

ANALIZA PRIMENE RASTAVLJAČKE LETVE SA STRUJNIM MERNIM TRANSFORMATORIMA U POSTROJENJIMA 20(10)/0,4 kV

**Dragan ĐORIĆ, ODS „EPS DISTRIBUCIJA“, OGRANAK „ELEKTRODISTRIBUCIJA NIŠ“, NIŠ,
SRBIJA**

**Srbislav SARIĆ, JP EPS BEOGRAD, TEHNIČKI CENTAR NOVI SAD, ODSEK ZA TEHNIČKE
USLUGE SREMSKA MITROVICA, SREMSKA MITROVICA, SRBIJA**

**Darko PAUŠIĆ, ODS „EPS DISTRIBUCIJA“, OGRANAK „ELEKTRODISTRIBUCIJA SREMSKA
MITROVICA“, SREMSKA MITROVICA, SRBIJA**

**Biljana SARIĆ, ODS „EPS DISTRIBUCIJA“, OGRANAK „ELEKTRODISTRIBUCIJA SREMSKA
MITROVICA“, SREMSKA MITROVICA, SRBIJA**

Ivana NARANČIĆ, ODS „EPS DISTRIBUCIJA“, NIŠ, SRBIJA

KRATAK SADRŽAJ

Praćenje potrošnje električne energije i uticaj na smanjenje gubitaka je jedan od osnovnih zadataka zaposlenih u elektroprivredi. Da bi se nastavio trend smanjenja gubitaka električne energije neophodno je da se pored konvencionalnih metoda uvedu nova tehnička rešenja koja će omogućiti lokalizaciju najsofisticiranijih neovlašćenih potrošnji. Tehničko rešenje merenja električne energije na niskonaponskim izvodima u distributivnim transformatorskim stanicama (DTS) praktično znači da u tom slučaju imamo mogućnost praćenja potrošnje električne energije po niskonaponskim izvodima. U tu svrhu koriste se trolpolne rastavljajuće letve koje u svojoj konstrukciji imaju integrisane obuhvatne strujne merne transformatore. Ovakvoj rastavljajućoj letvi dodaje se analajzer koji može da snima energetske veličine (napon, struju, snagu, faktor snage, energiju). Novo konstrukcijsko rešenje omogućava prostorno uklapanje obuhvatnih transformatora po svakoj fazi i to na izuzetno malom prostoru. Korišćenje ovakvih tehničkih rešenja koja omogućavaju merenje električne energije na izvodima 0,4 kV doprinose boljoj mikrolokalizaciji neovlašćene potrošnje na konzumu posmatrane distributivne transformatorske stanice. Ovakav pristup uz proces izmeštanja mernih mesta (IMM) sigurno dovodi do smanjenja gubitaka električne energije.

Ključne reči - Trafostanica-Izvod-Letva-Merenje-Energija-Gubici

SUMMARY

Monitoring of electricity consumption and impact on the reduction of losses is one of the main tasks of employees in the energy industry. According to trend of reducing electricity losses, it is necessary to introduce new technical solutions that will enable the most sophisticated localization of unauthorized consumption, instead of conventional methods. Technical solution for the measurement of electricity at low voltage feeders in distribution substations means that in this case we have the ability to monitor consumption of electricity at low voltage feeders. For this purpose the analytic pole strips which in their structure occur a comprehensive integrated current transformers. Such disconnecting slats added to the analyzer that can capture energy parameters (voltage, current, power, power factor, energy). The new design solution provides comprehensive integration of spatial transformer on each phase on a very small area. The use of such technical solutions which enable the process of measuring consumption of electric power at 0,4kV according to more successful microlokazation of an unauthorized consumption from the observed DTS. This approach to the process of IMM certainly lead to a reduction of energy losses.

