

Sandra Hutter¹
HERA
shutter@hera.hr

Srđan Žutobradić
HERA
szutobradic@hera.hr

Lahorko Wagmann
HERA
lwagmann@hera.hr

Mladen Žunec
HERA
mzunec@hera.hr

NAPREDNI PRISTUP SMANJIVANJU GUBITAKA U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI

SAŽETAK

Moderna i uredno održavana mreža je preduvjet za provedbu bilo kakvih složenijih mjera poput detekcije područja s povećanim gubicima putem mjernih uređaja ili optimizacije uklopnog stanja. Dobro povezane urbane mreže omogućavaju različite smjerove napajanja odnosno topologija mreže se može rekonfigurirati što se u nekim slučajevima može iskoristiti za smanjivanje gubitaka. Prema provedenim recentnim analizama operator distribucijskog sustava odredio je udjel tehničkih gubitaka u ukupnim gubicima od 51%, dok je udio netehničkih gubitaka 49%. Tehnički gubici se zadnjih godina smanjuju zbog prelaska srednjonaponske mreže na naponsku razinu 20 kV, ulaganja u zamjenu elektroenergetske opreme, rasterećivanja i skraćivanje duljina NN vodova. Dodatnu pažnju trebalo bi obratiti smanjenju posebno netehničkih gubitaka u mreži: otkrivanjem krađa te grešaka u obradi podataka (kriva očitavanja, pogreške kod mjerenja)

Ključne riječi: tehnički i netehnički gubici, marginalni trošak, optimiranje, napredna brojila

ADVANCED APPROACH TOWARDS DISTRIBUTION NETWORK LOSS REDUCTION

SUMMARY

Modern and maintained network are imperative and necessary condition for the implementation of any complex measures for e.g. detection of the area with higher net losses or the optimization of the load flows and optimal connections. Relatively dense urban network can provide different initial supply points and different network topology which can be used for reduction of the losses in some cases. It is estimated that the technical losses correspondent to 51% of total losses (TL) while non-technical losses correspondent to 49% of TL. Technical losses are in the great mass reduced due to upgrade of the MV operation level from 10kV on the 20 kV nominal level in one part of the network as well as investment in the new equipment, and reduction of the LV conductor length. The additional focus should be on the further reducing of the non-technical losses by incorporation of the following measures: control of theft and errors due to assessment of the customers consume in the households category.

Key words: technical and non-technical losses, marginal cost, optimization, smart meters

¹ Stavovi izneseni u referatu su osobna mišljenja autora, nisu obvezujući za poduzeće/instituciju u kojoj je autor zaposlen te se ne moraju nužno podudarati sa službenim stavovima poduzeća/institucije.

1. UVOD

Napredni pristup smanjivanju gubitaka u distribucijskoj mreži zahtijeva dobro poznavanje uzroka i mjesta nastanka gubitaka kao i razradu cijelog programa mjera kojim će se postići smanjivanje gubitaka. Razgranatost niskonaponske mreže, kilometri vodiča i više stupnjeva transformacije energije od ulaznog 110 kV nivoa distribucijske mreže do 0,4 kV nivoa niskonaponske mreže ukazuju na činjenicu da gubici moraju postojati, ali operator distribucijskog sustava trebao bi postupno smanjivati gubitke u distribucijskoj mreži na razine koje objavljuju distribucijske kompanije u državama članicama EU, što bi trebao biti i jedan od prioritetnih poslovnih ciljeva.

