

ANALIZA OPRAVDANOSTI UGRADNJE TRANSFORMATORA 10/0,4 kV SA SMANJENIM GUBICIMA

S. Maksimović¹, PD „Elektrodistribucija Beograd“ d.o.o, Srbija
V. M. Šiljkut², PD „Elektrodistribucija Beograd“ d.o.o, Srbija

1 UVOD

U radu je izložena metodologija po kojoj je izvršena tehno-ekonomska analiza opravdanosti ugradnje energetskih transformatora 10/0,4 kV sa smanjenim gubicima, i prikazani su njeni rezultati. Analiza je zasnovana na pristupu koji omogućava razmatranje ukupnih troškova i perioda otplate u celom opsegu opterećenja transformatora, do 100 % njegove instalisane snage, S_{inst} .

2 TEORIJSKE POSTAVKE PRORAČUNA

U analizi su korišćeni rezultati ranijih istraživanja [1-3], izvršenih na bazi merenja u Beogradu [2] i Nišu [3], kojima je utvrđen empirijski odnos između godišnjeg protoka (potrošnje električne energije) i toplotnog impulsa (mere gubitaka zavisnih od opterećenja), [1]. Određeni su i opsezi broja domaćinstava koje je moguće napajati iz transformatora tipiziranih instalisanih snaga (50, 100, 160, 250, 400, 630 i 1000 kVA), i opsezi njihovih vršnih opterećenja, prema uopštenom Raskovom (Rusck) obrascu iz [4]. Na ovaj način, analiza je obuhvatila energetske transformatore svih navedenih tipiziranih instalisanih snaga.

Ulazni podaci o karakteristikama transformatora sa standardnim i sa smanjenim gubicima, kao i njihove cene, preuzeti su od jednog domaćeg proizvođača energetskih transformatora 10/0,4 kV. Ovi podaci su dati u tabelama br. 1 do 6, u Dodatku 1 ovog rada.

U analizi su posmatrani svi eksploatacioni troškovi koji nisu invarijantni. Oni su svedeni, na uobičajeni način [6], na sadašnju vrednost, uz usvajanje eskontne stope od 9 % i period jednak ukupnom tehničkom (životnom) veku transformatora, od 40 godina. Cena električne energije varirana je između sadašnjih, približno dostignutih, 0,05 EUR/kWh i 0,077 EUR/kWh, koliko je usvojeno u [7]. Detalji metodološkog pristupa primenjenog u ovoj analizi izloženi su u Dodatku 2.

¹ Масарикова 1-3 Београд, тел. 011/26-36-250; 064/833-33-52; факс: 34-05-017; smaks@edb.eps.co.yu

² Масарикова 1-3 Београд, тел. 011/26-36-250; 064/396-0-384; факс: 34-05-017; vladash@edb.eps.co.yu

2.1 Određivanje opsega terećenja i potrebne instalisane snage transformatora prema broju domaćinstava

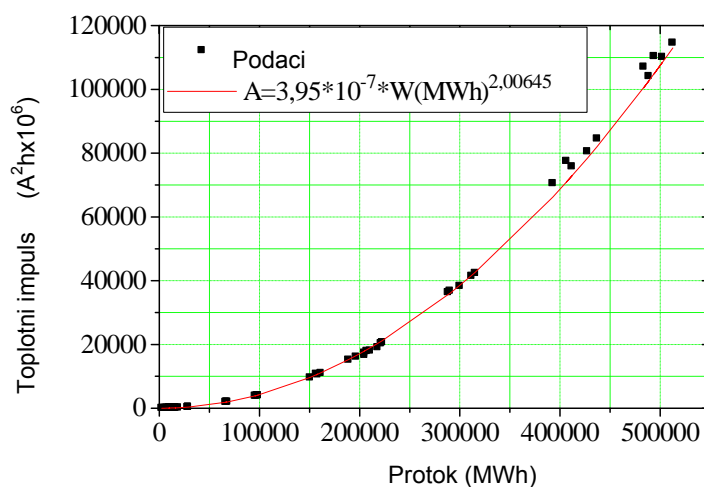
Usvojen je opseg terećenja transformatora od 20 do 100 % njihove instalisane snage, S_{inst} , a za najmanju jedinicu, 50 kVA, od 0 do 100 % S_{inst} . Analizu je, dakako, moguće proširiti i na opseg koji bi uvažio dozvoljena preopterećenja transformatora, u konkretnim uslovima.

