

PRISTUP PRAĆENJU I SMANJENJU GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Aleksandar Krstić*, PD "Jugoistok" d.o.o. Niš, Srbija
Saša Tošić, PD "Jugoistok" d.o.o. Niš, Srbija

UVOD

Problemu gubitaka u distribuciji električne energije posvećen je veliki broj naučnih radova. Međutim, i pored toga, smatramo da je ovo polje i dalje neistraženo, naročito u domenu izračunavanja i praćenja gubitaka na nivou trafostanica 10/0,4kV. Naša je namera da pomoću svih raspoloživih resursa ustanovimo pravilan i brz pristup za temeljno i stalno praćenje, pa samim tim i smanjenje, gubitaka električne energije. U žiži našeg interesovanja biće niskonaponska mreža jer je tu generisan najveći deo ukupnih gubitaka. Od informacionih sistema najveću pomoć očekujemo od GIS, AMR i sistema za obračun električne energije.

OPŠTE O GUBICIMA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Prema načinu nastanka gubici električne energije se dele na tehničke i komercijalne. Tehnički gubici se javljaju u elementima distributivnog elektroenergetskog sistema koji su u pogonu. Gubici praznog hoda predstavljaju manji deo tehničkih gubitaka, nepromenljivog su intenziteta i prisutni su sve vreme dok su elementi pod naponom. Gubici od opterećenja predstavljaju veći deo tehničkih gubitaka, javljaju se usled zagrevanja elemenata prilikom proticanja struje kroz njih i zavise od kvadrata struje.

Za proračun tehničkih gubitaka, zbog dominantnog uticaja gubitaka od opterećenja, neophodno je poznavati intenzitet struje kroz elemente distributivnog elektroenergetskog sistema. To proračun čini veoma složenim zbog stalnih promena intenziteta struje i velikog broja elemenata, naročito kada je u pitanju niskonaponska mreža na kojoj su gubici i najveći.

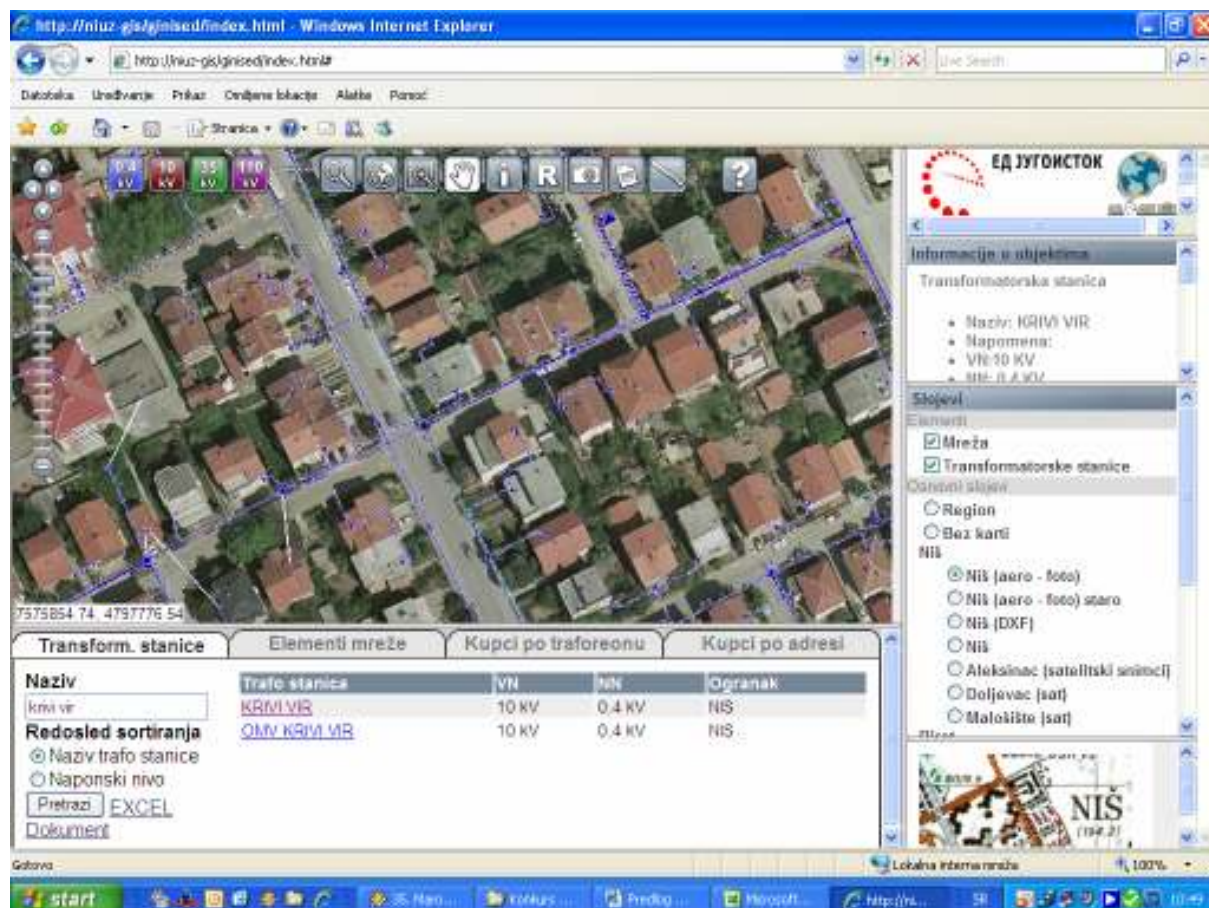
Komercijalni (netehnički) gubici se javljaju zbog neregistrovane potrošnje (neovlašćeno korišćenje električne energije ili krađa električne energije, netačno merenje...).