Sredstva uložena u održavanje mreže i zamjenu opreme vratit će se barem djelomično kroz smanjene gubitke, međutim kroz dulji niz godina. Ekonomska ocjena pojedinih mjera ponekad otvara pitanja da li su pojedine mjere uopće isplative. Izvjesno je da će zamjena stare opreme novom smanjiti gubitke (npr. energetske učinkoviti transformatori), ali je pitanje u kojem je roku moguće postići povrat uloženi sredstava. Dobro planirana i uredno održavana mreža nije samo preduvjet dobre kvalitete opskrbe, već i olakšava pogon mreže i ukazuje na ekonomično poslovanje. Razvoj tehnologije tu zadaću olakšava pa je već dugi niz godina prisutan naglasak na poticanju razvoja naprednih mreža, distribuirane proizvodnje i upravljanja potrošnjom. Efektu smanjivanja potrošnje energije kroz poticanje efikasnih kućanskih trošila i rasvjete može se pripisati i smanjivanje ukupne potrošnje energije vidljivo i u hrvatskim statistikama potrošnje. Projekt ugradnje brojila s daljinskim očitanjem i funkcijama naprednih mjernih uređaja otvara nove mogućnosti, od pristupa velikoj količini podataka (poznavanje detaljnog profila kupca) do upravljanja tarifama i detektiranja područja s povećanim gubicima.

2. GUBICI U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI

Gubici električne energije u distribucijskoj mreži jednaki su razlici energije koja je ušla u distribucijsku mrežu (iz prijenosne mreže, drugih distribucijskih mreža i elektrana priključenih na distribucijsku mrežu) i energije predane kupcima. Gubici električne energije obično se izražavaju kao postotak od ukupno (ostvarene) nabavljene električne energije u distribucijskoj mreži.

2.1. Podjela gubitaka

Gubici električne energije u distribucijskoj mreži se mogu podijeliti na tehničke i netehničke gubitke [1].

2.1.1 Tehnički gubici

Fiksni gubici: gubici praznog hoda koji nastaju zbog magnetiziranja jezgri transformatora i kad se ne isporučuje nikakva energija krajnjim kupcima, a nazivaju se i „gubicima u željezu“. Magnetski limovi se u svakoj periodu magnetiziraju i demagnetiziraju, što između ostalog uzrokuje i buku odnosno „zujanje“ transformatora. U ove se gubitke ubrajaju i gubici uzrokovani malim strujama koje teku kroz izolaciju transformatora, kabela i vodova.

Promjenjivi gubici: svi vodiči u sustavu imaju neki električni otpor uslijed kojeg dolazi do zagrijavanja ukoliko kroz njih teče struja. S obzirom da su ovi gubici ovisni o kvadratu struje koja teče kroz električni krug, nazivaju se i promjenjivi gubici. Jasno je da će ovi gubici kod opreme koja je znatno opterećena biti značajno viši nego u neopterećenoj opremi. Na ovaj vid gubitaka može se utjecati i korištenjem vodiča s većim presjekom jer će zagrijavanje biti manja uslijed manjeg djelatnog otpora.

2.1.2 Netehnički gubici

Netehnički gubici se u prvom redu odnose na nedefinirane, dislocirane i netočne tokove energije. U načelu radi se o energiji koja je ispostavljena, ali nije naplaćena. Treba ih razlikovati u odnosu na slučaj kad je ispostavljen račun za energiju, ali nije naplaćen. U slučaju netehničkih gubitaka radi se o energiji kod koje je krajnji korisnik nepoznat ili je količina energije koja se koristi nesigurna.

Mogu se podijeliti u tri glavne skupine:

Krađe: kroz krađu preko brojila ili neovlaštenim priključivanjem na mrežu.

