

ŠTA SE MOŽE OČEKIVATI OD APSORPCIONE RASHLADNE MAŠINE?

FRANC KOSI, JELA BURAZER, UROŠ MILOVANČEVIĆ, MILENA STOJKOVIĆ, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd 35

U radu je izložena termodinamička analiza rashladnog ciklusa apsorpcionog rashladnog uređaja sa smesom voda–amonijak kao rashladnim fluidom. Instalacija sadrži rektifikacionu kolonu i dodatne razmenjivače toplote u cilju povećanja termodinamičke efikasnosti hlađenja. Dati su šema i opis sistema i procedure proračuna. Priložena je tabela sa izračunatim veličinama stanja. Navedene su karakteristike uporednog levokretnog ciklusa sa kompenzacionim procesom zasnovanim na dovođenju rada. Zaključeno je da apsorpciona mašina pod određenim uslovima može da bude uporediva sa kompresorskom pod uslovom da se preduzmu sve mere za poboljšanje rashladnog ciklusa apsorpcione mašine

KLJUČNE REČI: apsorpcioni rashladni uređaj; termodinamička analiza; kompresorski rashladni uređaj

WHAT CAN BE EXPECTED FROM ABSORPTION REFRIGERATION SYSTEMS?

A thermodynamic analysis of water – ammonia absorption refrigeration cycle is given in this paper. The refrigeration device includes a rectification column and additional heat exchangers, aimed at increasing thermodynamic efficiency of the refrigeration cycle. The system scheme and description, calculation procedure and table containing calculated values are given. The characteristics of the standard reversed cycle with compensation process based on mechanical work are given. It was concluded that, under certain conditions, the absorption refrigeration system can be comparable to the compression machine, if all the measures for improvement of the absorption refrigeration cycle were undertaken

KEY WORDS: absorption refrigeration machine; thermodynamic analysis; compression refrigeration machine

1. Uvod

Energetska kriza i problem globalnog zagrevanja obnovili su poslednjih decenija interes za rashladnim mašinama pogonjenim toplotom (sorpcionim i ejektorskim). Tome su znatno doprineli unapređeni postupci eksploatacije izvora prirodnog gasa, širenje primene obnovljivih izvora energije, kao i ubrzani razvoj novih tehnologija energetskih pretvaranja, uključujući i energetski efikasne komponente sistema za kombinovanu „proizvodnju“ mehaničkog rada, toplote i „hladnoće“.

Od mašina pogonjenih toplotom, apsorpcioni rashladni uređaji (ARU) zadobijaju posebnu pažnju, pošto njihovi rashladni učinci mogu da budu od najmanjih (npr. za kućne hladnjake), pa do velikih rashladnih postrojenja industrijskog tipa; osim toga za pogon ARU mogu da se koriste niskopotencijalni toplotni izvori („otpadna“ toplota gasnih ili

parnih turbina, sunčeva, geotermalna i energija biomase). Apсорpcioni rashladni uređaji nemaju uticaja na ozonski sloj, a pošto za pogon mogu da koriste otpadnu toplotu gasnih ili parnih turbina, njihova implementacija u sveukupne energetske tokove složenih procesnih sistema, može značajno doprineti smanjenju globalnog zagrevanja.

Radne materije apсорpcionih mašina su najčešće *binarne mešavine*. U industriji se uglavnom koriste apсорpcione mašine sa binarnom smesom vode i amonijaka (voda kao apсорbent), a u klimatizaciji litijumbromidske apсорpcione mašine (voda kao rashladni fluid). Apсорpcione mašine koje rade sa drugim mešavinama sreću se veoma retko; tek u novije vreme, neke smese se ispituju i u retkim slučajevima primenjuju (metilamin/voda ili metanol/voda). Primena smese litijumbromid–voda, iz očiglednih razloga, ograničena je na temperature isparavanja iznad 0 °C; i pored tehničkih problema vezanih za održavanje dobrog vakuuma

u isparivaču i apsorberu, njihov razvoj teče ubrzanim tempom i danas se na tržištu mogu naći u velikom asortimanu veličina i oblika kao i rashladnih učinaka, prilagođenih posebno za hladnjake vode („čilere“) u mnogobrojnim primenama u klimatizaciji. Međutim, u ovom radu, smatraće se da je primarni cilj analiza ARU koji rade sa temperaturama isparavanja nižim od 0 °C, za primenu u industrijskim rashladnim sistemima, kada smesa „voda–amonijak“ kao radni fluid predstavlja jedino tehnički i ekonomski prihvatljivo rešenje.

