povećala pouzdanost rada uređaja energetske elektronike u Telekomunikacionim kompanijama. Nakon prvih montaža je postalo jasno da sistem moguće primeniti i za druge korisnike uređaja energetske elektronike. Prva montaža u Železnicama Srbije je urađena pre dve godine. Cilj je bio da se utvrdi uzrok nepouzdanog rada savremenih rešenja pomoćnih napajanja, kao i opreme koja se napajala iz pomoćnih napajanja. Za pilot projekat je izabrana trafostanica železničke stanice u Zemunu. U radu su dati neki karakteristični

rezultati. Iz snimljenih dijagrama je očigledan razlog nepouzdanog rada savremenih rešenja uređaja koji se napajaju iz pomoćnog napajanja. Međutim, snimljive su i pojave koje se sa prikupljenim setom podataka u ovom trenutku ne mogu objasniti. Potrebno je modifikovati konfiguraciju sa još dodatnih merenja da bi se nakon toga definisao problem i otklonio uzrok.

## KONFIGURACIJA MERENJA

Neispravan rad elektronskih uređaja nastaje zbog otkaza neke od komponenti od kojih su sklopljeni, ili su izazvani spoljnim uticajima. Spoljni uticaji mogu biti klimomehanički ili električni. Električni uticaji se mogu podeliti na dve grupe, neregularne ulazne napone (prenaponi i podnaponi) i neregularno opterećenje (preopterećenje i kratak spoj). Za svaku kategoriju elektronskih uređaja odgovarajući propisi definišu ponašanja u incidentnim situacijama. Automatska zaštita od preopterećenja (kratkog spoja) je jedan od osnovnih uslova koje mora da zadovolje savremeni elektronski uređaj. Nakon prestanka preopterećenja elektronsku uređaj mora da funkcioniše ispravno bez intervencije službi održavanja. To se isto može reći i za podnapone. Međutim, pojava prenapona izazvaće prekid u radu uređaja i nakon toga mora intervenisati nadležna služba održavanja. Prenaponi su incidentne situacije od kojih se savremeni uređaji štite varistorima. Kada napon na krajevima varistora dostigne graničnu vrednost otpornost varistora se smanji, poraste veličina struje i to izaziva otkaz osigurača. Nakon toga je neophodna intervencija službi održavanja da bi se uređaj ponovo osposobio za rad. Dakle, polazna pretpostavka je da su prenaponi uzrok otkaza savremenih elektronskih uređaja. Formirana je merna konfiguracija prikazana na slici 1. Na slici 2 je prikazan montiran uređaj u trafo stanici



Slika 1. Grafički prikaz u centru za nadzor



Slika 2. Izgled montiranog uređaja

Grafička aplikacija (prikazana na slici 1) je namenski razvijena za praćenje svih relevantnih parametara trafo stanice u Zemunu. Mere se:

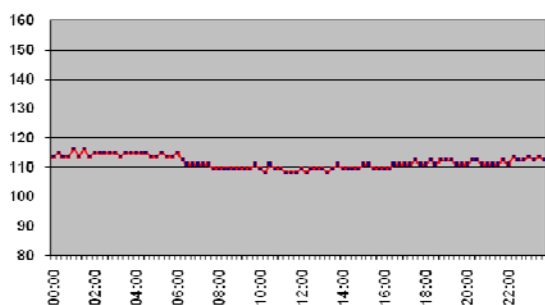
- naizmenični naponi: visoki napon (110kV), srednji napon (25kV), niski napon (220V),
- jednosmerni naponi: napon ispravljača i napon baterije (110V),
- veličina naizmenične struje sredjenaponskog transformatora,
- temperatura prostorije sa mernom opremom i
- temperatura u prostoriji sa akumulatorskim baterija.

Sva merenja se vrše sa periodom merenja od 1 sek. Na svakih 15 minuta se šalju podaci u udaljni centar za nadzor. Centar za nadzor je formiran kod nadležnih službi održavanja u Topčideru. Za komunikaciju je kao prenosni put korišten bežični prenos, GPRS. Komunikacija je obostrana, tako da se podaci mogu dobiti na zahtev iz centra za nadzor.

