

Mr.sc. Lahorko Wagmann, dipl.ing.
Tomislav Baričević, dipl.ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb

D 2.03

Ivana Medač Sabolović, dipl.ing.
HEP, DP "Elektra" Bjelovar

USPOREDBA METODA PRORAČUNA GUBITAKA ENERGIJE

SAŽETAK

U članku su uspoređene dvije različite metode proračuna gubitaka električne energije na 10 kV izvodu. Prva metoda koristi dnevne dijagrame opterećenja, dok druga metoda gubitke računa pomoću vremena trajanja gubitaka.

Ključne riječi: proračun gubitaka energije, vrijeme trajanja gubitaka

COMPARATION OF THE ENERGY LOSSES CALCULATION METHODS

ABSTRACT

In the paper the comparison of two different energy losses calculation methods at the 10 kV feeder was made. First method uses daily load curves, while the other uses duration time of losses.

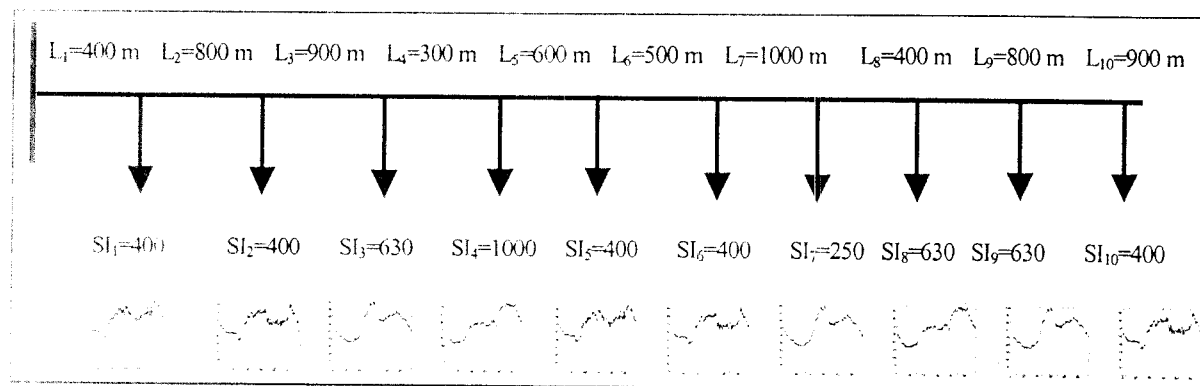
Key words: energy losses calculation, duration time of losses