Key words- Substation-Feeder-Slats-Measurement-Energy-Loss

UVOD

Praćenje potrošnje električne energije i uticaj na smanjenje gubitaka je jedan od osnovnih zadataka zaposlenih u elektroprivredi. Činjenica je da ogranak Niš spada među distributivne ogranke koji imaju najveće gubitke u Srbiji sa najviše problema u realizaciji ispravnog merenja, pa i naplate električne energije. Uvažavajući ovu činjenicu koja nije baš za pohvalu, smatrali smo logičnim da rad na temu mikrolokalizacije gubitaka bude rađen u ogranaku Niš i to u saradnji sa ogranakom Sremska Mitrovica koji pripada distributivnim ogranacima sa najmanjim gubicima na teritoriji Srbije. Upravo to i jeste specifičnost ove analize, tj. zajednički rad na prikazu iskustva dva distributivna ogranaka u sastavu EPS. Naime, ogranak Sremska Mitrovica i ogranak Niš imaju zajedničko iskustvo u primeni merenja električne energije na izvodima 0,4 kV u distributivnim transformatorskim stanicama (DTS) na svojim područjima. Konzumna područja na kojima se distribuira električna energija u Sremskoj Mitrovici i Nišu imaju svoje specifičnosti zbog čega ovaj rad objedinjuje različita iskustva u primeni istog rešenja.

UVODENJE NOVIH TEHNIČKIH REŠENJA U CILJU SMANJENJA GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Ogranak Sremska Mitrovica, tri godine uzastopno, ima gubitke električne energije ispod 9%. Ovaj rezultat je vredan pažnje pogotovo ako se zna da je učešće potrošnje električne energije kupaca na srednjem naponu oko 30% od ukupno preuzete električne energije za predmetno konzumno područje za 2017. godinu. Da bi se nastavio trend smanjenja gubitaka električne energije neophodno je da se pored konvencionalnih metoda uvedu nova tehnička rešenja koja će omogućiti lokalizaciju najsofisticiranijih neovlašćenih potrošnji. Jedno od takvih rešenja je ovo o kojem se piše u radu. Ono je bitno i za ogranak Niš koji bi mogao na taj način, po ubrzanom postupku, da realizuje smanjenje gubitaka s obzirom da je u njemu očigledna stagnacija aktivnosti po ovom pitanju. Tehničko rešenje merenja električne energije na niskonaponskim izvodima u distributivnim transformatorskim stanicama praktično znači da u tom slučaju imamo mogućnost praćenja potrošnje električne energije po niskonaponskim izvodima. U tzv. konvencionalnom slučaju merenje potrošnje električne energije u transformatorskoj stanici 20(10)/0,4 kV, ako ga ima, realizovano je kao merenje potrošnje električne energije na svim niskonaponskim izvodima odnosno kompletnog konzumnog područja DTS. Merenje „potrošnje cele trafostanice“ je značajno jer identifikuje konzumna područja DTS na kojima su gubici električne energije veliki. Međutim, kako je prosečan broj kupaca koje napaja jedna distributivna transformatorska stanica oko 300, to znači da je podatak o merenju „potrošnje cele trafostanice“ grub tj. predstavlja makro, a ne mikro lokaciju gubitaka. Ako se uzme u obzir činjenica da je prosečan broj kupaca po jednom niskonaponskom izvodu oko 35, u gušće naseljenim područjima, odnosno oko 15 u ruralnim sredinama onda je potpuno jasno da je merenje potrošnje električne energije po niskonaponskim izvodima i ekonomski opravdano uvažavajući cenu izmeštanja mernog mesta (IMM) po kupcu.

Da bi analiza dobijenih podataka, primenom novog tehničkog rešenja, dovela sigurno do otkrivanja neovlašćene potrošnje neophodno je da budu zadovoljeni sledeći preduslovi na posmatranom konzumnom području:

- svi merni uređaji moraju biti overeni;
- svi merni uređaji moraju biti očitani;
- svi merni uređaji moraju biti približno jednovremeno očitani i
- karte konzumnih područja DTS sa kupcima moraju biti ažurne.

Opis uređaja za merenje električne energije na izvodima 0,4 kV u postrojenjima 20(10)/0,4 kV. U oktobru 2015. godine ogranak Niš nabavlja trolne rastavljačke letve koje u svojoj konstrukciji imaju integrisane obuhvatne strujne merne transformatore (slika 1).