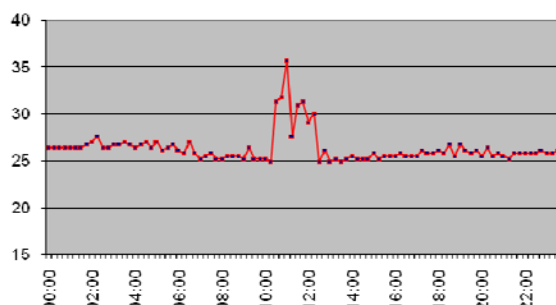
Svi podaci se prikazuju grafički i tabelarno.

## ANALIZA REZULTATA

Na slikama 3, 4, 5 i 6 su dati karakteristični oblici snimljeni u jednom danu. Na slici 3 je prikazan celodnevni dijagram visokog napona za 06.06. 2011.g. Promene napona u toku dana su u opsegu od 108 do 114kV.

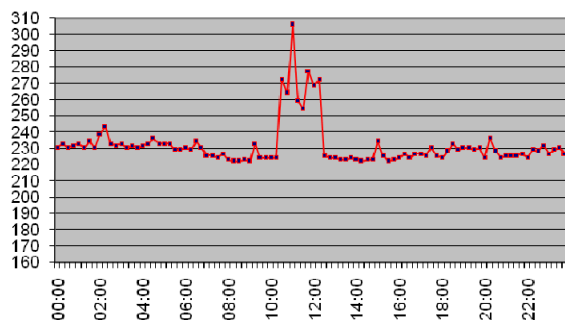


Slika 3. Oblik visokog napona 06.06.2011.

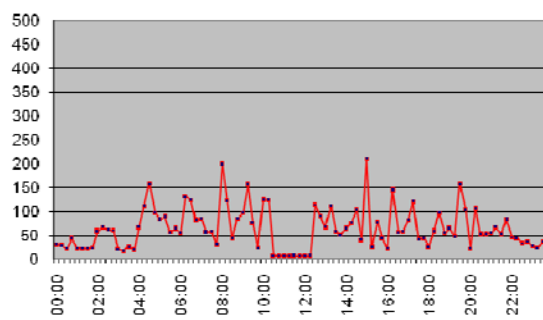


Slika 4. Oblik srednjeg napona 06.06.2011.

Na slici 4 je prikazan celodnevni dijagram srednjeg napona za isti dan. Napon je unutar dozvoljenih granica, osim u intervalu od 10 sati i 15 minuta do 12 sati i 15 minuta. U intervalu od 10 sati i 15 minuta do 12 sati i 15 minuta nastaje prenapon čija je maksimalna vrednost i 45% veća od nominalne vrednosti. S obzirom na dijagram sa slike 3 prenapon na srednjem naponu nije izazvan prenaponom u visokom naponu.



Slika 5. Oblik niskog napona 06.06.2011.



Slika 6. Oblik naizmenične struje transformatora visokog napona 06.06.2011.

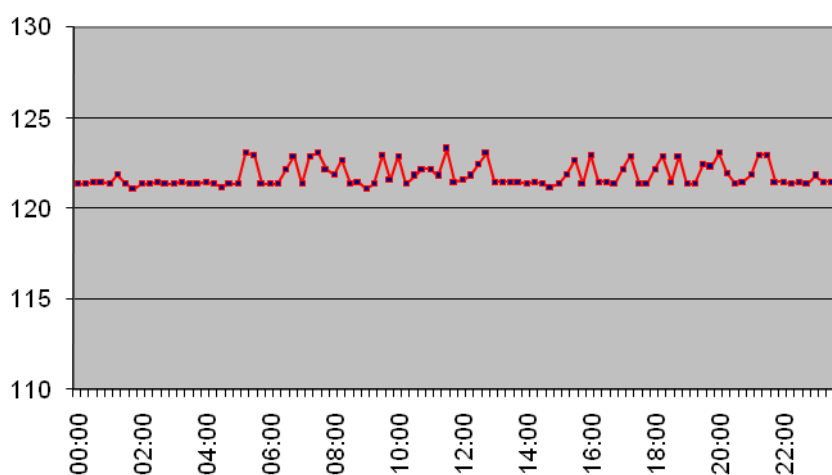
Na slici 5 je prikazan oblik niskog napona za dan 06.06.2011.g. Očigledno je da se prenapon iz srednjeg napona srazmerno preneo i na niski napon. Praktično vrednost niskog napona dostiže vrednost od 307V. Ovo je svakako nedopustivo za rad uređaja koji koriste mrežni napon kao osnovni napon napajanja. U skladu sa važećim propisima maksimalna dozvoljena vrednost mrežnog napona je 264.5V (230V+15%). Uobičajeno da proizvođači opreme koja koristi za napajanje mrežni napon, prag reagovanja prenaponske zaštite postavljaju na vrednost između 280V i 300V. Dakle, jasno je da su realne šanse da će u intervalu od 10 sati i 15 minuta do 12 sati i 15 minuta otkazati oprema koja se napaja sa niskog napona.