1. UVOD

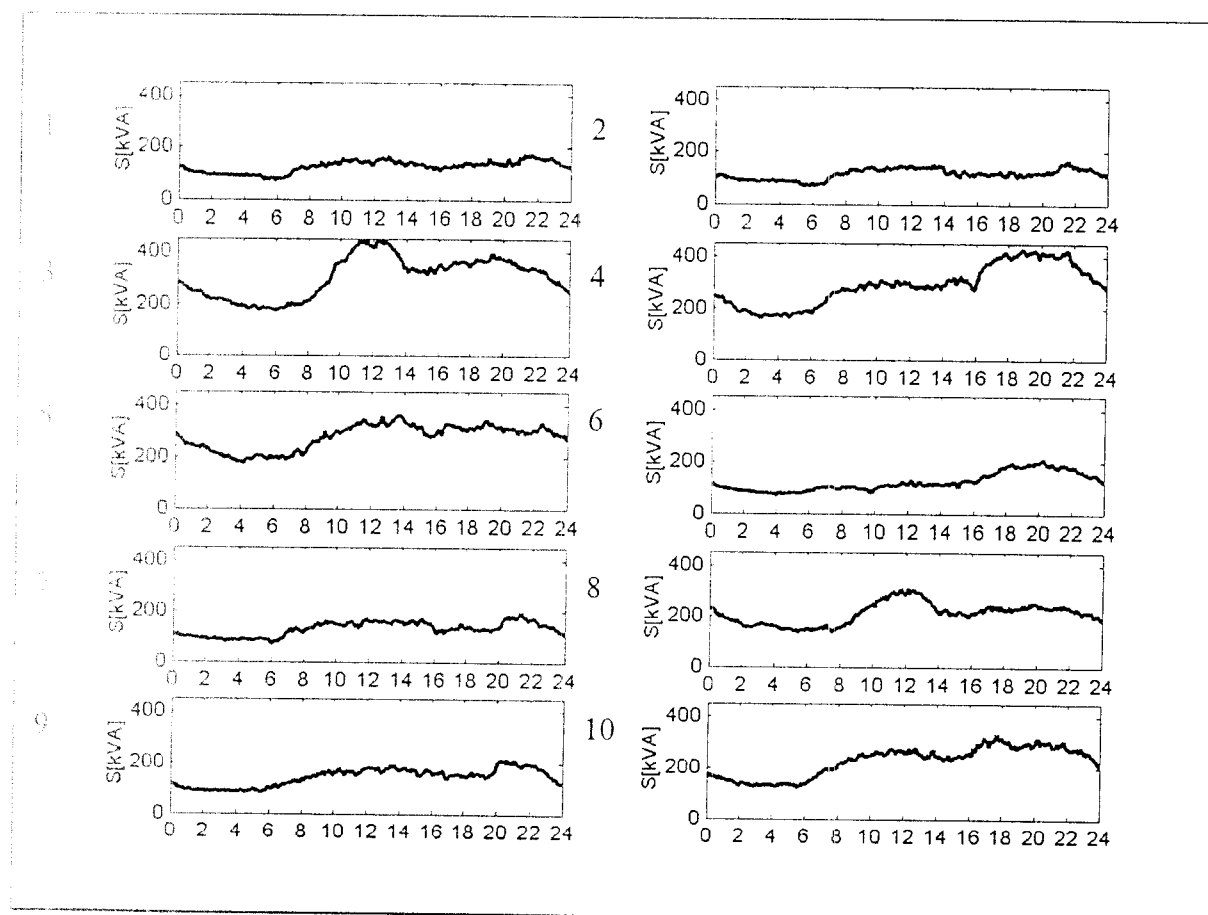
Iako sam proračun gubitaka električne energije teoretski nije težak zadatak, pri proračunu SN distribucijskih mreža, uslijed nedostatka točnih dijagrama opterećenja TS 10/0.4 kV može doći do velikih nedoumica koju metodu primijeniti. Prosječna distribucijska 10 kV mreža obično se sastoji od nekoliko stotina TS 10/0.4 kV. Snimanje dijagrama opterećenja za tako velik broj stanica čak i samo za tipične dane (radni i neradni) vrlo je opsežan posao. Kao alternativa metodi koja koristi dijagrame opterećenja TS 10/0.4 kV može se koristiti metoda koja koristi vrijeme trajanja gubitaka. U ovom članku pokušat će se usporediti te dvije metode te ustanoviti razlika u rezultatima proračuna gubitaka energije na nekom proizvoljnom izvodu.

2. MODEL IZVODA

Kao model za proračun gubitaka električne energije poslužit će neki zamišljeni gradski 10 kV izvod koji napaja 10 stanica 10/0.4 kV (Slika 1). Izvod se sastoji od 10 dionica kabela XHE-49 A 3x(1x150) s jediničnim konstantama voda: $R_{d1} = 0,21 \text{ } [\Omega/\text{km}]$, $X_{d1} = 0,115 \text{ } [\Omega/\text{km}]$. Svaka kabelska dionica određena je svojom duljinom L_i , dok je svakoj TS 10/0.4 kV pridijeljena instalirana snaga Sl_i u kVA i dnevni dijagram opterećenja (Slika 2).