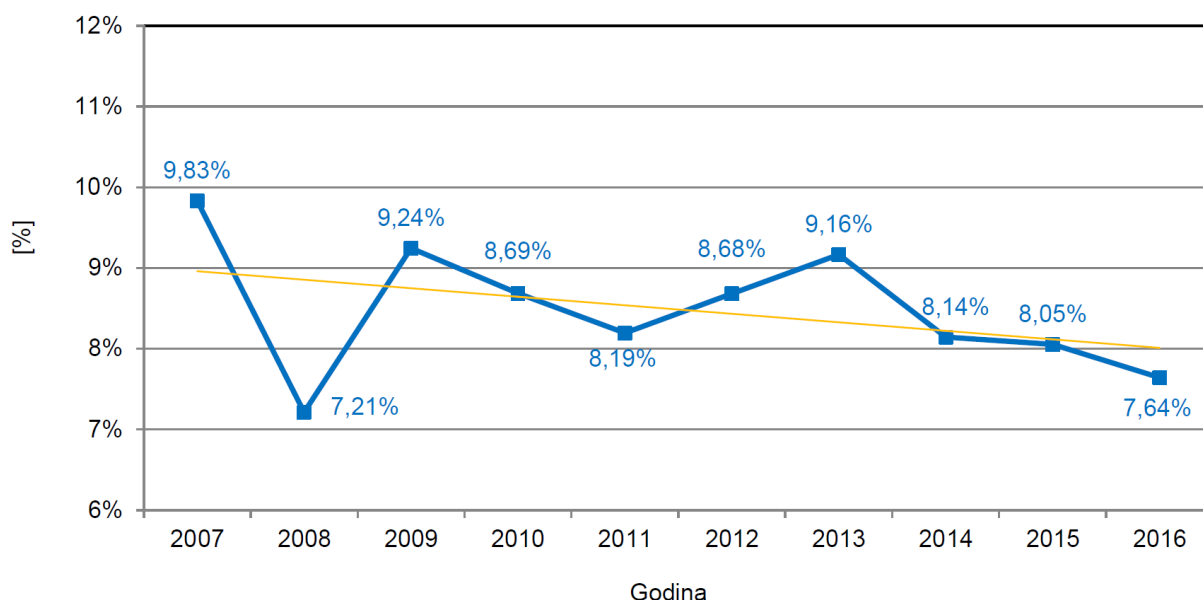
Nemjerena potrošnja: tipična nemjerena potrošnja je javna rasvjeta (u nekim slučajevima), semafori, rasvjeta oglasnih panoa uz prometnice, itd.

Krivo zavedena energija (ispostavljena, ali krivo obračunata energija): energija koja je isporučena (i potrošena), ali nije točno zavedena u sustavu i stoga prelazi u gubitke, npr. nepostojeća/neregistrirana mjerna mjesta, netočna mjerenja ili registracija s mjernog mjesta koja rezultira netočnim ili nedostajućim/manjkavim mjernim podacima.

Netehnički gubici predstavljaju gubitak prihoda u sustavu, za razliku od tehničkih gubitaka koji predstavljaju energiju koja se pretvorila u toplinske gubitke. S obzirom da krajnji korisnici plaćaju troškove kroz tarife, u to će ući i netehnički gubici, čije pak smanjivanje zahtijeva dugoročni pristup.

Omjer tehničkih i netehničkih gubitaka u sustavu nije i kreće se u nekom rasponu koji se kroz godinu mijenja.

2.2. Ostvareni gubici u distribucijskoj mreži HEP ODS-a



Slika 1. Gubici električne energije u razdoblju 2007.-2016. [2]

Slika 1. prikazuje ukupne gubitke električne energije u prethodnom desetogodišnjem razdoblju. U cijelom promatranom razdoblju je uočljiv trend smanjenja gubitaka do 7,64% u 2016. godini, što se postiglo ulaganjima u obnovu postojeće distribucijske mreže i smanjivanjem netehničkih gubitaka.

Podaci za 2008. godinu s izraženim gubicima od 7,21% u odnosu na 2007. i 2009. godinu su niži zbog načina izračuna godišnje potrošnje kupaca s polugodišnjim očitanjima i mjesečnim akontacijama.

Ukupni planirani gubici električne energije u distribucijskoj mreži za 2018. godinu iznose **1.342,87 GWh**. HEP ODS procjenjuje tehničke gubitke na 51% (**684,86 GWh**), a netehničke na 49% (**658,01 GWh**) oslanjajući se na podatke iz [3].