Na slici 6 je prikazan oblik struje. Sa nailaskom voza poraste veličina struje i njena maksimalna vrednost je oko 220A. Veličina struje zavisi od težine voza. Iz strujnog dijagrama se može napraviti i analiza dinamike prolaska vozova na deonici koju napaja trafostanica u kojoj je montirana oprema. Uz minimalnu modifikaciju rešenja može se izmeriti (izračunati) aktivna i reaktivna snaga koje je potrošena u toku dana. U periodu vremena kada je bio prenapon na sredjenaponskom nivou vrednost izmerene struje je bila jednaka nuli. S obzirom da izabrani metod merenja struje meri struju samo u jednom smeru, moguće je da je struja u tom vremenu tekla u suprotnom smeru.

Prethodna analiza objašnjava otkaze pre svega savremenih rešenja pomoćnih napajanja. U teoriji se za ovu vrstu uređaja koristi termin ispravljačka postrojenja, ali se termin pomoćna napajanja odomaćio u praksi. Pored otkaza pomoćnih napajanja postoje i otkazi opreme koja se napaja iz savremenih pomoćnih napajanja. S obzirom da se ova oprema napaja iz jednosmernog napona nominalne vrednosti 110V, prethodna analiza to ne objašnjava. Tim pre što su paralelno sa izlazom pomoćnog

napajanja povezane akumulatorske baterije koje bi trebalo da filtriraju prenapone koji bi teorijski mogli sa ulaza pomoćnog napajanja da se proslede na izlaz.

Na slici 7 prikazan je celodnevni dijagram napona snimljen na akumulatorskim baterijama. Akumulatorske baterije su paralelno vezane sa izlazom pomoćnog napajanja, tako da je to praktično i vrednost izlaznog napona pomoćnog napajanja. Nominalna vrednost pomoćnog napajanja je 110V. Napon je jednosmerni i dozvoljeno je njegovo odstupanje od +10%. Praktično, maksimalna dozvoljena vrednost je 122V. Prenaponske zaštite uređaja koji se napajaju iz pomoćnog napajanja se postavljaju na vrednost od 127 do 135V. Sa slike je očigledno da je napon na izlazu pomoćnog napajanja izvan dozvoljenog opsega vrednosti (oko 122V), ali manji od vrednosti na kojima bi trebalo da reaguje prenaponska zaštita. Takođe, očigledno je da napon nije stabilan i da u intervalima manjim od 15 minuta nastaju skokovite promene napona akumulatorske baterije. S obzirom na to da je proces punjenja akumulatorskih baterija spor i dugotrajan, na prvi pogled varijacije napona deluju kao greška merenja. Međutim, merenje jednosmernog napona je sa desetobitnim AD konvertorom. Za ovakvo rešenje greška kvantovanja je reda 0.1V. Dakle uočene varijacije jednosmernog napona nisu greške merenja. To znači, da skokovite promene napona baterije zaista postoje. Može se zaključiti da nekorektno funkcionišu i pomoćno napajanje i akumulatorske baterije.