Potrebna instalisana snaga transformatorske jedinice određena je prema broju domaćinstava, i to za njihovo vršno opterećenje, dostignuto do 2005, sračunato pomoću uopštenog Raskovog (Rusck) obrasca iz [4]. Zato grafici sa slika 2 i 3 u poglavlju Rezultati proračuna prikazuju troškove ovih transformatora u zavisnosti od broja domaćinstava napajanih preko njih.

2.2 Modelovanje gubitaka i određivanje njihovih troškova

2.2.1 Empirijska zavisnost toplotnog impulsa od protoka.

Kao što je poznato, toplotni impuls [5] je veličina na osnovu koje se, njenim množenjem s aktivnom otpornošću elementa elektroenergetskog sistema, direktno dobijaju gubici na njemu, zavisni od opterećenja.



Slika 1 Zavisnost toplotnog impulsa od protoka na uzorku od 69 godišnjih dijagrama opterećenja u Beogradu i Nišu, na naponskim nivoima 110, 35 i 10 kV

U ovoj analizi sračunata je, srazmerno ukupnom godišnjem protoku W_{god} (MWh), vrednost toplotnog impulsa $A = \sum I^2 \cdot t$ ($A^2 \cdot s$). Ovaj proračun je izvršen prema empirijskoj zavisnosti između toplotnog impulsa A i protoka W_{god} (kWh), dobijenoj u jednom od ranijih istraživanja, obavljenim na bazi merenja 27 izvoda 10 kV i 1 izvoda 35 kV u Beogradu [2] i 41 izvorišnih TS u Nišu [3]. Ova zavisnost predstavljena je na slici 1 i data jednačinom:

$$A = \sum_t I^2 \cdot t = 3,95 \cdot 10^{-7} \cdot W_{god}^{2,00645} \quad (1), \quad \text{gde je } A \text{ dato u } A^2 \cdot h \cdot 10^6, \text{ a } W_{god} \text{ u MWh.}$$

2.2.2 Gubici u bakru transformatora.

Gubici u bakru zavisni su od opterećenja, i iznose:

$$W_{Cu} = 3R_{Cu} \cdot \sum_t I^2 \cdot t = 3R_{Cu} \cdot A \quad (2), \quad \text{gde je aktivna otpornost namotaja transformatora:}$$

$$R_{Cu} = \frac{U_n^2 \cdot P_{gub}^{Cu}}{S_{inst}^2} \quad (3), \quad \text{pri čemu su:}$$

$U_n = 10$ kV – nazivna vrednost napona i

P_{gub}^{Cu} – tabelarne vrednosti snage gubitaka u bakru (podaci iz tab. 1 i 4, Prilog 1), za transformatore instalisane snage: $S_{inst} = 50, 100, 160, 250, 400, 630$ i 1000 kVA, respektivno, i to u dve varijante – za transformatore sa i bez smanjenih gubitaka. Tako se i za otpor namotaja transformatora, za svaku instalisanu snagu, dobijaju po dve vrednosti R_{Cu} – za slučaj smanjenih (redukovanih) gubitaka, R_{Cu}^r , i standardnih (normalnih), R_{Cu}^n .

2.2.3 Gubici u gvožđu. Gubici u gvožđu su nezavisni od opterećenja i postoje i u praznom hodu transformatora. Vrednosti snaga gubitaka u gvožđu date su u tabelarnim podacima (tab. 2 i 5 u prilogu 1), u obe varijante, P_{Fe}^r i P_{Fe}^n , a godišnja energija potrošena na gubitke u gvožđu dobija se njihovim množenjem sa 8760 h.

2.2.4 Troškovi gubitaka. Za cenu gubitaka u bakru, c_{Cu} , usvojena je prosečna cena električne energije, i to takođe u dve varijante: 5,0 EURcent/kWh – sada dostignuta vrednost i 7,7 EURcent/kWh – vrednost usvojena iz [7].

Za cenu gubitaka u gvožđu, c_{Fe} , u I varijanti proračuna usvojene su, respektivno, polovine vrednosti cena gubitaka u bakru: $c_{Fe} = c_{Cu} / 2$.

Naime, gubici u gvožđu se imaju sve vreme, i oni popunjavaju donju zonu dnevnog dijagrama opterećenja, radi koje se angažuju bazne elektrane u elektroenergetskom sistemu. Iz njih je proizvedeni kWh jeftiniji nego iz vršnih, koje popunjavaju vrhove opterećenja u dijagramu, tokom kojih su povećani gubici u bakru. Stoga sve studije i analize usvajaju približno upola manju cenu gubitaka u gvožđu, nego u bakru.

