

Određivanje uštede u slučaju primjene izmjenjivača topline

Zdravko Poša, dipl. inž.,
58000 Split, Teutina 1

Projektiranje procesa sa izmjenjivačima topline ne bi se smjelo svesti samo na tehnički proračun parametara izmjenjivača. Regenerativno iskorištavanje topline u izmjenjivaču mora pružiti stanovitu dobit, da bi primjena bila opravdana, tj. investicija mora biti ekonomična.

U tekstu je izložen postupak određivanja uštede primjenom izmjenjivača, sa posebnim osvrtom na grijaače čiji je kapacitet podložan vanjskim temperaturnim uvjetima.

Projektanti su u svojoj praksi i ostvarenju zadataka, upućeni na tehničko rješavanje problema izmjene ili uštede topline. Ponekad, tek nakon završetka dokumentacije, rješenje se podvrgava ekonomskoj analizi. Ako se ustanovi da je ekonomičnost pogona mala, gotovo rješenje se mora mijenjati, troškovi smanjivati, a to u svakom slučaju zahtijeva dodatne napore i vrijeme. Pravilnim radom, uporedo sa tehničkim razmatranjima, treba vršiti kontrolu investicione opravdanosti.

Toplina, odnosno energija, svakim danom postaje skuplja. U primjenu se, pored alternativnih tj. obnovljivih izvora topline, u mnoge procese uvode izmjenjivači topline, kojima se inače izgubljena energija privodi korisnoj svrsi. Dimenzioniranjem izmjenjivača prema procesnim parametrima, određuju se u srazmjeri i troškovi instalacije i pogona. Tim troškovima mora stajati nasuprot i dobit koju očekujemo od iskorištenja topline u aparatu i korištenja te topline za određenu namjenu. Kriteriji za troškove, odnosno uštede moraju se od slučaja do slučaja ocjenjivati.

U ovom prikazu razmotriti ćemo neke slučajeve, pri čemu uvodimo godinu kao obračunsku vremensku jedinicu.

Izmjenjena toplina Q [kW] u svakom izmjenjivaču topline može se izračunati ili iz hlađenja ($t'_1 - t''_1$) jedne struje, ili iz grijanja ($t''_2 - t'_2$) druge struje vazduha, te je:

$$Q = G_1 c_{p1} \cdot (t'_1 - t''_1) = G_2 c_{p2} \cdot (t''_2 - t'_2) = F \cdot k \cdot \Delta t_m \text{ (kW)} \quad (1)$$

Iskorištena toplina (koja se prenosi u izmjenjivaču topline ušteduje odgovarajuću količinu goriva. Može se na osnovu specifične cijene određenog uštedenog goriva E [d/kWh] navesti određena cijena po izmjenjenoj jedinici topline, u d/kWh. Uzimajući u obzir sve gubitke u sistemu pretvorbe i transporta topline, cijena je:

$$C_e = \frac{E}{\eta_{\text{gen.}} \cdot \eta_{\text{cjev.}} \cdot \eta_{\text{izmj.}}} \text{ [d/kWh]} \quad (2)$$

Kod izmjenjivača kapaciteta Q biti će vrijednost godišnje iskorištene topline, tj. dobiti D :

$$D = Q \cdot C_e \cdot 8760 \cdot x \text{ [d/god.]} \quad (3)$$

ako je u godini dana izmjenjivač topline u pogonu $8760 \cdot x$ sati.

Investicioni troškovi C_i [d] terete izdatke u godišnjem iznosu:

$$I_1 = a \cdot C_i \text{ [d/god.]} \quad (4)$$

ako je a [d/god.] godišnja amortizacija uložene investicije.