Slika 7. Napon na izlazu pomoćnog napajanja

Karakteristike ispravljačkih postrojenja su precizno definisane propisima. Jedna od njih je i stabilnost izlaznog napona. Prema važećim propisima stabilnost izlaznog napona pomoćnog napajanja mora biti unutar granica od 1%. To znači da maksimalno dozvoljeno odstupanje od nominalne vrednosti može biti 1.1V. Izmerena vrednost varijacije izlaznog napona ispravljačkog postrojenja je veća više od dva puta. Stabilnost izlaznog napona se meri na omskom opterećenju pri promenama ulaznog napona i promenama opterećenja. Kada je na izlazu ispravljačkog postrojenja akumulatorska baterija, stabilnost mora biti znatno bolja jer se akumulatorska baterija ponaša kao kondenzator velike vrednosti koji eliminiše sve brze promene ispravljačkog postrojenja. Kod ispravne akumulatorske baterije nije moguća brza promena napona. S obzirom na promene napona akumulatorske baterije (prikazane na slici 7) očigledno je da su neispravni i akumulatorska baterija i ispravljačko postrojenje. Ispravljačko postrojenje ima promene izlaznog napona znatno iznad dozvoljenih granica, a akumulatorska baterija unutrašnju otpornost koja dozvoljava brze promene napona akumulatorske baterije. Povećana unutrašnja otpornost znači i da joj je kapacitet manji od deklarisanog. Dakle, baterija svakako nije ispravna. Međutim, iz dijagrama se ne može tačno odrediti koliko je neispravna baterija i koliko je neispravno ispravljačko postrojenje. Za akumulatorsku bateriju neophodno je napraviti kapacitivnu probu, a za ispravljačko postrojenje treba snimiti statičke i dinamičke karakteristike na omskom opterećenju. Tek nakon toga se može dati tačna ocena ispravnosti. Dobra pretpostavka je da su varijacije izlaznog napona ispravljačkog postrojenja znatno veće od izmerenih. Akumulatorska baterije je svakako smanjila varijacije izlaznog napona ispravljačkog postrojenja. Od kvaliteta akumulatorske baterije zavisice i sposobnost amortizovanja varijacija izlaznog napona ispravljačkog postrojenja. Ukoliko je neispravna

akumulatorska baterija moguća je situacija da otkazuju uređaji koji se napajaju iz pomoćnog napajanja zbog previsokog napona pomoćnog napajanja.

## ZAKLJUČAK

Rad opisuje jedno rešenja nadzora uređaja u trafostanici na železnici. Nakon montaže su uočene brojne nepravilnosti. Utvrđeno je da otkazi uređaja koji se napajaju iz mrežnog napona nastaju zbog prenapona koji nastaju na nivou srednjeg napona. Međutim, sa montiranim senzorima nije moguće utvrditi uzrok nastanka prenapona na srednjem naponu. Da bi se to utvrdilo neophodno je promeniti način merenja veličine struje (merenje u oba smera) kao i postaviti još jedan senzor za merenje struje prema uzemljenju. Moguć uzrok prenapona na srednjem naponu je promena potencijala uzemljenja. Mada slika liči na pojavu rekuperacije, to za sada nije moguće sa lokomotivama Železnica Srbije. U svakom slučaju, to je problem na kome se još mora raditi.

Analiza dijagrama rada pomoćnog napajanja nedvosmisleno pokazuje da su neispravni i pomoćno napajanje i akumulatorska baterija. Da bi se utvrdilo u kojoj meri su neispravni neophodno je napraviti dodatna merenje. Nestabilan rad pomoćnog napajanja je svakako uzrok otkaza uređaja koji se napajaju iz pomoćnog napajanja. Primena jednog savremenog uređaja za nadzor u trafostanicama železnice je dala rezultate koji su delimično objasnili pojavu nekih problema u praksi. Međutim, za sada je montiran samo jedan uređaj. Prava slika stanja uređaja energetske elektronike u trafostanicama železnice će se dobiti tek kada se bude montirano veći broj uređaja. Bez savremenog nadzora i upravljanja neće biti ni savremene železnice u Srbiji.

## LITERATURA

1. M. Lazić, „Daljinski nadzor i upravljanje uređajima energetske elektronike – SDNU“, Zbornik radova 53. EL 1.1, ISBN 978-86-80509-62-4, Konferencije za ETRAN, Vrnjačka Banja, 15-18. juna 2009.
2. D. Petrović, M. Lazić, D. Jekić: Primena sistema SDNU u elektrodistribuciji, Infoteh Jahorina 2011, Vol. 10, Ref. D-19, p. 362-366.
3. D. Petrović, M. Lazić: Sistem za daljinski nadzor i upravljanje uređajima energetske elektronike (SDNU) - iskustva iz eksploatacije, ISBN 978-86-80509-65-5, EL2.2-1-4 ETRAN 2011, Banja Vrućica. Nagrađeni rad mladog istraživača.
4. M. Lazić, D. Stajić, D. Jekić, B. Kosanović: Optimizacija ispravljačkog postrojenja za obezbeđivanje neprekidnog rada zaštitne, upravljačke, merene i telekomunikacione opreme u trafo-stanicama elektrodistribucije Beograd, ISBN 978-86-82317-69-2, R B4 03 CIGRE Srbija Zlatibor 2011.