3. MJERE ZA SMANJIVANJE GUBITAKA

Tehnički gubici u najvećoj mjeri ovise o struji kroz vodiče, koja će ovisiti o teretu i naponskoj razini, materijalu i presjeku vodiča, duljini vodiča i okolnoj temperaturi. S obzirom da je na odabir materijala i presjeka vodiča moguće utjecati samo u fazi projektiranja i on ovisi o prihvaćenim standardima i uobičajenim tehničkim rješenjima, može se zaključiti da se u mreži koja je već u pogonu na

gubitke najviše može utjecati optimiranjem tereta i smanjivanjem duljina vodiča, odnosno interpolacijom novih transformatorskih stanica i polaganjem novih strujnih krugova.

Jedna od značajnih mjera za smanjenje gubitaka je prelazak pogona na naponsku razinu 20 kV, jer se gubici u SN mreži smanjuju četiri puta. Interpolacijom novih stanica se također smanjuju gubici jer se time i skraćuje duljina strujnih krugova.

Neke od mjere za smanjivanja gubitaka, npr. ugradnja kompenzacija ili simetriranje opterećenja u mreži, korelirat će s mjerama poboljšanja kvalitete napona i mjerama za poboljšanje pokazatelja pouzdanosti napajanja SAIFI/SAIDI.

Rekonstrukcija stanica i zamjena starije opreme u stanicama u manjoj mjeri utječe na gubitke, ali se ovim mjerama postiže bolja raspoloživost postrojenja i smanjuje se broj kvarova. Redovni programi održavanja koji uključuju termovizijske preglede stanica TS 10(20)/0,4 kV značajno poboljšavaju opće stanje opreme i smanjuje gubitke, a mogu se izbjeći havarijska stanja (požari).

3.1. Korištenje podataka iz naprednih brojila

Dostupnost podataka iz naprednih brojila zajedno s naprednim nadzorom mreže u prvom redu će pomoći pri određivanju količina i lociranju gubitaka, posebno u NN mreži. Napredna brojila mogu pružiti podatke o dnevnom dijagramu potrošnje kućanstava što zajedno s topologijom mreže može poslužiti za usporedbu s prosječnim i vršnim opterećenjima u stanicama iz kojih se promatrano područje napaja te će se moći direktno odrediti gubici usporedbom sumiranih mjerenja s mjerenjima u stanici, te zasebno gubici po pojedinim strujnim krugovima. Velike razlike ili neuobičajeni uzorci mogu ukazati na područja u kojima je potrebno provesti mjere za smanjivanje netehničkih gubitaka.

Sumarni mjerni uređaji u transformatorskim stanicama na temelju mjerenja ukupne potrošnje i proizvodnje energije na niskonaponskim izvodima iz transformatorske stanice omogućuju točan izračun gubitaka energije u sredjonaponskoj i niskonaponskoj distribucijskoj mreži, uspoređujući količinu preuzete energije u TS 10(20)/0,4 kV i količinu energije potrošene kod krajnjih kupaca. Ugradnjom sumarnih mjernih uređaja i uspostava baze podataka u kojoj će se povezati podaci iz naprednih brojila s podacima o elektroenergetskim objektima u GIS-u očekuje se učinkovitije i brže otkrivanje te smanjenje neovlaštene potrošnje.

U slučaju krađa praćenje podataka poput: maksimalne potrošnje i trenutka maksimalne potrošnje, ukupne sume dnevne potrošnje, prosječne dnevne potrošnje i standardne devijacije, faktora tereta, omjera najmanje i prosječne potrošnje, omjera najveće i prosječne potrošnje, noćne potrošnje ili pojave ekstremnih odnosno sporadičnih skokova, mogu pomoći u praćenju i provjerama te ukazati na potencijalne zlouporabe [4].