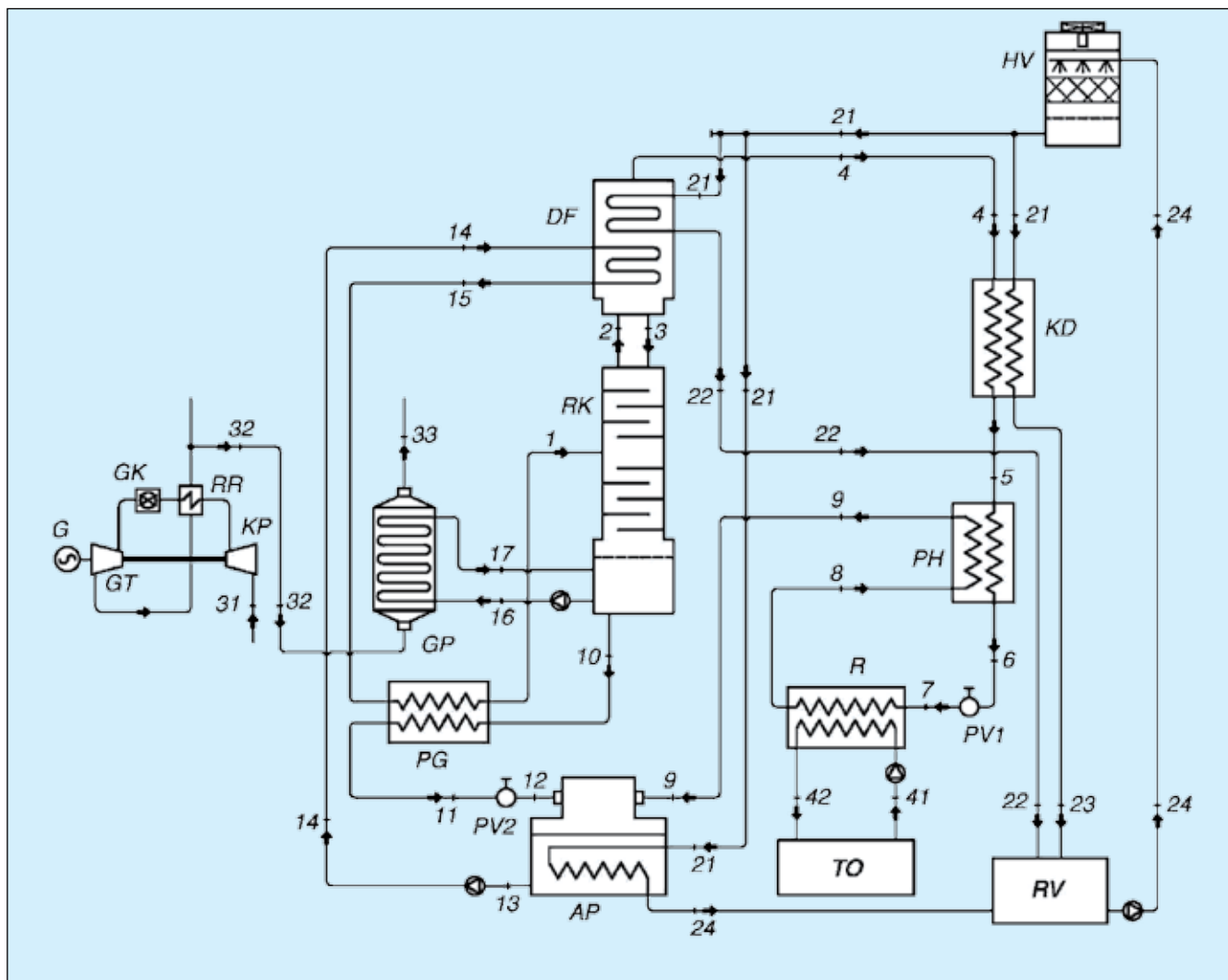
U poređenju sa kompresorskim rashladnim mašinama (i toplotnim pumpama), glavni nedostatak apsorpcionih rashladnih uređaja je njihov niži eksergetski stepen korisnosti. Šire posmatrano, kompresorska mašina se sastoji od dva mehanički spregnuta ciklusa (desnokretnog ciklusa toplotnog motora kojim se proizvodi rad za pogon kompresora i levokretnog ciklusa pogonjenog tim radom). U toplotno spregnutim ciklusima apsorpcione mašine izbegnuti su gubici pri konverziji eksergije radne materije u mehanički rad desnokretnog ciklusa toplotnog motora i pri konverziji tog istog mehaničkog rada u eksergiju radne materije koja obavlja levokretni ciklus. Međutim, kod apsorpcione mašine zajednički pritisak u generatoru i kondenzatoru, kao i u isparivaču i apsorberu imaju za rezultat veće gubitke u poređenju sa mehanički spregnutim ciklusima kada se vrste