Slika 1: Rastavljačka letva sa zadnje strane

Ako se ovakvoj rastavljačkoj letvi doda analajzer koji može da snima energetske veličine (napon, struju, snagu, faktor snage, energiju) onda se može reći da je ovo rešenje „plug and play“ što znači da je minimizirano ožičenje i potreban rad za ugradnju istih. Prilikom skidanja stare, klasične rastavljačke letve dobio se prostor dovoljan za montažu nove letve zajedno sa obuhvatnim strujnim mernim transformatorima. Novo konstrukcijsko rešenje omogućava prostorno uklapanje obuhvatnih transformatora po svakoj fazi i to na izuzetno malom prostoru. Postojeće rupe na Cu sabirnicama u sklopu niskonaponskog bloka se uklapaju za montažu nove letve koja poseduje na tim mestima proširenje (šliceve) za rešavanje tog problema (slika 2).



Slika 2: Ugrađena rastavljačka letva na mesto postojeće

Vijak koji fiksira novu rastavljačku letvu na faznu Cu sabirnicu prolazi kroz obuhvatni strujni merni transformator, tako da proticanje struje kroz pomenuti vijak omogućuje rad strujnog mernog transformatora. Iznad novopostavljene rastavljačke letve ostaje dovoljno prostora za postavljanje specijalno prilagođenog menog sklopa tj. analajzera. Analajzer može biti montiran i na niskonaponskom bloku umesto postojećeg voltmetra zato što daje mnogo više informacija od samog voltmetra (slika 3).



Slika 3: Montaža mernog uređaja - analajzera u postojeći otvor za voltmetar

Analajzer je digitalni uređaj za detekciju struje i napona koji dopunjuje POWERLIZER porodicu (slika 4). Napravljen je od čvrstih materijala i pouzdanog softvera. USB disk se koristi za čitanje sa uređaja:

- Prebacivanje izmerenih podataka iz analajzera na USB memoriju;
- Prebacivanje konfigurisanih podataka iz analajzera na USB memoriju i
- Čitanje izmerenih podataka iz analajzera na USB memoriju.



Slika 4: Merni uređaj – analajzer

Uređaj ima stepen zaštite IP20, dok sa USB ima IP44. Izmereni podaci se snimaju u internu memoriju sa datumom i vremenom do 2 godine. Nakon toga brišu se najstariji podaci. Analajzer se ugrađuje u razvodna postrojenja niskog napona radi merenja uobičajenih električnih veličina kao što su napon, struja, snaga, faktor snage, energija. Uređaj može da radi na 3-faznoj strujnoj mreži sa neutralnim provodnikom (TN i TT- mreže). Merni napon se može priključiti direktno, ali je potrebna zaštita od maksimalne struje (2A). Direktno merenje struje dozvoljeno je do 6A. Strujni merni transformatori se pre svega koriste pomoću sekundarne struje od 1A do 5A. Strujni i naponski ulazi priključuju se preko predviđenih priključaka na uređaju. Merni uređaj je predviđen za ugradnju na razvodnu ploču prema standardu DIN 43700. Nakon što se postavi u deo na razvodnoj ploči stezna spona na kućištu mernog uređaja mora da nalegne kako bi se uređaj učvrstio. Materijal od koga je napravljena rastavljiva letva, a služi za zaštitu delova pod naponom, podvrgnut je testovima sa užarenom žicom po standardu EN 60947-1 na 960°C, a drugi izolacioni materijali na 650°C. Pre postavljanja nove rastavljivačke letve u ciljanu DTS, izvršeno je ožičenje za napone UI1, UI2 i UI3 i to tako da je kontakt ostvaren na izlaznim delovima postolja osigurača, kako bi pri izvađenim osiguračima analajzer registrovao 0V. Naravno, topljivi osigurači odgovarajuće prekidne moći postavljeni su u naponska kola (slika 1 i slika 5).



Slika 5: Topljivi osigurači u naponskom kolu

Urađena je provera prenosnog odnosa korišćenih obuhvatnih strujnih mernih transformatora (SMT) sa uređajem Chauvin Arnoux DTR 8510. Sva tri SMT su bila u klasi tačnosti. Proveren je spoj provodnika sa postoljima osigurača za naponska kola. Pad napona, na predmetnim kontaktima, je urađen sa uređajem UNITEST 100 DC i pri tome su dobijene zanemarive vrednosti ($<1\text{mV}$). Nakon ugradnje rastavljačke letve i analajzera u DTS, izmerena je greška u merenju analajzera i to pomoću etalona brojila ZERA MT 310. Nakon 3:30 sati registrovano je oko 155 kWh električne energije, a greška u merenju je 0,05%. Sve je ukazivalo da na terenu imamo kvalitetan proizvod. Da bi smo bili sigurni da je proizvod kvalitetan i pouzdan uradili smo manipulacije sa rastavljačkom letvom u ON line režimu i to više puta (prekidana je struja od oko 100 A). Posle svake manipulacije, a nakon desetak minuta urađeno je termovizijsko snimanje letve i pri tome nije uočeno grejanje. Uređaj je zadovoljio naše zahteve.