S obzirom na činjenicu da je naš elektroenergetski sistem prinuđen da u zimskom periodu uvozi električnu energiju po značajno većim cenama, i da se njome pokrivaju i jedni i drugi gubici, proračuni su ponovljeni i za krajnje aproksimirani slučaj (II varijanta proračuna), u kome su vrednosti jediničnih cena gubitaka u bakru i gvožđu izjednačene.

U obe varijante proračuna i podvarijante cena isporučenog kWh, eksploatacioni troškovi vezani za gubitke u bakru i gvožđu svedeni su na sadašnju vrednost, množenjem sa faktorom f_i :

$$f_i = \frac{(1+i)^N - 1}{(1+i)^N \cdot i} \quad (4), \quad \text{gde su:}$$

eskontna stopa: $i = 0,09 = 9\%$ i ukupan broj posmatranih godina (životni vek transformatora): $N = 40$; tako da je $f_i = 10,7574$.

2.2.5 Ukupni troškovi. Osnovni, investicioni troškovi su C_0 i oni se računaju u sadašnjem trenutku. Ukupni troškovi, sa uračunatim troškovima gubitaka u bakru, C_{Cu} , i gvožđu, C_{Fe} , svedenim na sadašnju vrednost, tada su:

$$C_{uk} = C_0 + f_i \cdot (C_{Cu} + C_{Fe}) \quad (5).$$

Kad se relacija (5) primeni respektivno na transformatore sa i bez smanjenih gubitaka, oduzimanjem jedne od druge dobija se razlika u troškovima, koja iznosi:

$$\Delta C_{uk} = \Delta C_0 - \frac{(1+i)^N - 1}{(1+i)^N \cdot i} \cdot \left| \Delta C_{uk}^{gub} \right| \quad (6), \quad \text{gde su:}$$

ΔC_0 – razlika u investicionim troškovima, a razlika u troškovima gubitaka:

$$\Delta C_{uk}^{gub} = (3,95 \cdot 10^{-7} \cdot W_{god}^{2,00645} \cdot 3 \cdot (R_{Cu}^r - R_{Cu}^n) + 8760 \cdot \frac{P_{Fe}^r - P_{Fe}^n}{2}) \cdot c_{Cu} < 0 \quad (7).$$

Detaljno izvođenje relacija (6) i (7) dato je u Prilogu 2.

U II varijanti proračuna, u jednačini (7), član u zagradi koji se odnosi na snage gubitaka u gvožđu, P_{Fe}^r i P_{Fe}^n tj. njihovu razliku, ne deli se sa 2, zbog izjednačavanja jedinične cene gubitaka u gvožđu, c_{Fe} , sa jediničnom cenom gubitaka u bakru, c_{Cu} .

2.3 Određivanje perioda otplate (isplativosti) investicije

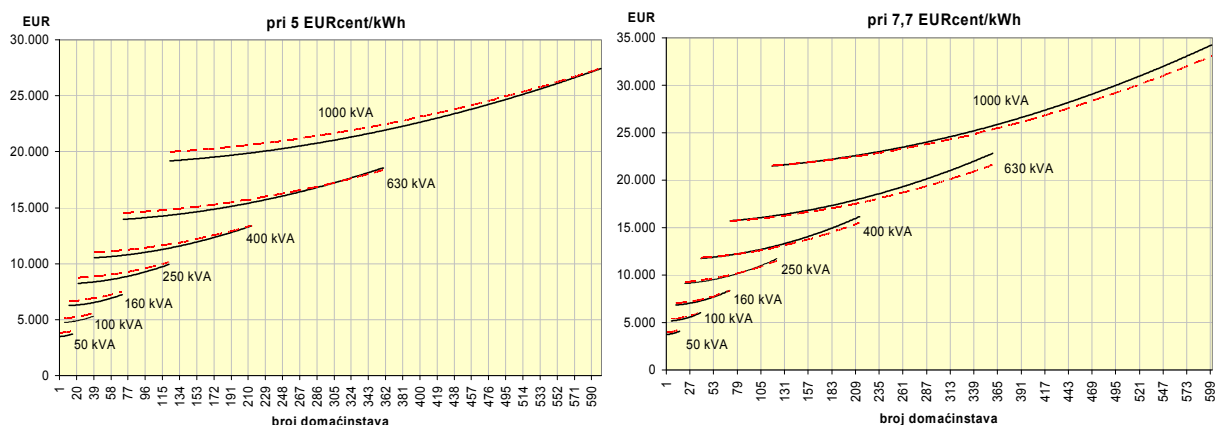
Godina u kojoj će se isplatiti ulaganje u transformator smanjenih gubitaka, određuje se iz uslova izjednačavanja razlike investicionih i razlike troškova gubitaka svedenih na sadašnju vrednost, tj. kad je u (6) $\Delta C_{uk} = 0$. Iz ovog uslova se dobija rok otplate investicije definisan relacijom (8). Njeno izvođenje dato je u prilogu 2.