radne materije i pritisci u generatoru pare toplotnog motora i kondenzatoru rashladne mašine biraju nezavisno. Osim toga, gubici u apsorberu usled mešanja struja različitih temperatura i koncentracija, kao i gubici pri razmeni toplote u generatoru koji su naročito veliki u slučaju kada je temperatura izvora pogonske toplote visoka, uslovljavaju da ciklus apsorpcione mašine postaje termodinamički znatno nepovoljniji u poređenju sa mehanički spregnutim ciklusima.

Znatno poboljšanje utroška toplote i rashladne vode može se postići ugradnjom rekuperativnog razmenjivača toplote između vrelog osiromašenog rastvora koji iz generatora pare ide u apsorber i hladnog obogaćenog rastvora koji struji u suprotnom smeru. Takođe, pozitivan uticaj ima i ugradnja rekuperativnog razmenjivača toplote (prehlađivač kondenzata) između kondenzata koji ide ka isparivaču i hladne pare koja iz isparivača ide u apsorber. Koncentracija rashladnog fluida (amonijaka) u pari koja izlazi iz generatora može se povećati postavljanjem rektifikacione kolone sa deflegmatom, što znatno doprinosi povećanju efikasnosti mašine.

2. Opis rada ARU

Na slici 1, prikazan je kogeneracioni sistem koji se sastoji od tri podsistema, od kojih će apsorpcioni hladnjak za



Slika 1. Šematski prikaz kogenerativnog sistema; GP – generator pare, RK – kolona za jačanje i iscrpljivanje, DF – deflegmator, HV – hladnjak vode (rashladna kula), KD – kondenzator, HA – kondenzator vlažne pare iz apsorbera, R – isparivač (hladnjak sekundarnog rashladnog fluida), PH – prehlađivač kondenzata, AP – apsorber, TO – toplotno opterećenje (hladeno telo), PG – predgrejač, RV – rezervoar vode, KP – vazdušni kompresor, GK – komora za sagorevanje, GT – gasna turbina, G – generator električne struje, RR – rekuperator toplote

hlađenje sekundarnog rashladnog fluida („rasoline“) biti predmet posebne pažnje. U desnokretnoj mašini (gasna turbina koja radi po Džulovom ciklusu, sa rekuperacijom toplote u cilju „karnotizacije“), dobija se rad i odgovarajuća količina gasovitih produkata sagorevanja temperature oko 300 °C. Deo ili ukupna količina gasova prolazi kroz razmenjivač toplote (GP) predajući unutrašnju energiju radnoj materiji u apsorpcionom rashladnom uređaju. Toplotno opterećenje rashladne instalacije potiče usled hlađenja sekundarnog rashladnog fluida; u razmatranom slučaju usvojeno je da je rasolina 30% vodeni rastvor etilen-glikola koji se hladi u razmenjivaču toplote R i koristi za zadovoljavanje rashladnih potreba potrošača TO.