Slika 1 Gradski izvod 10 kV



Slika 2 Dnevni dijagrami opterećenja pojedinih TS 10/0.4 kV

3. PRORAČUN GUBITAKA ENERGIJE POMOĆU DNEVNIH DIJAGRAMA OPTEREĆENJA

Da bi se izračunali gubici tijekom jednog dana potrebno je izračunati tokove snaga za svaki vremenski odsječak t dnevnog dijagrama opterećenja. Budući da se u ovom slučaju radi o 5-minutnim očitanjima, tijekom 24 sata bit će potrebno 288 proračuna.

Algoritam proračuna radialnih tokova snaga za jedan vremenski odsječak t prikazan je sljedećim formulama.

Proračun kreće od kraja izvoda prema početku. Prvo se izračunava snaga koja teče krajnjom, tj. N-tom dionicom. Snaga u N-toj dionici jednaka je snazi u N-tom čvoru PC_N i QC_N ($\cos \varphi = 0.9$).

$$P_N(t) = PC_N(t) \quad (1)$$

$$Q_N(t) = QC_N(t) \quad (2)$$

Gubici snage i snage u ostalim dionicama izračunavaju se prema sljedećim formulama:

$$\Delta P_{i+1}(t) = \frac{P_{i+1}^2(t) + Q_{i+1}^2(t)}{U^2} \cdot R_{i+1} \cdot 1000 \quad (3)$$

$$\Delta Q_{i+1}(t) = \frac{P_{i+1}^2(t) + Q_{i+1}^2(t)}{U^2} \cdot X_{i+1} \cdot 1000 \quad (4)$$

$$P_i(t) = PC_i(t) + P_{i+1}(t) + \Delta P_{i+1}(t) \quad (5)$$

$$Q_i(t) = QC_i(t) + Q_{i+1}(t) + \Delta Q_{i+1}(t) \quad (6)$$

Ukupni gubici radne i jalove snage u promatranom vremenskom odsječku jednaki su:

$$\Delta P_{uk}(t) = \sum_{i=1}^N \Delta P_i(t) \quad (7)$$

$$\Delta Q_{uk}(t) = \sum_{i=1}^N \Delta Q_i(t) \quad (8)$$

Dok je ukupna snaga na izvodu jednaka snazi koja teče kroz prvu dionicu izvoda uvećanoj za iznos gubitaka

$$P_{uk}(t) = P_1(t) + \Delta P_1(t) \quad (9)$$

$$Q_{uk}(t) = Q_1(t) + \Delta Q_1(t) \quad (10)$$

Ukupna prividna snaga na izvodu dobiva se iz poznatog izraza:

$$S_{uk}(t) = \sqrt{P_{uk}^2(t) + Q_{uk}^2(t)} \quad (11)$$

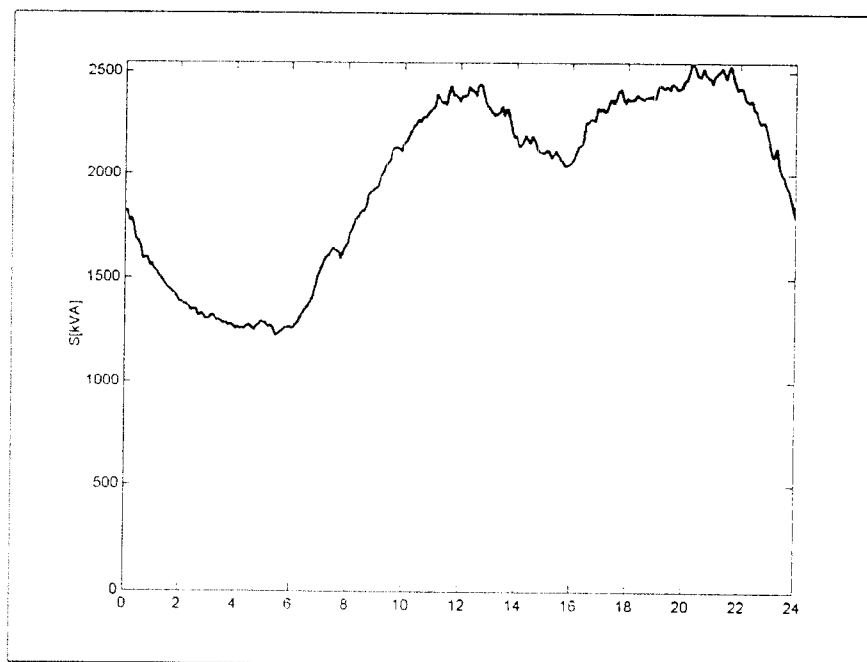
Ukupni gubici električne energije dobivaju se zbrajanjem svih gubitaka snage tijekom jednog dana i dijeljenjem s 12, zbog toga što se radi o 5-minutnim prosjecima očitavanja snage.

