**ANALIZA TEHNIČKIH GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE DISTRIBUTIVNE MREŽE**

I. SLIŠKOVIĆ, JP Elektroprivreda HZ H-B d.d. Mostar, Bosna i Hercegovina

D. MARIĆ, JP Elektroprivreda HZ H-B d.d. Mostar, Bosna i Hercegovina

Dž.HADŽIOSMANOVIĆ, JP Elektroprivreda HZ H-B d.d. Mostar, Bosna i Hercegovina

1. **UVOD**

Gubici su uvek aktuelna tema kojoj se posvećuje sve više pažnje u današnjem vremenu ekonomičnosti i produktivnosti. Cilj distributivne mreže je jasan, kako uz minimalne gubitke dopremiti električnu energiju do krajnjeg kupca. Poznavanje stvarnih gubitaka snage i energije je važno pri planiranju i kandidovanju investicija kako bi znali čime se raspolaže i koliki su troškovi distribucije. Uostalom i mrežna pravila distribucije (literatura 4. - članci 101. i 102.) propisana od strane FERK-a (Federalna regulatorna komisija za energiju) nalažu redovnu analizu tehničkih gubitaka u cilju optimizacije gubitaka distributivne mreže. Ovde su prikazani rezultati proračuna tehničkih gubitaka snage i energije odnosno procentni udeli po pojedinim elementima distributivne mreže. Proračuni su napravljeni na realnoj srednjenaponskoj distributivnoj mreži DP JUG (distributivnog područja JUG), sa tačnim tehničkim parametrima svih elemenata i na osnovu stvarnih ulaznih podataka vršnih opterećenja i godišnje potrošnje električne energije za 2013. godinu. Za modelovanje mreže i budžete korišćen je programski paket PoverCAD 04:11.

1. **MODEL I NAČIN PRORAČUNA**

Budžet gubitaka snage i energije napravljen je za celu srednjenaponsku mrežu DP JUG, koja uključuje 18 poslovnica različitih trendova opterećenja i specifičnostima za pojedino područje. Uzeto je za svaku poslovnicu aktuelno uklopno stanje koje odgovara stanju na terenu. Srednjenaponska mreža napaja se iz više pojnih tačaka (trafostanice TS 220/110/35/10 kV, TS 110/35/10 kV i TS 35/10 kV). Vršne opterećenja i proračuni razmatrani su zasebno za svaku poslovnicu zavisno u kojem godišnjem periodu poslovnica ostvaruje vršno opterećenje, te su shodno tome prikazani u tabelama.

Osnovni energetski pokazatelji za navedenu mrežu u 2013. godinu su:

* vršno opterećenje DP Jug: 225,39 MV
* Ukupna preuzeta energija: 946,97 GVh
* Trenutne vrednosti P-aktivne snage i K-reaktivne snage u čvorištima distributivne mreže (brojila ukupne potrošnje u TS 10/0, 4 kV).

Slika 1. Srednjenaponska distributivna mreža DP JUG

Proračun gubitaka snage u promatranoj mreži pri vršnom opterećenju napravljen je pomoću programskog paketa PowerCAD 4.11, koji omogućava automatsko formiranje bilance gubitaka snage po naponskim nivoima i odabranim područjima mreže. Na osnovu rezultata gubitaka snage pri vršnom opterećenju izvršen je i aproksimativni proračun gubitaka energije na godišnjem nivou, uz slijedeće pretpostavke:

- za transformatore su razdvojeni konstantni gubici praznog hoda koji na godišnjem nivou generiraju gubitke energije u iznosu gubitaka snage praznog hoda pomnožene s godišnjim brojem sati, od gubitaka u bakru koji su ovisni o opterećenju i koji su za proračun gubitaka energije na godišnjem računati aproksimativnom formulom kao i vodovi

- godišnji gubici energije u vodovima i gubici u bakru transformatora računati su aproksimativnom formulom:



gdje su:

T (h) – vremensko razdoblje za koje se računaju gubici energije

Wg (MWh) – gubici energije u mreži za promatrano vremensko razdoblje T

W (MWh) – ukupna potrošnja energije u promatranom vremenskom razdoblju T

Pmax (MW) – vršna snaga u promatranom vremenskom razdoblju T

Pg max (MW) – gubici snage u mreži za vrijeme vršnog opterećenja

Tu (h) – upotrebno vrijeme

a – konstanta koja se u distributivnim mrežama, ovisno o obliku krivulje trajanja opterećenja,

obično kreće u granicama 0.15-0.20, a za koju je u ovom proračunu pretpostavljen iznos 0.17