Rad uređaja zahtijeva godišnje izdatke za pogon, koji obuhvaćaju troškove angažirane energije Q' i radnog vremena.

$$I_2 = Q' \cdot C'_e \cdot 8760 \cdot x + C_{R.S.} \cdot s \text{ [d/god.]} \quad (5)$$

Troškovi održavanja uređaja su većinom mali i mogu se u gruboj procjeni i zanemariti. Ukupni izdaci pogona tako iznose:

$$I = I_1 + I_2 = a \cdot C_i + Q' \cdot C'_e \cdot 8760 \cdot x + C_{R.S.} \cdot s \text{ [d/god.]} \quad (6)$$

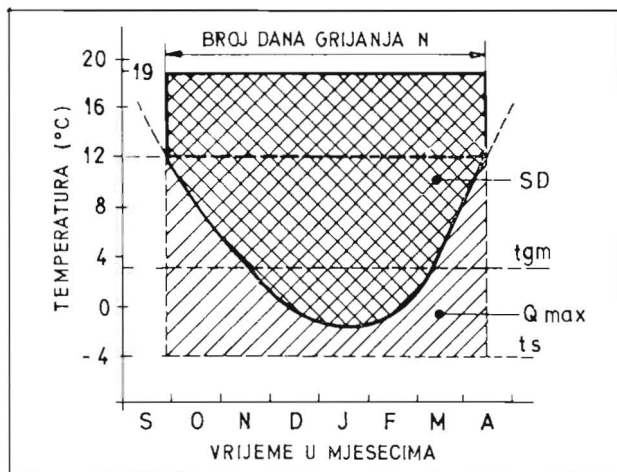
Razlika dobiti i izdataka daje godišnju uštedu U , koja mora postojati za opravdanu investiciju:

$$D - I = U \geq 0 \text{ [d/god.]} \quad (7)$$

Uvrštavanjem prije izračunatih vrijednosti u (7) dobija se osnovna jednadžba godišnjih ušteda:

$$U = 8760 \cdot x \cdot (Q \cdot C_e - Q' \cdot C'_e) - a \cdot C_i - C_{R.S.} \cdot s \text{ [d/god.]} \quad (8)$$

U našim razmatranjima i proračunima ne smije se predvidjeti da će neke od spomenutih veličina obično biti dosta nepouzdana. Nepouzdana mogu biti npr. podaci o faktoru vremenskog iskorištenja x , jer se vremensko iskorištenje iz-



Slika 1.

izmjenjivača teško može proračunati unaprijed. Kada su ulazni podaci nepouzdana, ne može se od rezultata očekivati velika točnost.

I izmjenjena toplina Q može biti vrlo promjenljiva vrijednost. Ona je obično zadana sa maksimalnim vrijednostima toplinskih sudionika, što u stvarnom radu izmjenjivača može biti rijedak slučaj. Stvarna izmjenjena toplina tokom godine dana je mnogo manja, što direktno smanjuje uštedu promatranog izmjenjivača.

Izraziti primjer takovog rada su grijači, kod kojih je jedan od toplinskih sudionika pod direktnim utjecajem vanjskih temperaturnih uvjeta. Za taj slučaj, pri određivanju stvarne godišnje izmjenjene topline, može se primijeniti koncept broja stepen-dana [SD]. Vrijednosti SD su dobivene na osnovu mjerenih srednjih vrijednosti spoljnih temperatura u dužem periodu vremena.

Za područje SFRJ proračunati su za veća mjesna vrijednosti SD, broja dana grijanja N i spoljna temperatura t_s , i objavljene u literaturi. Iz dijagrama stepen-dva (slika 1) vidi se u grafičkom prikazu odnos stvarne izmjenjene topline prema maksimalnoj izmjenjenoj toplini kao:

$$\frac{Q}{Q_{\max}} = \frac{SD}{N \cdot (19 - t_s)} \quad (9)$$

Dani odnos vrijedi, kako je vidljivo na slici 1, za raspon temperatura od t_s do 19 [°C] koja predstavlja srednju unutarnju temperaturu. Za neki temperaturni nivo t_s [°C], različit od 19 , vrijednost brojnika i nazivnika u izrazu (9) treba korigirati izrazom $N \cdot (t_s - 19)$.

Raspoloživi broj sati pogona izmjenjivača u toku godine dana x u skladu sa prethodnim iznosi:

$$x = \frac{N \cdot h}{365 \cdot 24} \quad (10)$$

gdje je h broj sati dnevnog rada instalacije.

Uvrštavanjem vrijednosti Q i x u jednakost (8) dobija se vrijednost stvarnih ušteda. Za toč-

nije rezultate pri numeričkom proračunu, potrebno je uvrštavati podatke, zbog stalnih promjena na tržištu, sa referentnim datumom.