Procenjen nivo tehničkih gubitaka u mreži Jugoistoka (9,2%) je posledica visokog učešća u ukupnoj potrošnji kupaca na niskom naponu, dotrajalosti i zastarelosti distributivne mreže (visok procenat starih energetskih transformatora sa neekonomičnom izradom i neodgovarajući presek provodnika) i nedovoljnog ulaganja u održavanje. Na smanjenje ove vrste gubitaka se može uticati optimizovanjem tokova snaga, optimizovanjem tehničkih karakteristika objekata sa značajnim tokovima snaga, simetriranjem opterećenja po fazama, naročito u NN mreži, i kompenzacijom reaktivne energije, ali je za takve akcije neophodno značajno investiciono ulaganje.

Međutim, na smanjenju ogromnih komercijalnih gubitaka (9,2%) može se za kratko vreme i bez značajnog ulaganja učiniti mnogo, tako da će izračunavanje tehničkih gubitaka i praćenje ukupnih gubitaka na niskonaponskoj mreži, koje će kasnije biti detaljno obrazloženo, biti pre svega u cilju što tačnijeg izolovanja komercijalnih gubitaka na traforeonima TS 10/0,4kV, gde se generiše najveći deo tih gubitaka.

OPIS INFORMACIONIH SISTEMA NEOPHODNIH ZA PRAĆENJE GUBITAKA

Geografski informacioni sistem



Slika 1 - Web GIS

Geografski informacioni sistem, razvijen u Jugoistoku u obliku GinisED sistema, daje nam ogromnu prednost u odnosu na ostala privredna društva u EPS-u jer smo prvi ozbiljno započeli digitalizaciju niskonaponske mreže što je jedan od osnovnih preduslova za praćenje gubitaka električne energije. Do trenutka pisanja ovog rada uneto je oko 30% niskonaponske mreže Jugoistoka, odnosno konzumno područje sa 182.000 kupaca, ali od tog broja najviše otpada na ogranak ED Niš, oko 71% mreže (116.000 kupaca). Ovoliki procenat mreže unete u GIS Niša predstavlja povoljnu okolnost jer je apsolutni iznos komercijalnih gubitaka najveći u ovom ogranku, pa bi se u prvom redu akcijom u ogranku Elektrodistribucija Niš po ovakvom modelu mogli očekivati i najbolji rezultati u smanjenju gubitaka čitavog Jugoistoka.