3.2. Upravljanje potrošnjom i pomicanje potrošnje energije iz razdoblja vršnog opterećenja na razdoblje smanjenog opterećenja

Smanjivanje vršnih opterećenja primjenom više dnevnih tarifa (dinamičke tarife povezane s cijenama na veleprodajnom tržištu, vikend tarife, itd.) i direktni nadzor potrošnje krajnjih korisnika je područje u kojem se vjerojatno najviše može postići primjenom naprednih brojila. Na tržištu su dostupna napredna brojila koja omogućuju izravno očitavanje potrošnje za krajnjeg kupca te pristup podacima iz registra vremena korištenja uz daljinsku kontrolu tarifnih elemenata. Istraživanjima i pilot projektima provedenim u zemljama EU-a potvrđena je poveznica između uvođenja inovativnih tarifnih sustava i pomicanja vršnog opterećenja.

Napredna brojila su opremljena indikatorima prekida napajanja i promjena parametara, čime se omogućuje otkrivanje neovlaštene potrošnje električne energije putem signalizacije neovlaštenog pristupa uređaju i njegove neovlaštene upotrebe te daljinsku privremenu obustavu isporuke električne energije krajnjem kupcu kod kojeg je otkrivena neovlaštena potrošnja električne energije.

Potrošnja na strani krajnjeg kupca se može smanjivati ili pomicati primjenom naprednih termostata ili kontrolera u bojlerima i pumpama, a time se smanjuju tehnički gubici.

3.3. Optimiranje distribuirane proizvodnje

Postoji veliki broj radova koji se bave optimalnim odabirom mjesta priključenja na mrežu i optimalnih veličina i broja distribuiranih izvora. Optimiranjem tokova snaga kroz mrežu mogu se minimizirati ukupni gubici i povećati društvena korist na godišnjoj osnovi, npr. u slučaju kada su distribuirani izvori smješteni u blizini mjesta konzuma odnosno kada se proizvedena i potrošena energija podudaraju i u vremenskoj domeni odnosno u dnevnom dijagramu. U analizama je potrebno uzeti u obzir stohastičku prirodu tereta u sustavu i proizvodnje iz distribuiranih izvora. U pravilu, priključenjem manjih solarnih izvora na krovovima kuća smanjit će se tokovi u mreži, pogotovo ako se izvori nalaze na krajevima NN izvoda, dok će kod elektrana priključenih na SN mrežu tehnički gubici ovisiti o opterećenju sustava i lokaciji u mreži.

3.4. Optimiranje pogonskog stanja mreže/rekonfiguracija mreže

Računalne metode za optimiranje pogonskog stanja mreže se mogu podijeliti u tri grupe:

- 1) Empirijske metode: zasnovane su na iskustvu operatora/dispečera o pogonu mreže. Ovisno o tom znanju razvijene su metode koje su pomagale u tražnju nove konfiguracije mreže pokušavajući pronaći stanje koje je blisko optimumu. U ovu kategoriju spadaju heurističke metode, linearno programiranje, ekspertni sustavi i neizrazita (*fuzzy*) logika.
- 2) Metode evolucijskih tehnika: zasnovane su na fizikalnim, biološkim i neurološkim procesima koji postoje u prirodi. Imaju značajnu karakteristiku – manjak rigidne matematičke formulacije koja bi dozvoljava određivanje pogona u svakom trenutku sa potpunom izvjesnošću. Primjeri ovih metoda su simulirano napuštanje/kaljenje (*simulated annealing*), generički algoritmi i neuronske mreže.
- 3) Kombinirane metode: koriste se od 1996. i kombinacija su gornjih metoda npr. *fuzzy* logika + heuristika; linearno programiranje + heuristika.

Navedene metode razlikovat će se prema primjenjivosti na sustave različitih veličina, općenitosti primjene, fleksibilnosti, vremenu potrebnom za proračun, odabiru ograničenja i preciznosti modela.

U [5] je dana usporedba navedenih metoda i razrađena metoda istodobnog rješavanja ograničenja „Concurrent Constraints Programming“ (CCP) za proračun smanjenja gubitaka pomoću rekonfiguracije mreže.