PRIMENA UREĐAJA ZA MERENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE NA IZVODIMA 0,4 kV U POSTROJENJIMA 20(10)/0,4 kV

Rezultati merenja na konzumnom području ogranka Sremska Mitrovica. Na konzumnom području ogranka Sremska Mitrovica predmetni uređaj je korišćen u dve DTS u periodu od 27.11. do 21.12.2015. godine. Naime, u MBTS 20/0,4 kV „25 maj“ – Sremska Mitrovica uređaj je korišćen od 27.11. do 11.12.2015. godine, a u MBTS 20/0,4 kV „Kamenita Čuprija“ – Sremska Mitrovica od 11.12. do 21.12.2015. godine. Na prvom DTS uređaj je postavljen na izvod br.7 jer je on bio najsumnjiviji. Nakon 14 dana merenja sa predmetnim uređajem izračunati su gubici od 23% (na kompletnom konzumnom području DTS gubici su u letnjim mesecima oko 8,5%, a u zimskim mesecima oko 16%). Na drugom DTS uređaj je postavljen, metodom slučajnog uzorka, na izvod br.7. Nakon 10 dana merenja sa predmetnim uređajem, izračunati su gubici od 5,4%.



Slika 6: Konzumno područje TS 20/0,4 kV „25 maj“

Shodno dobijenim rezultatima mi ćemo se usredsrediti na prvu DTS tj. na događaje iz TS „25 maj“. S obzirom da je NN izvod br.7 u TS „25 maj“ čisto kablovski i da su izračunati gubici električne energije 23% bilo je jasno da je reč o neovlašćenoj potrošnji. Ako se uzme u obzir da taj izvod napaja elitnije naselje bar kada je reč o izgledu kuća, onda je postalo potpuno jasno da je reč o neovlašćenoj potrošnji zbog dogrevanja poprilično velikih kuća u tom kraju Sremske Mitrovice. Analjzer je uspeo da registruje povećanje snage za oko 24 kW u večernjim satima tačnije oko 20:00 sati. Sumnje nije bilo, znali smo da je reč o električnom kotlu instalisane snage 3x8 kW. Sada je to trebalo dokazati izlaskom na teren i obavljanjem ciljanih kontrola. Posmatrani izvod ima 38 kupaca. I pored ogromne želje da se otkrije neovlašćena potrošnja uspeh je izostao. U više navrata rađene su ciljane kontrole, rađene su u različitim periodima dana, međutim uspeh je izostao. Naredne, 2016. godine odobrena sredstva za izmeštanja mernih mesta (IMM) bila su mala pa je akcija IMM izostala. Na kraju, trud ipak nije ostao bez rezultata jer se kupac koji je neovlašćeno koristio električnu energiju pritajio pa su se gubici električne energije u zimskom periodu na nivou DTS smanjili (januar 2016. godine: 9,19%; februar 2016. godine: 12,86%; mart 2016. godine: 10,86%; decembar 2016. godine: 9,71%). Znači, pojava ekipa na terenu može da ima efekat bez obzira što ciljane kontrole nisu dale očekivani rezultat. Naravno, u ovom slučaju bilo je bitno dobro uraditi makro i mikro lokalizaciju neovlašćene potrošnje.