Opisani način obračuna godišnjih gubitaka energije pokazuje se kao dovoljno pouzdan za ovakve analize, što su pokazala prethodna istraživanja usporedbom s točnijom metodom koja podrazumijeva poznavanje krivulje trajanja opterećenja (lit.2). To je vrlo često i jedini mogući izbor, budući da je u praksi vrlo teško doći do podataka na osnovu kojih bi se mogla formirati godišnja krivulja trajanja opterećenja. S druge strane, dodatnu grešku u proračunu čini i pretpostavka konstantnog faktora snage potrošača na 0.4 kV-tnim sabirnicama TS 10/0.4 kV, koji je za vrijeme manjih opterećenja lošiji, tako da je za pretpostaviti neznatno veći iznos godišnjih gubitaka od izračunatih. Međutim, prema izvršenim dodatnim simulacijama za minimalno opterećenje mreže, pokazuje se da navedena aproksimacija ne unosi grešku veću od 5%, tj. da se rezultati mogu smatrati realnim.

1. **REZULTATI PRORAČUNA – STRUKTURA GUBITAKA SNAGE I ENERGIJE**

Budžetom tokova snaga pri vršnom opterećenju posmatrane distributivne mreže dobijeni su gubici radne snage grupisani na sledeći način :  
a ) gubici 35 kV - tnih vodova  
b ) gubici transformatora 35/10 kV  
c ) gubici 10 kV - tnih vodova  
d ) gubici transformatora 10/0.4 kV  
Ukupni gubici snage pri vršnom opterećenju iznose 8,37 MV odnosno 3,7% u odnosu na ukupnu potrošnju . Rezultati po grupama , u apsolutnim vrednostima i postotnim udelima pojedine grupe , prikazani su u tabeli 1.

Tablica 1: Struktura gubitaka snage pri vršnom opterećenju SN distributivne mreže DP Jug

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Grupa | Vodovi 10 kV | Transformatori 10/0,4 kV | Ukupno |
| Gubici (kW) | 5.280,92 | 3.054,21 | 8.370,69 |
| Udio (%) | 63,09% | 36,49% | 100,00% |

Rezultati proračuna gubitaka energije na godišnjem nivou, uz pretpostavke i način proračuna opisanim u prethodnom poglavlju, daju rezultate prikazane u tabeli 2. Ukupni gubici od 30.286,19 MVh iznose 3,2% u odnosu na ukupnu godišnju potrošnju električne energije.

Tablica 2: Struktura godišnjih gubitaka energije SN distributivne mreže DP Jug

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Grupa | Vodovi 10 kV | Transformatori 10/0,4 kV | Ukupno |
| Gubici (MWh) | 13.667.407,36 | 16.618.664,20 | 30.286.197,92 |
| Udio (%) | 45,13% | 54,87% | 100,00% |

Lako se uočava da najveći udeo gubitaka generišu transformatori 10/0.4 kV, a pogotovo gubitaka energije. To je direktna posledica relativno velikog broja transformatora, a prosečno slabo opterećenih koji imaju značajan udeo gubitaka praznog hoda. Godišnji gubici energije praznog hoda transformatora 10/0.4 kV veći su od gubitaka u bakru za 3,3 puta, dok su kod transformatora 35/10 kV gubici praznog hoda za oko 6 puta veći od gubitaka u bakru. Inače, godišnji gubici praznog hoda sve transformatora u mreži iznose 12.789,53 MVh odnosno 42% u odnosu na ukupne godišnje gubitke energije u posmatranoj mreži.

Uporedni prikaz strukture gubitaka snage i energije za posmatranu mrežu dan je na slici 2.

Dosadašnji poslovi nisu pridavali značaj detaljnoj analizi tehničkih gubitaka niti se osvrćao na njihov značaj međutim u nadolazećim tržišnim prilikama ovog segmentu distribucije se mora dati više pažnje. Važno poznavanje tehničkih gubitaka distributivne mreže i sama struktura gubitaka je veoma važna za službe energetike, investicija, razvoja ali i poslovodstvo preduzeća koji imaju krajnju reč u pokretaanju značajnijih investicija, projekata te finansiranju istih.

Ovu analizu nije bilo moguće odraditi bez uvođenja sistema daljinskog očitavanja brojila (AMR sistem) ukupne potrošnje svih transformatorskih stanica. AMR sistem je uveden s ciljem nadzora gubitaka, toka energije i snage u distributivnom sistemu kao i kontrole kvaliteta i sigurnosti napajanja krajnjih kupaca. Pored gore navedenog omogućeno je proširenje sistema za daljinsko očitavanje svih krajnjih kupaca. Komunikacija između brojila krajnjih kupaca i AMR sistema je preko PLC-a. Komunikacija između centra za prikupljanje podataka i brojila ukupne potrošnje je preko GPRS-a.