Grafici na kojima je prikazana zavisnost perioda isplativosti ugradnje ovih transformatora od njihove opterećenosti, dati su na slici 3 za $c_{Fe}=c_{Cu}/2$, a za $c_{Fe}=c_{Cu}$ na slici 5, u poglavlju Rezultati proračuna.

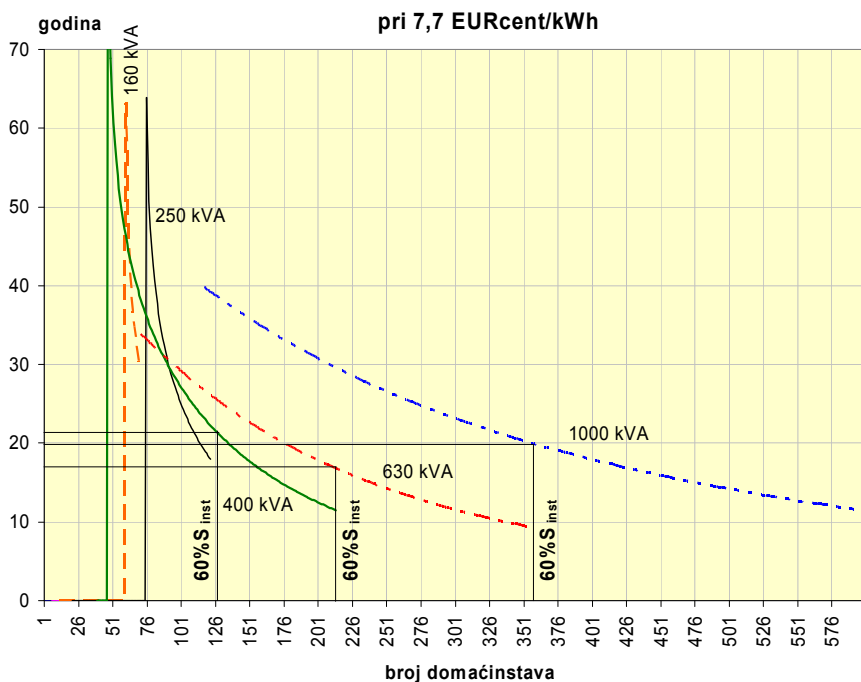
3 REZULTATI PRORAČUNA

3.1 I varijanta proračuna – za različitu cenu gubitaka u bakru i gvožđu

Za cenu gubitaka u bakru, tj. cenu isporučenog kWh od 0,05 EUR, približno jednaku vrednosti dostignutoj u 2007, i cenu gubitaka u gvožđu jednaku polovini te vrednosti, rezultati proračuna ukupnih troškova gubitaka tokom eksploatacionog veka transformatora svih tipiziranih snaga, dati su na slici 2, levo. Na njoj su punom linijom prikazani troškovi za transformatore sa standardnim gubicima, sračunati prema relaciji (5a.n), a isprekidanom – za transformatore sa smanjenim gubicima, prema relaciji (5a.r, Dodatak 2). Sa ovog grafika se vidi da u ovom trenutku, ugradnja transformatora sa smanjenim gubicima nije opravdana.



Slika 2 Ukupni troškovi transformatora za 40 godina, svedeni na sadašnju vrednost, u zavisnosti od broja napajanih domaćinstava, pri $c_{kWh} = c_{gub}^{Cu} = 2 \cdot c_{gub}^{Fe}$



$$N = \frac{\log\left(\frac{1}{1 - i \cdot \frac{\Delta C_0}{\Delta C_{uk}^{gub}}}\right)}{\log(1 + i)} \quad (8)$$

Slika 3 Period ekonomske isplativosti ugradnje ET sa smanjenim gubicima, pri $c_{kWh} = 0,077 \text{ EUR/kWh} = c_{gub}^{Cu} = 2 \cdot c_{gub}^{Fe}$