CCP promatra proračun tokova snaga i rekonfiguraciju mreže kao problem rješavanja ograničenja (engl. Constraints Satisfaction Problem - CSP problem). Proračun tokova snaga može se promatrati kao određivanje vrijednosti napona sabirnica i struja u granama koje zadovoljavaju set jednadžbi (ograničenja, engl. constraints) koje odgovaraju električnim zakonima (npr. Kirchofovovim i Ohmovom zakonu).

Nadalje, rekonfiguracija se može promatrati kao traženje/određivanje stanja strujnih grana (uključeno/isključeno, otvoreno/zatvoreno) koje ispunjavaju ograničenja zadana pogonskim uvjetima mreže (radikalnost sustava, neprekidnost napajanja, kvaliteta napona, termička ograničenja svake strujne grane i transformatora, najmanji i najveći broj sklopnih operacija) i to tako da promatrani/zadani proračun tokova snaga ima bolje rješenje nego početna konfiguracija.

Nakon što je pojedini zadatak definiran kao CCP problem, za rješavanje se može koristiti CCP jezik npr. Mozart (<http://mozart.github.io/>), s ciljem smanjivanja tehničkih gubitaka u mreži.

3.5. Provedene mjere u distribucijskoj elektroenergetskoj mreži i ciljevi HEP ODS-a

Dosad primijenjene mjere u distribucijskoj elektroenergetskoj mreži obuhvaćale su rekonstrukcije dijelova mreže s malim presjecima vodiča i dugačkim dionicama, prelazak srednjonaponske 10 kV mreže na 20 kV naponsku razinu i ugradnju transformatora sa smanjenim gubicima.

Pojačane su i aktivnosti na detektiranju neovlaštene potrošnje, te kontroli priključaka i obračunskih mjernih mjesta uključujući i rekonstrukcije obračunskih mjernih mjesta i ugradnju elektroničkih brojila.

U razdoblju od 2014. do 2016. godine operator distribucijskog sustava je provodio: dodatno optimiranje pogonskog stanja mreže gdje je to bilo moguće, umjeravanje mjernih uređaja, daljinsko očitavanje i nadzor obračunskih mjernih mjesta, smanjenje jalove energije u mreži (ugradnjom kompenzacija i odgovarajućih mjernih uređaja, uz naplatu prekomjerne induktivne i kapacitivne jalove energije) te je omogućio pristup mjernim podacima krajnjim kupcima za optimizaciju vlastite potrošnje energije [6].

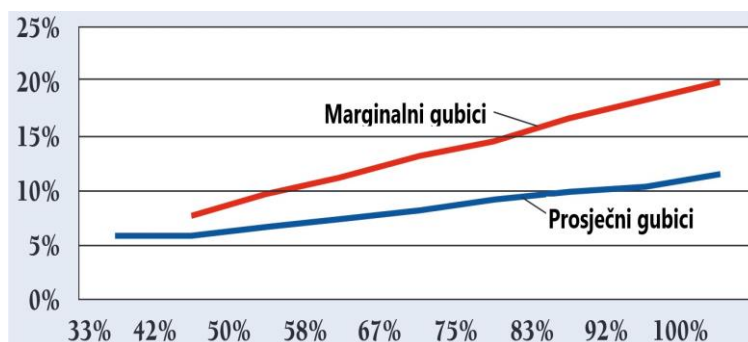
U prijedlogu četvrtog Nacionalnog akcijskog plana energetske učinkovitosti RH za razdoblje od 2017.-2019., HEP ODS je kao glavnu mjeru za povećanje energetske učinkovitosti iskazao upravo smanjenje gubitaka u distribucijskoj elektroenergetskoj mreži s ciljem smanjivanja gubitaka električne energije (tehničkih i netehničkih) na iznos od maksimalno 7,75% ($\pm 0,25\%$) od ostvarene nabave u distribucijskoj mreži do kraja 2019.

Operator distribucijskog sustava bi u svoje ciljeve trebao uključiti ambicioznije smanjivanje gubitaka na godišnjoj razini na oko 6%, u periodu od sljedećih 5 godina.