Podaci iz GIS-a koji će se koristiti za smanjenje gubitaka su:

- tipovi i preseki vodova niskog napona,
- dužine deonice vodova niskog napona,
- lokacija kupaca i veza sa niskonaponskom mrežom,
- topologija niskonaponske mreže,
- aktuelne granice traforeona ili niskonaponskih izvoda i

- potrošnja električne energije kupaca za određeni vremenski period, koja će se preko GIS-a povlačiti iz sistema za obračun električne energije.

Sistem za daljinsko očitavanje električnih brojila (AMR)

Potreba za energetsom efikasnošću je dovela do ubrzanog razvoja sistema za daljinsko očitavanje i upravljanje potrošnjom, tehnološki i softverski razvoj mernih uređaja (elektronska brojila), uz strožije zahteve u smislu tačnosti merenja i povećanje broja veličina koja se mere. Jugoistok je jedan od lidera u EPS-u na polju sistema daljinskog očitavanja brojila. Svaki ogranak privrednog društva je opremljen potpuno funkcionalnim sistemom sa ukupno 14.000 brojila daljinski očitavanih brojila.

Osnovni ciljevi u korišćenju AMR sistema, kao što su: isključenje ljudskog faktora prilikom obračuna utroška električne energije, smanjenje manipulacija prilikom očitavanja, povećanje pouzdanosti i preciznosti merenja i tarifiranja, daljinsko isključenje/uključenje neredovnih platiša, u potpunosti su ostvareni. Sledeći cilj koji je se nameće je što efikasnije analiziranje izmerenih veličina na mernim mestima.

Kod elektronskih brojila zadnjih generacija višednevno memorisanje grafika opterećenja (eng. load profile) u brojilu je postala standardna opcija. Daljinskim očitavanjem i memorisanjem u AMR centru, grafik opterećenja se nameće kao jedan od osnovnih analitičkih podataka za proračun energetskog bilansa i gubitaka na NN vodu.

Aplikacija za proračun gubitaka na niskom naponu

Ova aplikacija, koja je u završnoj fazi testiranja u trenutku pisanja ovog rada, će biti ključna za praćenje komercijalnih gubitaka, umanjnjem ukupnih za iznos izračunatih tehničkih gubitaka. Ona će, u osnovi, izračunavati tehničke gubitke na nivou niskonaponskih izvoda ili traforeona trafostanica 10/0,4kV, ali će uz to pratiti i ukupne gubitke poređenjem merenja kontrolnog brojila u trafostanici i sume merenja energije kupaca. Konačan rezultat ove aplikacije biće izveštaj o komercijalnim gubicima za izabrani niskonaponski izvod ili traforeon trafostanice 10/0,4kV koji se dobija kao razlika ukupnih i izračunatih tehničkih gubitaka.

Aplikacija će povlačiti grafove niskonaponske mreže iz GIS-a sa trenutnom konfiguracijom niskonaponske mreže, granicama traforeona i izvoda i sa tipovima, preseccima i dužinama deonica niskonaponskih vodova. Na osnovu tipa i preseka voda dodeljivaće se podužna otpornost deonici voda koja, kada se pomnoži sa dužinom deonice, daje otpornost deonice voda. Sa druge strane, iz sistema za daljinsko očitavanje brojila bi se za svakog kupca električne energije povlačio snimljeni dijagram opterećenja sa petnaestominutnim aktivnim snagama, tako da bi se za traforeone potpuno pokrivene daljinski očitavanim brojilima imali tokovi snaga kroz niskonaponsku mrežu. Uz prethodno određene otpornosti deonica, ovo bi bilo sasvim dovoljno za izračunavanje gubitaka snage po obrascu (1).

$$\Delta P_i = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot P_i^2 \cdot l \cdot r}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi} \quad (1)$$

gde je:

$\Delta P_i (kW)$ - gubici snage na deonici voda

k_1 - koeficijent koji koriguje netačnost izračunavanja dužine vodova u GIS-u zbog nagiba terena, vijugavosti kablovskog voda, lančanice nadzemnog voda...

k_2 - koeficijent kojim se koriguju gubici zbog nesimetrije opterećenja, postojanja viših harmonika...