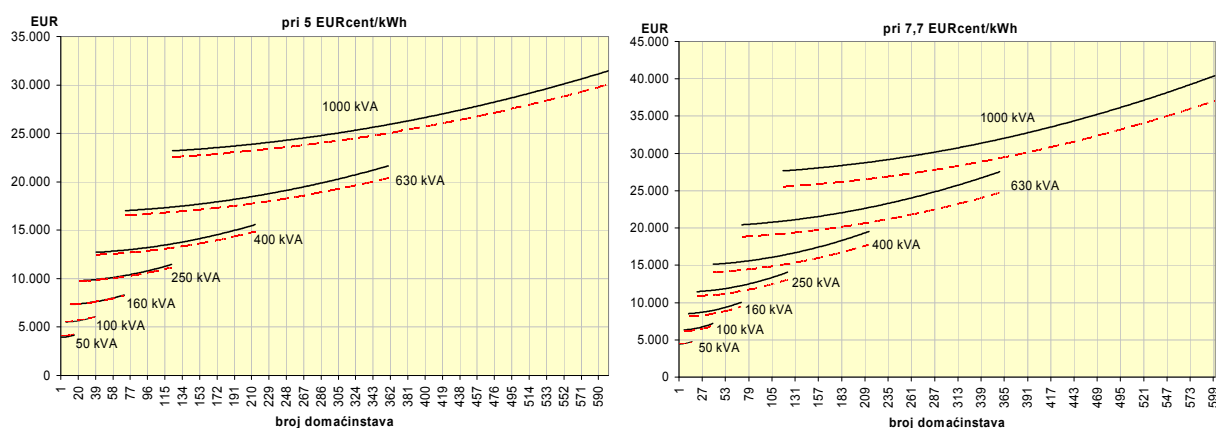
Međutim, očekuje se da cena električne energije nastavi da raste u narednom periodu, sve do dostizanja svoje ekonomske vrednosti. Kada bi se – za ceo životni vek transformatora – usvojila

prosečna vrednost isporučenog kWh od svega 0,077 EUR (troškovi zamenske elektrane), rezultati se značajno menjaju. Prikazani su na slici 2, grafik desno, sa koje se vidi da bi, za šire opsege opterećenja, opravdana bila ugradnja transformatorskih jedinica instalisane snage 400, 630 i 1000 kVA, sa smanjenim gubicima u gvožđu i bakru.

Za taj drugi slučaj, prosečne cene kWh od 0,077 EUR tokom razmatranog perioda od 40 godina, na slici 3 dat je prikaz zavisnosti perioda otplate investicije od vršnog opterećenja transformatora. Ovi rezultati dobijeni su prema relaciji (8). Kad se za grafike sa sl. 3 rokovi otplate predstave u zavisnosti od % S_{inst} ET, uočava se da se ugradnja jedinica snage 400, 630 i 1000 kV sa smanjenim gubicima isplati za oko 20 godina (polovinu životnog veka), ukoliko je vršno opterećenje transformatora veće ili jednako 60 % njegove S_{inst} .

3.2 II varijanta proračuna – za istu cenu gubitaka u bakru i gvožđu

Na način identičan prethodnom, samo uz promenu vezanu za vrednost cene gubitaka u gvožđu, koja je u ovoj varijanti izjednačena sa cenom gubitaka u bakru, dobijaju se rezultati prikazani na sl. 4 i 5.



Slika 4 Ukupni troškovi transformatora za 40 godina, svedeni na sadašnju vrednost, u zavisnosti od broja napajanih domaćinstava, pri $c_{kWh} = c_{gub}^{Cu} = c_{gub}^{Fe}$

Sa slike 4, grafik levo, očigledno je da bi se – za razliku od slučaja u kome su jedinični gubici u gvožđu vrednovani upola u odnosu na jedinične gubitke u bakru – za njihovu cenu od 5 EURcent/kWh ipak isplatila ugradnja transformatorskih jedinica sa smanjenim gubicima, većih instalisanih snaga od 160 kVA. Na desnom grafiku s iste slike, prikazan je slučaj kada je jedinična cena gubitaka u bakru i gvožđu 7,7 EURcent/kWh. Na njemu se vidi da se isplati ugradnja transformatorskih jedinica sa smanjenim gubicima, svih instalisanih snaga.