4. MARGINALNI GUBICI, MJERE ZA OCJENU TROŠKOVA GUBITAKA

Programi za odziv potrošnje smanjuju terete tijekom sati kada je prisutno najviše opterećenje u sustavu. S obzirom da gubici u vodovima rastu s kvadratom struje i malo smanjivanje tereta tijekom najopterećenijih sati dovesti će do znatnog pada gubitaka u vodovima. Marginalni troškovi rastu dvostruko brže od gubitaka prisutnih u distribucijskom sustavu. Na slici 2. je prikazan porast prosječnih i marginalnih gubitaka u ovisnosti o teretu uz pretpostavku 7% prosječnih gubitaka u sustavu, te 25% gubitaka u praznom hodu i 75% (I^2R) gubitaka u bakru [7], [8].

Pomicanje fleksibilne potrošnje poput npr. električnih bojlera iz perioda najveće potrošnje u period prosječne potrošnje u dnevnom dijagramu će dovesti do znatnog smanjenja marginalnih gubitaka.



Slika 2. Postotni gubici u ovisnosti o teretu

Gubici na vodu su proporcionalni kvadratu snage Q koja teče kroz vod:

$$G = aQ^2 \quad (1)$$

gdje je: a - konstanta i G – gubici.

Prosječni gubici su jednaki omjeru ukupnih gubitaka i ukupnog toka kroz vod:

$$G_{sred} = \frac{ukupni \ gubici}{ukupni \ tok} = \frac{aQ^2}{Q} = aQ \quad (2)$$

Marginalni gubici su jednaki omjeru inkrementalne promjene gubitaka u vodu uzrokovani malom promjenom u toku snage kroz vod i računaju se kao:

$$\frac{\partial}{\partial Q}(gubici) = \frac{\partial}{\partial Q}(aQ^2) = 2aQ \quad (3)$$

Trošak pojedine sabirnice izražava se iz postotnog porasta gubitaka u sustavu prouzročenog malom promjenom injektirane ili povučene snage na sabirnici [9].

Neovisno o naponskom nivou, gubici u vodovima uvijek ovise o duljini vodova i udaljenosti na koju se energija prenosi [9]. Usporedbe radi navest ćemo tri načina naplate stvarnih gubitaka u američkoj i kanadskoj prijenosnoj mreži:

Prosječna cijena za sustav: svi korisnici plaćaju prosječne troškove cijelog sustava. Metoda uzima ukupnu cijenu troškova sustava podijeljenu sa teretom u sustavu.

Cijena marginalnog troška: gubici prijenosa naplaćuju se prema marginalnom trošku gubitaka.

Faktor marginalnog troška pojedine sabirnice se izražava iz postotnog porasta gubitaka u sustavu prouzročenih malom promjenom injektirane ili povučene snage na sabirnici. Kako je prikazano na slici 2. faktor marginalnih gubitaka je uvijek dvostruko veći od prosječnog faktora gubitaka, tako da naplata preko ove metode vodi do preplate sredstava kojima se pokrivaju gubici sustava.

S ekonomskog stajališta, naplata preko marginalnog troška rezultirat će optimalnim dispečiranjem, pogotovo u tržišnoj ekonomiji gdje je krajnja cijena određena marginalnim troškom zadnjeg proizvođača koji ispunjava potražnju.

Skalirana cijena marginalnog troška: u ovoj metodi se primjenjuje faktor kojim se umanjuje cijena kako ne bi došlo do preplate prihoda od gubitaka.