$$\Delta W = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^M \Delta P_{uk}(t) = 498 \quad [kWh] \quad (12)$$

gdje je M – broj očitavanja.

4. REZULTANTNI DNEVNI DIJAGRAM OPTEREĆENJA I NJEGOVE KARAKTERISTIČNE VELIČINE

Rezultantni dnevni dijagram dobiva se grafičkim prikazom veličine S_{uk} (Slika 3). U ukupnoj prividnoj snazi S_{uk} sadržane su snage svih dijagrama TS 10/0.4 kV uvećane za gubitke snage u vodovima.



Slika 3 Ukupni dnevni dijagrama opterećenja izvoda

Ukupna energija na na promatranom izvodu tijekom jednog dana dobiva se formulom:

$$W = \sum_{t=1}^{24} P_{uk}(t) = 42653 \quad [kWh] \quad (13)$$

Srednja vrijednost izmjerene snage na izvodu dobiva se formulom:

$$P_{\sigma} = \frac{\sum_{t=1}^{24} P_{uk}(t)}{M} = 1777,2 \quad [kW] \quad (14)$$

Vršna snaga ukupnog dnevnog dijagrama opterećenja izvoda iznosi:

$$P_{\max} = \text{MAX}(P_{uk}) = 2292,3 \quad [kW] \quad (15)$$

Trajanje vršnog opterećenja jednako je:

$$T_m = \frac{W}{P_{\max}} = 18,6 \quad [h] \quad (16)$$

Vrijeme trajanja gubitaka dobiva se formulom:

$$T_g = \frac{\sum_{t=1}^{24} P_{uk}^2(t)}{P_{\max}^2 \cdot 12} = 15,1 \quad [h] \quad (17)$$

Faktor opterećenja dobiva se iz formule:

$$m = \frac{P_{sr}}{P_{max}} = 0.7753 \quad (18)$$

Vrijeme trajanja gubitaka može se posredno izračunati i empirijskom formulom:

$$T_g = (0.17 \cdot m + 0.83 \cdot m^2) \cdot 24 = 15.1 \quad [h] \quad (19)$$

Vidljivo je da je vrijeme trajanja gubitaka dobiveno točnim izrazom (17) i empirijskom formulom (19) jednako što u slučajevima nedostatka točnih podataka opravdava korištenje empirijske formule (19).

5. PRORAČUN GUBITAKA ENERGIJE POMOĆU VREMENA TRAJANJA GUBITAKA

Proračun gubitaka energije pomoću vremena trajanja gubitaka svodi se na proračun tokova snage pri maksimalnom opterećenju. Gubici snage u vodovima dobiveni pri maksimalnom opterećenju množe se s vremenom trajanja gubitaka.