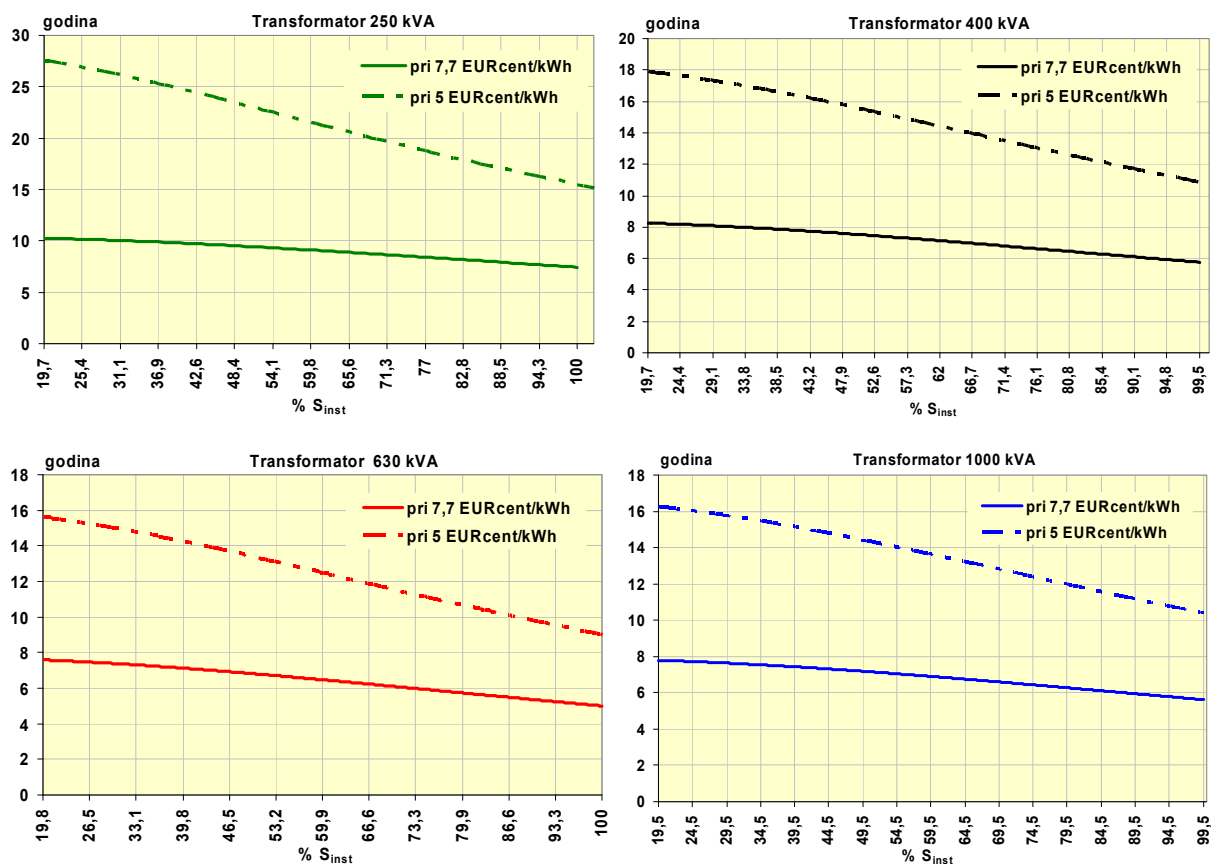
Sa oba ova grafika – još izraženije nego u prethodnoj varijanti proračuna – očigledno je da se uštede i isplativost povećavaju sa povećanjem instalisane snage transformatora. Isto važi i pri povećanju njihovog vršnog opterećenja, što je uočljivo na graficima sa slike 5. Na njima su prikazani periodi otplate za transformatore svake pojedinačne instalisane snage od 250 do 1000 kVA, u zavisnosti od njihovog vršnog opterećenja, sračunati su za obe varijante cene kWh, prema relaciji (8).

4 ZAKLJUČCI

Rezultati analize, za slučaj različite cene gubitaka u gvožđu i bakru, pokazali su da bi se isplatila ugradnja transformatorskih jedinica snage 400, 630 i 1000 kVA sa smanjenim gubicima, ukoliko bi cena električne energije ubrzo dostigla nivo od 7,7 EURcent/kWh.

Pritom treba težiti da već po puštanju u rad jedinica od 630 i 1000 kVA njihovo maksimalno godišnje opterećenje bude preko 60 % njihove instalisane snage. Kod jedinice od 400 kVA ovaj uslov treba da bude obavezujući, kako bi povraćaj uložene investicije takođe bio ostvaren za manje od 20 godina. Kod jedinica od 1000 kVA, zadovoljenje ovog kriterijuma je dodatno olakšano u velikom broju slučajeva, čestih u realnosti, kad se ovim jedinicama vrši zamena opterećenih transformatora snage 630 kVA.

Za slučaj iste cene gubitaka u gvožđu i bakru, ugradnja transformatora sa smanjenim gubicima isplati se znatno brže i pri postojećoj ceni električne energije od oko 5 EURcent/kWh, čak i za jedinice manje instalisane snage.