$P_i (kW)$ - snaga na kraju deonice voda

$l (m)$ - jednostruka dužina voda

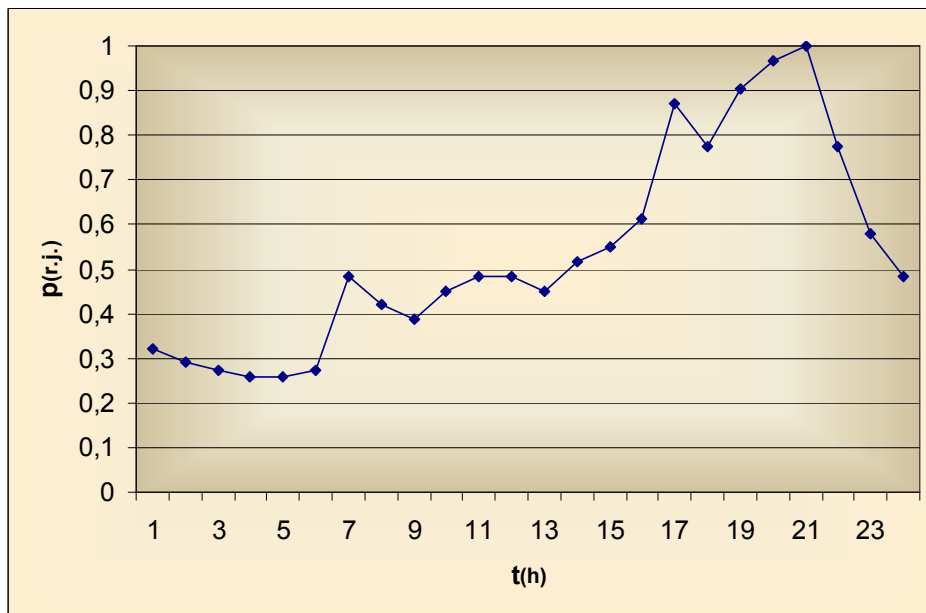
$r (\Omega/km)$ - podužna rezistansa voda

$U (V)$ - napon na kraju voda

Tehnički gubici energije (ΔW_{teh}) u kWh bi se dobili, prema obrascu (2), sumiranjem petnaestominutnih gubitaka snage u željenom vremenskom periodu i množenjem sa $\frac{15}{60}$ (ili deljenjem sa 4).

$$\Delta W_{teh} = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta P_i}{4} \quad (2)$$

Kod traforeona koji su delimično pokriveni ili u potpunosti nepokriveni daljinski očitavanim brojilima, pristup je nešto drugačiji. U ovom slučaju bismo imali podatke o niskonaponskoj mreži ali bi nam nedostajali tokovi snaga kroz mrežu. Iz ovog razloga, morala bi se izvršiti pretpostavka dijagrama opterećenja kupca, odnosno moralo bi se izvršiti dodeljivanje tipskog dijagrama opterećenja u relativnim jedinicama (slika 2), na osnovu tipa kupca (način grejanja, tip gradnje...) iz baze tipskih dijagrama. Ova baza je formirana na osnovu dijagrama opterećenja sličnih kupaca kojima se brojila daljinski očitavaju.