Jaki parni rastvor sa masenim udelom amonijaka od 0,995 vodi se u kondenzator KD (slika 1) gde se kondenzuje rashladnom vodom koja se priprema u rashladnoj kuli HV. Nakon kondenzacije, smesa struji kroz rekuperativni razmenjivač toplote PH u kome se toplota prehladivanja kondenzata predaje hladnoj pari koja dolazi iz isparivača (hladnjaka rasoline). Nakon prigušivanja u ventilu PV1, vlažna para stanja 7 (veličine stanja radnih fluida u karakterističnim tačkama date su u tabeli 2) struji u isparivač gde prima toplotu od hlađene rasoline i preko razmenjivača toplote PH odvodi u apsorber.

„Slabi“ rastvor stanja 10 vodi se preko razmenjivača toplote PG u prigušni ventil PV2 i odatle u apsorber AP. Razmenjivač toplote PG ima ulogu predgrejača tečnog rastvora pre uvođenja u kolonu za rektifikaciju sa ciljem značajnog snižavanja potrebne toplote za zagrevanje i isparavanje smese na dnu kolone. U apsorberu se vrši „apsorpcija“, odnosno neadijabatsko izobarsko mešanje hladne pare iz isparivača stanja 9 i toplijeg tečnog rastvora stanja 12. U rashladnoj tehnici se ovaj proces mešanja naziva „apsorpcija“ i načelno se razlikuje od „procesa apsorpcije“ koje se često koristi u tehnološkim operacijama razdvajanja smesa. Odvođenje toplote tokom procesa apsorpcije je potrebno da bi se smanjio protok slabog rastvora iz kolone što doprinosi povećanju energetske efikasnosti čitavog procesa hlađenja. Veoma je interesantna i mogućnost da se nakon razmenjivača toplote PG, tečni rastvor dodatno predgreva delom (ako postoje temperaturni uslovi) toplote deflegmacije, kako je to prikazano na slici 1.

Dovođenje toplote za zagrevanje rastvora na dnu kolone odvija se eksternim zagrevačem GP, u kome se kao topliji fluid koristi „otpadna toplota“ toplih gasova iz postrojenja gasne turbine.

Sistem za isparavanje radnog fluida pre uvođenja u kondenzator je kombinovana kolona („kolona za rektifikaciju“) koja se sastoji od kolone za iscrpljivanje (slabljenje) i kolone za jačanje na čijem se vrhu nalazi deflegmator („parcijalni kondenzator“, u kome se vrši delimična kondenzacija pare) sa ciljem pojačavanja sastava odlazne pare. Para koja struji ka kodenzatoru i isparivačima mora biti praktično čist amonijak, pošto kondenzovana voda (eventualno prisutna u parnoj smesi) nakon prigušivanja i smrzavanja stvara brojne tehničke i druge probleme u radu uređaja.

Za potrebe odvođenja toplote od rashladnog fluida u kondenzatoru i apsorberu, koristi se voda koja se priprema u rashladnoj kuli HV; nakon prolaza kroz razmenjivače toplote, voda se skuplja u posebnom rezervoaru RV i pumpom prebacuje na vrh rashladne kule.

Opisani sistem pretenduje da bude tehnički izvodljiv, energetski efikasan, lak i jednostavan za primenu i održavanje; u ovom radu poslužiće kao „referentni“ sistem za proračun merodavnih pogonskih parametara ARU i za termodinamičko upoređenje sa kompresorskim rashladnim mašinama.

3. Spoljašnji uslovi koji određuju rad ARU i kompresorske rashladne mašine

U ovom radu će uslovi rada ARU i uporedne kompresorske rashladne mašine biti definisani na način koji sledi u nastavku.

Za rashladni fluid u kompresorskoj rashladnoj mašini (KRM) usvojiće se amonijak, koji ima superiorne termodinamičke osobine u odnosu na druge rashladne fluide. Temperatura isparavanja u KRM je $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. U „našim uslovima“, može se računati sa temperaturom po vlažnom termometru atmosferskog vazduha od $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$, pa će za uobičajene konstrukcije i dimenzije rashladnih kula biti usvojena temperatura vode $+29/+34\text{ }^{\circ}\text{C}$; sa ovim, usvojena temperatura kondenzacije za obe mašine biće $+37\text{ }^{\circ}\text{C}$. To je nešto više od temperature kondenzacije od $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ na kojoj bi radio evaporativni kondenzator kompresorske mašine, ali je to urađeno iz razloga usvajanja jednakih uslova za poređenje rashladnih uređaja.