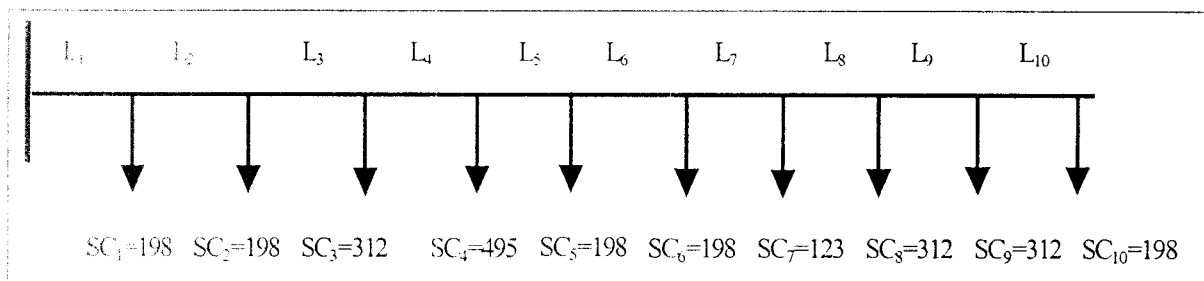
Da bi se došlo do opterećenja pojedinih TS 10/04 kV na izvodu potrebno je snagu na početku izvoda raspodijeliti po TS u omjeru instalirane snage TS i sume svih instaliranih snaga TS na izvodu.

Zbroj svih instaliranih snaga TS 10/0.4 kV na izvodu iznosi:

$$\sum SI = 5140 \quad [kVA] \quad (20)$$

Snaga koja se pridjeljuje svakom čvoru proporcionalna je vršnom opterećenju koje se raspodjeljuje u omjeru instalirane snage u čvoru i ukupne instalirane snage na izvodu (Slika 4):

$$SC_i = S_{max} \cdot \frac{SI_i}{\sum SI} \quad (21)$$



Slika 4 Vršne snage pojedinih TS

S tako određenim opterećenjima pojedinih TS radi se proračun tokova snaga. Nakon provedenog proračuna tokova snaga dobivaju se gubici snage u svakomvodu. Ukupni gubici energije tijekom promatranog dana dobivaju se zbrajanjem svih gubitaka u svim vodovima i množenjem s vremenom trajanja gubitaka T_g .

$$\Delta W = T_g \sum_{i=1}^N \Delta P_i = 15,1 \cdot 32,6 = 492 \quad [kWh] \quad (22)$$

Razlika u rezultatu proračunatih gubitaka iznosi:

$$\frac{498 - 492}{498} \cdot 100 = 1,2\%$$

6. ZAKLJUČAK

U članku su uspoređene dvije različite metode proračuna gubitaka električne energije na 10 kV izvodu.

Prva metoda koristi dnevne dijagrame opterećenja, dok druga metoda gubitke računa pomoću vremena trajanja gubitaka.

Razlika u dobivenim gubicima električne energije između prve i druge metode iznosi 1,2 %, što opravdava korištenje metode koja koristi vrijeme trajanja gubitaka. Spomenuta metoda je prikladna kod promatranja velikih mreža i u slučajevima globalnih analiza, kada je gotovo sigurno da dnevni dijagrami opterećenja pojedinih TS 10/0.4 kV neće biti dostupni.

Navedeno razmatranje trebalo bi se proširiti na godinu dana što bi vjerojatno povećalo razliku u dobivenom rezultatu ovih dviju metoda. Također bi trebalo razmotriti utjecaj slabo opterećenih odvojaka na izvangradskim nadzemnim izvodima.

7. LITERATURA

- [1] L.Wagmann, S.Žutobradić, E.Mihalek GUBICI ELEKTRIČNE ENERGIJE I SNAGE II DIO, studija EIHP, rujan 2000 Zagreb.
- [2] E.Mihalek, L.Wagmann RACIONALNO KORIŠTENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE TEHNIČKI GUBICI I MJERE ZA NJIHOVO SMANJENJE, studija IE, prosinac 1988. Zagreb.
- [3] Ž.Rajić, L.Wagmann PROGRAMSKI PAKET ZA VARIJANTNO PLANIRANJE KONFIGURACIJA SN RAZDJELNIH MREŽA (PRM), studija, EIHP, srpanj 1996.