Slika 2 - Tipski dnevni dijagram kupca u relativnim jedinicama

Potrošnja kupca, očitana klasično, za određeni vremenski period će svesti izabrani dijagram opterećenja sa relativnih na apsolutne jedinice. Maksimalna snaga kupca, koja će zauzeti mesto na vrhu tipskog dijagrama opterećenja, će se računati po sledećem obrascu:

$$P_{max} = \frac{4 \cdot W_k}{\sum_{i=1}^N P_i} \quad (3)$$

gde je:

P_{max} (kW) - maksimalna snaga kupca prema izabranom dijagramu opterećenja

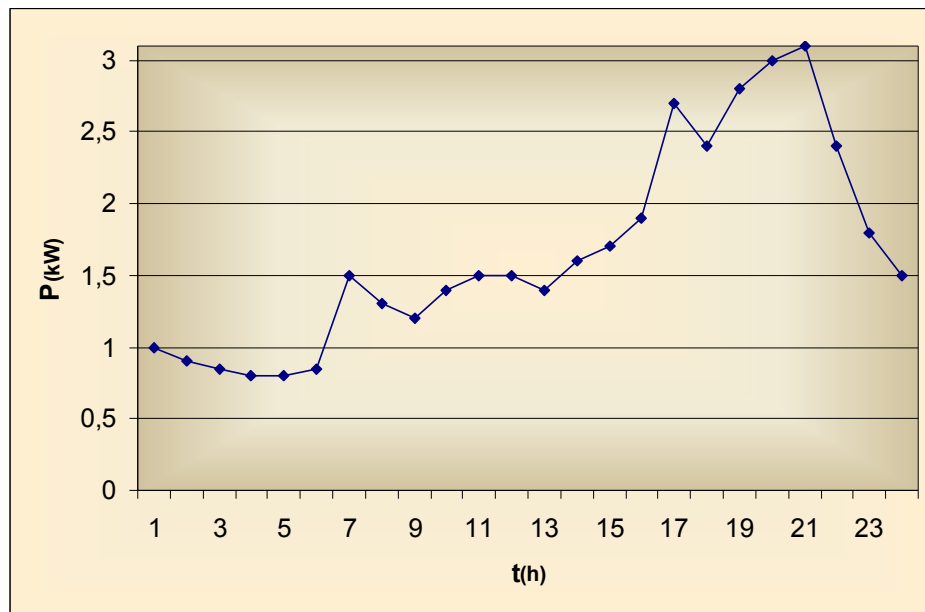
W_k (kWh) - energija kupca očitana na klasičan način

p_i (r.j.) - petnaestominutna snaga sa odabranog tipskog dijagrama opterećenja

U odnosu na tu snagu računace se sve ostale vrednosti petnaestominutnih snaga prema obrascu:

$$P_i = p_i \cdot P_{max} \quad (4)$$

Na takav način se dobija dijagram opterećenja kupca u apsolutnim jedinicama, kao na slici 3, čime se izračunavanje tehničkih gubitaka svodi na već opisane obrasce (1) i (2).



Slika 3 - Dnevni dijagram kupca u apsolutnim jedinicama

Proračun ukupnih gubitaka se računa prema obrascu:

$$\Delta W_{uk} = W_{tr} - \sum_{k=1}^K W_k \quad (5)$$

gde je:

ΔW_{uk} (kWh) - ukupni gubici električne energije na traforeonu sa K kupaca

W_{tr} (kWh) - električna energija protekla kroz energetske transformator merena na niskonaponskoj strani

W_k (kWh) - električna energija k -tog kupca

Proračun komercijalnih gubitaka (ΔW_{kom}) se računa prema obrascu:

$$\Delta W_{kom} = \Delta W_{uk} - \Delta W_{teh} \quad (6)$$

Proračun gubitaka na niskonaponskom izvodu se radi analogno proračunu na traforeonu, s tim što se mora obezbediti merenje energije na samom izvodnom polju umesto na trafopolju u trafostanici. Od GIS-a se u tom slučaju automatski dobijaju podaci o kupcima koji su vezani na predmetni niskonaponski izvod.