Slika 5 Period otplate transformatora 250, 400, 600 i 1000 kVA sa smanjenim gubicima, u zavisnosti od $P_{vršno}$, pri $c_{gub}^{Fe} = c_{gub}^{Cu}$

Ključne reči: gubici, tehno-ekonomska analiza, toplotni impuls, transformatori, troškovi

5 LITERATURA

- [1] Mr Slobodan Maksimović, Vladimir M. Šiljkut, 2006, "Procena gubitaka električne energije u 10 kV mreži", Drugo regionalno savetovanje o elektrodistributivnim mrežama i Peto savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Juko CIRED, Zlatibor.
- [2] Vladimir M. Šiljkut, mr Slobodan Maksimović, dr Miladin Tanasković, Goran Vulić, 2006, "Određivanje ekvivalentnog vremena trajanja maksimalnih gubitaka na osnovu raspoloživih merenja u »Elektrodistribuciji Beograd«, časopis "Elektrodistribucija", br. 1/2006.
- [3] Dobrovoje Stojanović, Lidija Korunović, Slađan Jovanović, Andrija Vukašinović, Miroslav Dočić, 2005, "Faktor gubitaka na distributivnom području JP »Elektrodistribucija Niš«, časopis "Elektroprivreda" br. 4, str. 51-61.
- [4] Tehnička preporuka br. 14 ED Srbije: „Planiranje elektrodistributivne mreže“, TP-14b: „Osnovni tehnički uslovi za planiranje, projektovanje i izgradnju niskonaponskih mreža i pripadajućih transformatorskih stanica 10(20)/0,4 kV stambenih naselja“, str. 3, jednačina (2).
- [5] Prof. dr Jovan Nahman, dr Vladica Mijailović, 2005, "Razvodna postrojenja", Akademska misao, Beograd, str. 32.
- [6] Nešo Mijušković, 1992, „Aktuelizacija troškova u planiranju elektrodistributivne mreže“, časopis "Elektroprivreda", br. 7-9, str 316-318.
- [7] Nada Obradović i ostali, 2007, Studija „Plan dugoročnog razvoja elektrodistributivne mreže EPS „Elektrodistribucija Beograd“ na širem gradskom području do 2025. godine“, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“, Beograd.

DODATAK 1 - Ulazni podaci korišćeni za izradu analize

TABELA 1 - Standardni gubici u Cu, struja i otpor namotaja

| S_n (kVA) | P_{Cu}^n (W) | I_n (A) | R_{Cu} (Ohm) |
|----------------|-------------------|--------------|-------------------|
| 50 | 1100 | 2,89 | 43,997 |
| 100 | 1750 | 5,77 | 17,499 |
| 160 | 2350 | 9,24 | 9,179 |
| 250 | 3250 | 14,43 | 5,200 |
| 400 | 4600 | 23,09 | 2,875 |
| 630 | 6500 | 36,37 | 1,638 |
| 1000 | 10500 | 57,74 | 1,050 |

TABELA 2 - Standardni gubici u Fe

| S_n (kVA) | P_{Fe}^n (W) |
|----------------|-------------------|
| 50 | 190 |
| 100 | 320 |
| 160 | 460 |
| 250 | 650 |
| 400 | 930 |
| 630 | 1300 |
| 1000 | 1700 |

TABELA 3 - Osnovna cena ET sa standard. gubic.

| S_n (kVA) | C_0^n (EUR) (W) |
|----------------|----------------------|
| 50 | 3.055 |
| 100 | 3.992 |
| 160 | 5.144 |
| 250 | 6.668 |
| 400 | 8.237 |
| 630 | 10.715 |
| 1000 | 14.822 |

TABELA 4 - Smanjeni gubici u Cu, struja i otpor namotaja

| S_n (kVA) | P_{Cu}^r (W) | I_n (A) | R_{Cu} (Ohm) |
|----------------|-------------------|--------------|-------------------|
| 50 | 875 | 2,89 | 34,998 |
| 100 | 1475 | 5,77 | 14,749 |
| 160 | 2000 | 9,24 | 7,812 |
| 250 | 2750 | 14,43 | 4,400 |
| 400 | 3850 | 23,09 | 2,406 |
| 630 | 5400 | 36,37 | 1,360 |
| 1000 | 9500 | 57,74 | 0,950 |

TABELA 5 - Smanjeni gubici u Fe

| S_n (kVA) | P_{Fe}^r (W) |
|----------------|-------------------|
| 50 | 125 |
| 100 | 210 |
| 160 | 300 |
| 250 | 425 |
| 400 | 610 |
| 630 | 860 |
| 1000 | 1100 |

TABELA 6 - Osnovna cena ET sa smanj. gubic.