Slika 2. Raspodjela gubitaka snage pri vršnom opterećenju i godišnjih gubitaka energije u SN mreži DP Jug prema mjestu nastajanja

Slika 3. Postotni gubici energije po poslovnicima u SN mreži DP Jug

Slika 4. Udio gubitaka energije u praznom hodu po poslovnicima u SN mreži DP Jug

Slika 5. Udio gubitaka energije u bakru po poslovnicima u SN mreži DP Jug

Slika 6. Udio gubitaka energije u vodovima po poslovnicima u SN mreži DP Jug

Slika 7. Struktura gubitaka energije transformatora po poslovnicama u SN mreži DP Jug

Tablica 3: Struktura gubitaka energije SN distributivne mreže DP Jug u 2013. godini

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Poslovnica** | **Potrošena energija W[kWh]** | **Gubici energije u praznom hodu Wt\_Fe [kWh]** | **Gubici energije u bakru Wt\_Cu [kWh]** | **Gubici energije u vodovima Wv [kWh]** | **Ukupni gubici energije Wg[kWh]** | | **Gubici energije u trafoima gt [%]** | | | **Gubici energije u vodovima gv [%]** | **Ukupni tehnički gubici energije**  **g [%]** | | | ***Izmjereni gubici energije***  ***gi [%]*** |
| Pogon Livno | 151.793.491 | 2.978.329,92 | 700.695,09 | 2.819.784,91 | | 6.498.809,92 | | 2,42% | 1,86% | | | 4,28% | *4,38 %* | | |
| Pogon Grude | 297.494.727 | 3.418.590,00 | 1.189.357,78 | 4.933.519,84 | | 9.541.467,62 | | 1,55% | 1,66% | | | 3,21% | *4,01 %* | | |
| Pogon Mostar | 497.679.069 | 6.392.610 | 1.939.081 | 5.914.103 | | 14.245.794 | | 1,67% | 1,19% | | | 2,86% | *3,25 %* | | |
| DP JUG | 946.967.286 | 12.789.530 | 3.829.134 | 13.667.407 | | 30.286.072 | | 1,75% | 1,44% | | | 3,20% | *3,67 %* | | |

Ukupni tehnički gubici energije su utvrđeni računski putem,

dok su izmjereni gubici energije dobivne od nadležnih službi mjerenja i služe kao usporedba ovoj analizi.

1. **ZAKLJUČAK**

Ovim radom su analizirani gubici snage i energije SN distributivne mreže te razloženi po poslovnicama i elementima kako bih se lociralo tačno mesto nastanka tehničkih gubitaka i predložile određene mere smanjenja gubitaka u realnoj SN distributivnoj mreži DP Jug. Zasebno se treba posmatrati i analizirati niskonaponska mreža čijom bih se analizom upotpunili tehnički gubici energije u celoj distribucijkoj mreži. Iz ove analize vidljivo je nekoliko zaključaka, značajan udeo gubitaka u vodovima SN distributivne mreže u pogonskih Livno (slika 4. i 5. slika) gde se predlaže žurno investiranje u SN distributivne vodove. Dok svi pogoni imaju pokazatelje preinstaliranosti transformatora TS 10/0, 4 kV što je vidljivo iz odnosa gubitaka praznog hoda transformatora i gubitaka u bakru transformatora (slika 7.). Takođe se može primetiti u Pogon Grude odstupanje računski utvrđenih gubitaka energije od izmjernih gubitaka energije na nivou godine (tabela 3.) što nadležnim službama merenja otvara pitanje ispravnosti mernih mesta ukupne potrošnje. Shodno tome, predlažu se pomenuti Pogoni kao kandidati za budućih investicija s ciljem smanjenja gubitaka distributivne mreže. Predložena mera optimizacije snaga transformatora u DP Jug na godišnjem nivou donosila bih uštedu od 3565 MVh električne energije. Uz smanjenjenje tehničkih gubitaka i njihovu analizu ovom analizom je proveravana i ispravnost jednopolnih šema svih poslovnica. U pojedinim poslovnicama zbog netačnih podataka pojavila su se veća odstupanja između izmerenih i izračunatih tehničkih gubitaka. Navedeno je nakon ispravke podataka smanjeno unutar prihvatljivih granica.

Potrebno je što skorija aktualizacija ovih mera smanjenja gubitaka električne energije u narednim tržišnim prilikama i sve strožim zahtevima produktivnosti odnosno efikasnosti distributivne mreže.

1. **LITERATURA:**

1. Programski paket PowerCAD 4.1 – upute za rad, Fractal d.o.o., ožujak 2002.

2. R. Goić, E. Mudnić, Z. Jadrijev: Primjena programskog paketa PowerCAD za analizu gubitaka snage i energije u distributivnim mrežama**,** V savjetovanje CIGRE, Cavtat 2001.

3. Tehnička dokumentacija DP Jug za 2013. i 2012. godinu

4. Mrežna pravila distribucije JP Elektroprivrede HZ H-B d.d. Mostar, Mostar studeni 2008.

godine.

*igor.sliskovic@ephzhb.ba*