PRAĆENJE GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Preduslov za bilo kakvo detaljnije razmatranje gubitaka električne energije jeste instaliranje kontrolnih mernih grupa i strujnih mernih transformatora u trafostanicama 10/0,4kV kojima bi se merio protok električne energije na niskonaponskoj strani energetskog transformatora. Transformatora 10/0,4kV u Jugoistoku ima oko 6400. Međutim, nije neophodno u prvoj fazi pokriti sve trafostanice kontrolnim brojljima. To pre svega treba učiniti sa većim trafostanicama i sa onima gde se sumnja na krađu električne energije. Na tim istim traforeonima treba snimiti i niskonaponsku mrežu i uneti je u GIS.

Praćenjem komercijalnih gubitaka preko aplikacije za izračunavanje gubitaka, pomoću GIS, AMR i sistema za obračun električne energije, vrlo lako se mogu mikrolokalizovati reoni u kojima treba pojačati kontrolu mernih mesta. Uz to, mogu se trajno pratiti gubici na svim traforeonima, čime bi se mogao analizirati učinak ekipa za kontrolu kupaca.

Pri analizi i praćenju gubitaka treba razlikovati dva slučaja. Prvi slučaj je praćenje gubitaka na traforeonima potpuno pokrivenim daljinski očitavanim brojlilima. Ovakvih traforeona je u ovom trenutku mali broj ali će se vremenom verovatno povećavati. Očitavanje svih brojila na jednom traforeonu, kako onih kod kupaca, tako i kontrolnog brojila u trafostanici, je istovremeno. To znači da se neće javljati greška koja će se u svim drugim slučajevima pojavljivati zbog nejednovremenog očitavanja, pa će iznos ukupnih gubitaka energije biti apsolutno tačan. Uz to, očitavanjem opterećenja svakog kupca u intervalima od po 15 minuta dobiće se realni tokovi snaga kroz niskonaponsku mrežu pa će i proračun tehničkih gubitaka biti veoma tačan. Samim tim će i komercijalni gubici za takve traforeone biti veoma tačno izračunati a period praćenja može biti proizvoljan (čak i dnevno).

Drugi slučaj je praćenje gubitaka na traforeonima koji su delimično pokriveni, ili u potpunosti nepokriveni, daljinski očitavanim brojlilima. Većina traforeona u Jugoistoku je ovog tipa i proći će još mnogo godina dok se ovaj odnos ne promeni u korist daljinski očitavanih traforeona. Kao i u prvom slučaju, kontrolno merenje u trafopolju može biti daljinski očitavano, međutim očitavanje brojila kupaca neće biti jednovremno. To će neminovno uneti grešku u izračunavanje ukupnih gubitaka. Zato trenutak očitavanja kontrolnog merenja u TS mora biti u sredini intervala očitavanja brojila kupaca ovakvih traforeona. Ovde treba reći da se greške usled nejednovremenog očitavanja mogu smanjiti povećavanjem perioda praćenja. Zato se, pored mesečnih, gubici mogu pratiti i kvartalno, polugodišnje i godišnje. Sa druge strane, izračunavanje tehničkih gubitaka će se raditi na osnovu pretpostavljenih dijagrama opterećenja čija se tačnost istina bitno uvećava svođenjem pomoću očitane potrošnje kupca, u skladu sa obrascima (3) i (4), ali je tačnost takvog proračuna i dalje manja nego u slučaju daljinski očitavanih brojila. Samim tim će i komercijalni gubici biti izračunavani sa većom greškom nego u prethodnom slučaju, ali je ta netačnost zanemarljiva u odnosu na vrednosti komercijalnih gubitaka koje će se javiti na mnogim traforeonima.

Gubici se mogu na ovaj način trajno pratiti na svim traforeonima. Mesečnim izveštajima se mogu locirati traforeoni sa najvećim iznosom komercijalnih gubitaka i može se pratiti njihov trend. Sa konkretnim podacima o komercijalnim gubicima, slale bi se ekipe za kontrolu mernih mesta u prvom redu na traforeone ili izvode sa najvećim iznosom komercijalnih gubitaka. Učinak rada takvih ekipa mogao bi da se prati, pa čak i da se kvantifikuje ušteda koju donose svojim radom, što bi mogao da bude osnov za novčanu stimulaciju takvih radnika. Isto tako, što je još važnije, otkrile bi se i ekipe radnika čiji su rezultati rada nezadovoljavajući, što daje odličan osnov za njihovu smenu. Na takav način bi se za kratko vreme, u službama za kontrolu mernih mesta, radnici stimulisali da postignu što bolje rezultate u radu i time povećaju i svoje i prihode kompanije, na obostrano zadovoljstvo.