4. ZAKLJUČAK

Program mjera za smanjivanje gubitaka mora obuhvatiti mjerenja, otkrivanje uzroka i procjenu gubitaka te odabir i ekonomsko-tehničku evaluaciju predloženih mjera [8], [10]. U radu smo se osvrnuli na potencijalno iskorištavanje naprednih mjernih uređaja za poboljšanje mjera za smanjivanje gubitaka u distribucijskoj mreži, optimiranje veličine i mjesta priključenja distribuiranih izvora, upravljanja potrošnjom i optimiranja uklopnog stanja mreže sa stanovišta minimiziranja tehničkih gubitaka. Zadani ciljevi smanjivanja emisija CO₂, rastuće cijene energenata i ostale zakonske i regulativne obaveze uvjetuju potrebe za ambicioznijim ciljevima i značajnim smanjivanjem gubitaka ispod nekoliko postotnih poena te je stoga uz već poznate mjere koje se primjenjuju u distribucijskim sustavima nužno primijeniti i napredne, komplementarne metode, koje će omogućiti povrat uložених sredstava u što kraćem razdoblju.

Gubici su važan pokazatelj ekonomičnosti poslovanja i kvalitete obavljanja djelatnosti distribucije električne energije zbog čega smanjenje gubitaka električne energije u mreži HEP ODS-a mora ostati prioritetan poslovni cilj. Višegodišnja provedba ciljanih operativnih i investicijskih mjera rezultirala je trendom smanjenja iznosa gubitaka kroz godine, ali u nedovoljnoj mjeri. Cilj HEP ODS-a u razdoblju 2014.- 2016. bilo je smanjenje gubitaka na 7.68% do kraja 2016. što je i ostvareno te se može zaključiti da je moguće iskoristiti već postojeća znanja kako bi se mogli pratiti europski i svjetski trendovi zadanih ciljeva smanjivanja gubitaka.

5. LITERATURA

- [1] SP Energy Networks, „Losses Strategy, Reducing Network Energy Losses & Greenhouse Gas Emissions“, www.spenetworks.co.uk, rujan 2015.
- [2] HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o., „Desetogodišnji (2018.-2027.) plan razvoja distribucijske mreže HEP ODS-a“, Zagreb, prosinac 2017.
- [3] EIHP, „Stručna i znanstvena potpora u izradi metodologije za planiranje gubitaka električne energije i metodologije za izračun ostvarenja gubitaka te procjene tehničkih gubitaka i neovlašteno preuzete električne energije“, prosinac 2016.
- [4] G. Messinis, A. Dimeas, V. Rogkakos, K. Andreadis, I. Menegatos, N. Hatziaargyriou, „Utilizing Smart Meter Data For Electricity Fraud Detection“, First South East European Regional CIGRE Conference Portoroz, Slovenija, lipanj 2016, 4-21.
- [5] N.G. Caicedo, C.A. Lozano, J.F. Diaz, C. Rueda, G. Gutierrez, C. Olarte, „Loss Reduction In Distribution Networks Using Concurrent Constraint Programming“, Probabilistic Methods Applied to Power Systems, 2004 International Conference on, Ames, IA, USA, rujan 2004.

- [6] I. Žarkić, Z. Lipošćak, M. Bošković, "Kratkoročno i dugoročno planiranje gubitaka u distribucijskoj mreži", 5. (11.) savjetovanje CIRED, Osijek, Hrvatska, svibanj 2016., SO6-26.
- [7] J. Lazar, X. Baldwin, „Valuing the Contribution of Energy Efficiency to Avoided Marginal Line Losses and Reserve Requirements“, www.raponline.org, Montpellier, VE, SAD, kolovoz 2011.
- [8] NACAA, „Implementing EPA’s Clean Power Plan: A Menu of Options“, Washington DC, SAD, svibanj 2015.
- [9] L. Liu, T. Caramanis et.Al., A. Zobian, „The Importance of Marginal Loss Pricing in an RTO Environment“, The Electricity Journal, Vol 15, Issue 8, kolovoz 2002, str 40-45.
- [10] S. C. Vegunta, D. Hawkins, F. Clifton, A. Steele, S. A Reid, „Distribution Network Losses and Reduction Opportunities from a UK DNO’s Perspective“, 23rd International Conference on Electricity Distribution, Lyon, lipanj 2015, 0068.