S obzirom da smo rastavljačku letvu sa strujnim mernim transformatorima vratili ogranku Niš, a u međuvremenu ih nismo nabavili, tek u 2018. godini smo uz pomoć mobilnih mernih grupa (MMG) uradili snimanje gubitaka na konzumu ZTS 20/0,4 kV „Sava Šumanović“ u Šidu. MMG su kompleksnije od predmetnih letvi sa analjzerima. Teže ih je povezati, znatno smanjuju manipulativni prostor u transformatorskoj stanici, a sa tim se smanjuje pouzdanost obavljanja manipulacija. Pri tome je teže održavati opremu za MMG. Međutim, krajnji rezultat je isti, a to je mikrolokalizacija gubitaka električne energije na posmatranom konzumu DTS. Za ovu ZTS smo se odlučili jer su se gubici električne energije na njenom konzumu kretali od 14,69 % u letnjem periodu do 27,6 % u zimskom periodu. Ona ima pet izvoda 0,4 kV i ukupno 217 kupaca. Instalisan snaga DTS je 630 kVA. Monitoring DTS je rađen od 8.3. do 28.3.2018. godine. Nakon detaljne analize definisana su dva izvoda NN br.2 i br.3 čiji su gubici znatno veći od ostala tri izvoda. Tačnije, gubici po izvodima su bili: NN1 – 4%; NN2 – 28%; NN3 – 20%; NN4 – 3% i NN5 – 3%. U toku su ciljane kontrole na konzumu od 108 kupaca električne energije jer NN2 ima 45 kupaca, a NN3 ima 63 kupca. Rezultat ovih ciljanih kontrola i konačan ishod na konzumu ZTS

20/0.4 kV „Sava Šumanović“, Šid biće saopšten prilikom prezentacije rada. Ono što se već sada može konstatovati jeste da je izvršiocima mnogo lakše raditi mikrolokalizaciju gubitaka na konzumu DTS sa rastavljačkim letvama u koje su implementirani strujni merni transformatori. Izvršiocima manipulacija je mnogo lakše da obavljaju manipulacije sa novim rastavljačkim letvama, imaju više manipulativnog prostora i pouzdanost je veća nego kada su postavljene MMG. Takođe, izvršioci manje vremena provode na terenu pa je sumnja od strane kupaca manja, a šansa za otkrivanje neovlašćene potrošnje električne energije veća.

Rezultati merenja na konzumnom području ogranka Niš. Na konzumnom području ogranka Niš predmetni uređaji su korišćeni u tri DTS u periodu od 03.11.2015.godine do 31.03.2017.godine. U oktobru 2015. godine uređaji su ugrađeni u trafostanicama 10/0,4 kV „Doljevac dom kulture“, „Naselje Nikola Tesla 3“ i „Mekiš 2“.

Prvo merenje u trafostanici 10/0,4 kV „Doljevac dom kulture“ urađeno je na sedmom niskonaponskom izvodu, koji je odabran zbog svojih specifičnosti, u periodu od 03.11.2015. do 03.12.2015. Tom prilikom dobijeni su sledeći rezultati: ukupna izmerena energija u trafostanici na sedmom izvodu bila je 14.334,22 kWh, a kod potrošača je u istom periodu očitano 8.324 kWh, što znači da nedostaje 6.010,22 kWh ili 41,93%, što je zabrinjavajući podatak, ali i moguć na teritoriji poslovnice Doljevac. Uvažavajući alarmantni rezultat usledila je akcija izmeštanja mernih mesta kod svih kupaca na sedmon niskonaponskom izvodu, ukupno 21 kupac. Sledeće merenje je urađeno po završetku izmeštanja mernih mesta, u periodu od 01.02.2016. godine do 28.02.2016. godine. Dobijeni su sledeći rezultati: ukupna izmerena energija u trafostanici na sedmom izvodu bila je 11.735,44 kWh, a kod potrošača je u istom periodu očitano 10.935 kWh, što znači da nedostaje 800,44 kWh ili 6,82%. Ovakav rezultat pokazuje koliko je bitna mikrolokalizacija gubitaka po niskonaponskim izvodima, tj. pokazuje da je u sumnjivim traforeonima neophodno merenje energije po izvodima. U ovakvim trafo reonima podatak o merenju svih izvoda zbirno nije dovoljan u smislu usmerenja prema neovlašćenju potrošnji. U konkretnom slučaju nisu uhvaćeni kradljivci električne energije, ali je osnovni cilj postignut jer posle očigledno opravdane investicije u izmeštanje mernih mesta praktično više nema neovlašćenog korišćenja energije na tom niskonaponskom izvodu. Trend prihvatljivih gubitaka je nastavljen i u narednom periodu sa sledećim vrednostima: u martu 2016. gubici su iznosili 7,32%, a u aprilu 7,04%. U 2017. godini je nastavljeno praćenje potrošnje u istoj trafostanici ali na drugom niskonaponskom izvodu. Odabrani treći NN izvod je takođe specifičan i postojala je pretpostavka pojave neovlašćenog korišćenja el. Energije. U periodu od 01.02.2017 do 31.03.2017 na analiziranom izvodu je izmereno 21.232,13 kWh dok je u isto vreme kod svih potrošača za taj period od dva meseca izmereno 17.543,12 kWh. Rezultat je nedostajućih 17,38%. U slučaju rešavanja krađe el. en. na ovom izvodu korišćene su informacije lokalnih poznavalaca prilika tj. neprilika, koji su nam ukazali na dva sumnjiva kupca. Ispostavilo se da su informacije bile tačne zato što su gubici na celom izvodu smanjili na 9,21% posle izmeštanja samo dvojice kupaca.