Pored toga, ekipe za kontrolu kupaca bi se morale opremiti svim savremenim uređajima koji bi mogli pomoći u otkrivanju sumnjivih kupaca. Na raspolaganju su: mrežni analizatori, reflektometri, lokatori trase...

Mrežni analizatori su uređaji za merenje aktivne i reaktivne snage i energije u sva četiri kvadranta uz mogućnost memorisanja merenja. Koristili bi se povremeno, mesečno ili kvartalno, na traforeonima na kojima je već utvrđen visok nivo komercijalnih gubitaka, za merenje energije niskonaponskih izvoda. Mrežnim analizatorom bi se izolovali NN izvodi sa najvećim procentom gubitaka čime bi se smanjio broj kupaca za detaljnu kontrolu.

Reflektometrom u vremenskom domenu bi se mogli ispitivati priključni vodovi sumnjivih kupaca. Ovim uređajem, koji bi bio priključen na početku voda, se emituje impuls duž provodnika koji, kada dođe do mesta oštećenja, drugog kraja ili bilo kakvog grananja voda, zbog nagle promene impedanse, vraća se nazad u vidu oslabljenog talasa. Na osnovu oblika talasa može se zaključiti da li je u pitanju kraj voda, oštećenje ili ilegalna račva voda zbog krađe struje. Pošto reflektometar računa i udaljenost do sumnjive promene impedanse, može se sa velikom verovatnoćom, uz poređenje dužine priključnog voda iz GIS-a, utvrditi krađa električne energije.

Lokator trase se sastoji od odašiljača koji generiše visokofrekventni signal i prijemnika koji detektuje elektromagnetno polje nastalo tim signalom oko provodnika duž trase priključnog voda, uz svetlosni i

zvučni signal. Ovaj uređaj, kao i reflektometar, pomaže u kontroli vizuelno nedostupnih delova unutrašnjeg priključka.

Kada se otkriju uzročnici povećanih gubitaka, treba iskoristiti sva pravna sredstva za njihovo sankcionisanje, ali i sva tehnička sredstva koja nam stoje na raspolaganju za momentalno sprečavanje dalje krađe električne energije. Svakako bi trebalo kod kupaca za koje se utvrdi ili opravdano sumnja da krađu električnu energiju ići na tehničko rešenje izmeštanja mernog mesta na regulacionu liniju ili drugo pogodno mesto nadomak predmetnog objekta. Time bi se trajno sprečila dalja krađa električne energije takvih kupaca. Ovakvim akcijama bi se svakako smanjivali komercijalni gubici što bi se verifikovalo kroz buduće izveštaje aplikacije za izračunavanje gubitaka.

ZAKLJUČAK

Implementacija jedinstvene softverske platforme za proračun gubitaka, ubrzano snimanje i digitalizacija niskonaponske mreže u postojećem GIS sistemu, instalacija kontrolnih brojlila u trafostanicama 10/0,4kV i nastavak trenda ubrzanog pokrivanja konzumnog područja daljinski očitavanim brojlilima, uz tehničko i kadrovsko pojačanje službi za kontrolu kupaca, po našem dubokom ubeđenju, predstavlja siguran put u trajno smanjenje komercijalnih gubitaka u Jugoistoku. Uzevši u obzir visinu štete, svaki dinar uložen u smanjenje komercijalnih gubitaka višestruko će se i u kratkom vremenu vratiti.

LITERATURA

1. Elektroenergetika kroz standarde, zakone, pravilnike i tehničke preporuke - Gojko Dotlić, SMEITS 2001