| S_n (kVA) | C_0^r (EUR) (W) |
|----------------|----------------------|
| 50 | 3.513 |
| 100 | 4.591 |
| 160 | 5.916 |
| 250 | 7.668 |
| 400 | 9.473 |
| 630 | 12.322 |
| 1000 | 17.045 |

DODATAK 2 - Detalji metodologije primenjene u analizi i izvođenje obrazaca

Aktivna otpornost namotaja energetskog transformatora izračunava se na sledeći način:

$$R_{Cu} = \frac{P_{gub}^{Cu}}{3 \cdot I_n^2} = \frac{(1,732 \cdot U_n)^2 \cdot P_{gub}^{Cu}}{3 \cdot S_{inst}^2} = \frac{U_n^2 \cdot P_{gub}^{Cu}}{S_{inst}^2} \quad (3a)=(3).$$

Ukupni troškovi (5), uz svođenje troškova gubitaka u bakru i gvožđu na sadašnju vrednost, su:

$$C_{uk} = C_0 + \frac{(1+i)^N - 1}{(1+i)^N \cdot i} \cdot (3,95 \cdot 10^{-7} \cdot W_{god}^{2,00645} \cdot 3 \cdot R_{Cu} \cdot c_{Cu} + 8760 \cdot P_{Fe} \cdot c_{Fe}) \quad (5a).$$

Za ukupne troškove transformatora sa i bez smanjenih gubitaka, respektivno, tada se dobija:

$$C_{uk}^r = C_0^r + \frac{(1+i)^N - 1}{(1+i)^N \cdot i} \cdot (3,95 \cdot 10^{-7} \cdot W_{god}^{2,00645} \cdot 3 \cdot R_{Cu}^r + 8760 \cdot \frac{P_{Fe}^r}{2}) \cdot c_{Cu} \quad (5a.r) \text{ i}$$

$$C_{uk}^n = C_0^n + \frac{(1+i)^N - 1}{(1+i)^N \cdot i} \cdot (3,95 \cdot 10^{-7} \cdot W_{god}^{2,00645} \cdot 3 \cdot R_{Cu}^n + 8760 \cdot \frac{P_{Fe}^n}{2}) \cdot c_{Cu} \quad (5a.n).$$

U varijanti kad je $c_{Fe} = c_{Cu}$, P_{Fe}^r u (5a.r) i P_{Fe}^n u (5a.n) ne treba deliti sa 2. Rezultati dobijeni prema ovim jednačinama i podacima iz Dodatka 1, prikazani su na graficima sa slika 2 i 4, u poglavlju Rezultati proračuna. Razlika troškova varijanti ugradnje transformatora sa i bez smanjenih gubitaka dobija se oduzimanjem (5a.n) od (5a.r):

$$\Delta C_{uk} = C_{uk}^r - C_{uk}^n = C_0^r - C_0^n + \frac{(1+i)^N - 1}{(1+i)^N \cdot i} \cdot \Delta C_{uk}^{gub} \quad (6a), \text{ odakle se dobija (6), gde su:}$$

$$\text{razlika u investicionim troškovima: } \Delta C_0 = C_0^r - C_0^n \text{ i}$$

$$\text{razlika u troškovima gubitaka: } \Delta C_{uk}^{gub} = C_{gub}^r - C_{gub}^n \quad (7a).$$

Iz uslova izjednačenja ovih dveju razlika dobija se iz (6a):

$$\Delta C_{uk} = 0 = \Delta C_0 - \frac{(1+i)^N - 1}{(1+i)^N \cdot i} \cdot \left| \Delta C_{uk}^{gub} \right| \Rightarrow$$

$$\Delta C_0 = \frac{(1+i)^N - 1}{(1+i)^N \cdot i} \cdot \left| \Delta C_{uk}^{gub} \right| \quad (8a).$$

Rešavanjem (8a) po promenljivoj N, dobija se period otplate investicije, predstavljen sa (8).

$$(1+i)^N \cdot i \cdot \Delta C_0 = (1+i)^N \cdot \left| \Delta C_{uk}^{gub} \right| - \left| \Delta C_{uk}^{gub} \right| \Rightarrow$$

$$(1+i)^N \cdot (i \cdot \Delta C_0 - \left| \Delta C_{uk}^{gub} \right|) = - \left| \Delta C_{uk}^{gub} \right| \Rightarrow$$

$$N \cdot \log(1+i) = \log\left(\frac{\left| \Delta C_{uk}^{gub} \right|}{\left| \Delta C_{uk}^{gub} \right| - i \cdot \Delta C_0}\right), \text{ odakle se dobija (8).}$$