U izrazu (8) postoje veličine koje ovise o vrsti izmjenjivača i one koje ovise samo o ekonomskim uvjetima. Pored dosadašnjih razmatranja o tehničkim veličinama, moramo spomenuti i ekonomske, od kojih je najvažnija stopa amortizacije, a koja je bazirana na vremenu amortizacije uložene investicije. U dobro projektiranom postrojenju vrijeme amortizacije ni u kojem slučaju ne može biti duže od vijeka trajanja instalacije. Realno je pitanje kako odrediti to vrijeme kada se stalno mijenja vrijednost uloženog novca, a i cijena uštedenog goriva zbog inflacije. Iz ekonomskih analiza poznat je popravni koeficijent R :

$$R = \frac{1 + i/100}{1 + r/100} \quad (11)$$

gdje je i [%] stopa godišnje inflacije, a r [%] kamatna stopa na uloženi novac. Sa gornjom vrijednošću dobivamo vrijeme amortizacije n [god.] kao:

$$n = \frac{\ln [1 + C_i/U \cdot (1 - 1/R)]}{\ln R} \quad [\text{god.}] \quad (12)$$

koji dalje koristimo u proračunu amortizacione stope. Vidljivo je iz izraza da godišnju ostvarenu dobit moramo prvo pretpostaviti za proračun, a kasnije, ukoliko se ne poklopi sa proračunatom, vršiti korekciju sistemom smanjivanja razlike.

Osnovna jednažba (8) može nam dalje poslužiti i za detaljnija razmatranja u vezi sa ekonomičnošću instalacije. Varirajući neke od veličina u jednažbi prema poznatoj zakonitosti, možemo dobiti odgovor na različita važna pitanja, kao:

- koje su veličine izmjenjivača, tj. Q , sa kojima uštede U nestaju ili su pak maksimalne;
- koje su granične vrijednosti stope odnosno vremena amortizacije pri kojima uštede nestaju.

Neke od tih odgovora, kao i šira objašnjenja, možemo naći u navedenoj literaturi. U ovom prikazu ograničili smo se na osnovne postavke koje bi trebalo biti neophodne u svakodnevnoj praksi rješavanja primjene i ekonomičnosti izmjenjivača topline.

Pregled oznaka

Q [kW]	— izmjenjena toplina u izmjenjivaču topline
G [kg/s]	— količina tvari
c_p [J/kg K]	— specifična toplina (specifični toplotni kapacitet)
t [K]	— temperatura

(Nastavak na 61. str.)

(Nastavak sa 58. str.)

Δt_m [K]	— srednja razlika temperatura u izmjenjivaču
t_s [K]	— spoljna projektna temperatura
F [m ²]	— površina izmjenjivača
k [W/m ² K]	— koeficijent prolaza topline
E [d/kWh]	— specifična cijena goriva po razvijenom toplinskom učinku
η	— stepen iskoristivosti
C_e [d/kWh]	— cijena topline, energije
x	— omjer pogonskih sati i sveukupnih sati u godini
$C_{R.S.}$ [d/h]	— cijena radnog sata
C_i [d]	— cijena investicije koja se odnosi na sistem izmjenjivača topline
a [d/d/god.]	— godišnja amortizaciona stopa
s [h/god.]	— broj radnih sati utrošenih za pogon i servisiranje instalacije
h [h/dan]	— broj sati dnevnog rada instalacije
SD [°dan]	— vrijednost stepen-dana
N [dan]	— broj dana grijanja
i [%]	— stopa inflacije
r [%]	— kamatna stopa
n [god.]	— vrijeme amortizacije investicije.

Klimatizacija grijanje hlađenje • Broj 4/1988.

Literatura

- [1] BOŠNJAKOVIĆ, F.: *Nauka o toplini*, II, Tehnička knjiga, Zagreb, 1976.
- [2] MATIĆ, M.: *Ekonomija u projektovanju*, KGH 1/1988.
- [3] NOVAK, P.: *Ekonomičnost sunčanih sistema*, KGH 3/1979.

•