U trafostanicama 10/0,4 kV „Naselje Nikola Tesla 3“ i „Mekiš 2“ izmereni gubici na izvodima br.2 i br.4 su bili taksativno 14,2% i 12,8% u periodu od 03.11.2015. do 03.12.2015. U uslovima kada smo na raspolaganju imali ograničen broj izmeštenih mernih ormana (IMO) nismo bili u mogućnosti da izmestimo sve kupce na tim izvodima, ali smo službi kontrole dostavili podatke o merenjima zbog daljih postupanja. U akciji kontrole kupaca na pomenutim izvodima otkrivene su tri neovlašćene potrošnje. U periodu od 01.02.2017. do 30.02.2017. rastavljačke letve su u ovim trafostanicama prebačene na izvode br.3 i br.6, izmereni gubici su bili 21,34% i 9,67%, taksativno. Kao posledica neprihvatljivog rezultata usledilo je izmeštanje svih kupaca na izvodu br.3 u trafostanici 10/0,4 kV „Naselje Nikola Tesla 3“. Prilikom analize potrošnje u sledećih mesec dana, na 3. izvodu u predmetnoj TS registrovani su gubici od 8,24%.

ZAKLJUČAK

Korišćenje ovakvih tehničkih rešenja koja omogućavaju merenje električne energije na izvodima 0,4 kV doprinose boljoj mikrolokalizaciji neovlašćene potrošnje na konzumu posmatrane DTS. Ovakav pristup uz proces IMM sigurno dovodi do smanjenja gubitaka električne energije.

Ako bi se na terenu uradila kombinacija rastavljačkih letvi sa analajzerom i MMG duž izvoda onda bi mikrolokacija neovlašćene potrošnje na konzumu posmatrane DTS bila još preciznija, a broj ciljanih kontrola ili IMM smanjio pa bi ekonomska opravdanost ove aktivnosti bila još veća.

Tokom eksploatacije ovog uređaja došlo se do zaključka da bi svaki ogranak trebao da ima bar 8 rastavljačkih letvi u kombinaciji sa analajzerima. Efekat bi bio još veći kada bi analajzeri bili npr. osmokanalni. Tada bi ožičenje bilo jednostavnije, a sa tim i bezbednije na DTS. Ako bi se tome dodala mogućnost daljinskog očitavanja brojila električne energije kod kupaca i analajzera na DTS onda bi sve bilo pojednostavljeno pa bi upravljanje gubicima električne energije postalo pravo zadovoljstvo.

LITERATURA

1. Đorić D, Sarić S, Paušić D, Sarić B, Cvetković Z i Narančić I, 2017, „Analiza primene novog tehničkog rešenja merenja EE na izvodima 0,4 kV u postrojenjima 20(10)/0,4 kV, CIGRE, Zlatibor
2. Sarić S i Sarić B, 2016, „Dijagram toka aktivnosti na smanjenju gubitaka električne energije“, CIRED, Vrnjačka Banja
3. ETI, katalog 2015/16, Elektrotehnički proizvodi
4. JP EPS, 2009, Akcioni plan za sprovođenje programa mera za smanjenje gubitaka u distributivnom delu EES
5. Ogranak ED Sremska Mitrovica, 2016, Operativni plan ogranka ED Sremska Mitrovica za smanjenje gubitaka električne energije