U ovom radu je, kao parametar, usvojen rashladni učinak od 450 kW. Amonijačni ARU se primenjuju i za vrlo velike učinke (i do nekoliko MW u jednom agregatu); vrednost od 450 kW je usvojena kao „tipičan“ rashladni učinak jednog industrijskog rashladnog kompresora (za usvojene uslove rada to bi odgovaralo vijčanom kompresoru zapremine oko $900\text{ m}^3/\text{h}$ i efektivnoj snazi na vratilu kompresora od oko 160 kW).

Iako su klasični termodinamički grafički postupci proračuna nezamenljiv alat pri analizi termotehničkih sistema, za inženjerski proračun i simulaciju rada apsorpcionih rashladnih sistema neophodan je jednostavan i efikasan matematički aparat za određivanje termofizičkih parametara radnog fluida. Zahvaljujući značajnim istraživačkim naporima, u poslednje vreme razvijene su nove metode i unapređeni modeli proračuna bazirani na obimnim eksperimentalnim podacima. U ovom radu, merodavni termofizički parametri radnih fluida sistema određivani su prema [9], a svi proračuni izvršeni su korišćenjem programskog paketa MathCAD.

Sekundarni fluid koji se hladi u isparivaču ARU je 30% vodeni rastvor etilen-glikola čiji su termofizički parametri dati u tabeli 1.

Tabela 1. Termofizički parametri sekundarnog rashladnog fluida

Srednja temperatura fluida	$-6\text{ }^{\circ}\text{C}$
Gustina	$1053,32\text{ kg/m}^3$
Specifični toplotni kapacitet	$3,573\text{ kJ/(kgK)}$
Toplotna provodljivost	$0,421\text{ W/mK}$
Dinamička viskoznost	$523,522 \cdot 10^{-5}\text{ Pa}\cdot\text{s}$
Temperatura smrzavanja	$-15,79\text{ }^{\circ}\text{C}$

Svi proračuni sprovedeni su pretpostavljajući sledeće uslove:

- ustaljeno stanje sistema,
- termodinamička ravnoteža u svim stanjima radnih fluida,
- maseni udeo pare koja napušta kolonu (stanje 4): 0,995,
- promena temperature sekundarnog rashladnog fluida u razmenjivaču toplote R: od $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- temperatura vlažne pare posle prigušivanja u PV1 (stanje 7) na ulazu isparivač R: $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabela 2. Veličine stanja radnih fluida u karakterističnim tačkama

Stanje	Radni fluid	Temperatura	Maseni udeo	Pritisak	Specifična entalpija	Maseni protok	Stepen suvoće pare
/	/	°C	kg/kg	bar	kJ/kg	kg/s	kg/kg
1	H ₂ O-NH ₃	83,1	0,464	14,296	128,2	2,779	/
2	H ₂ O-NH ₃	112,2	0,948	14,296	1525	0,0742	/
3	H ₂ O-NH ₃	73,4	0,525	14,296	87,1	0,397	/
4	H ₂ O-NH ₃	73,4	0,995	14,296	1369,6	0,397	/
5	H ₂ O-NH ₃	40	0,995	14,296	170,8	0,397	/
6	H ₂ O-NH ₃	13,7	0,995	14,296	57,5	0,397	/
7	H ₂ O-NH ₃	-15,1	0,995	2,155	-69,5	0,397	0,146
8	H ₂ O-NH ₃	-13,9	0,995	2,155	1217,7	0,397	0,98
9	H ₂ O-NH ₃	10	0,995	2,155	1284,6	0,397	1
10	H ₂ O-NH ₃	100,3	0,375	14,296	216,5	2,382	/
11	H ₂ O-NH ₃	60,3	0,375	14,296	26,4	2,382	/
12	H ₂ O-NH ₃	60,3	0,375	2,155	26,4	2,382	/
13	H ₂ O-NH ₃	39,9	0,464	2,155	-77,3	2,779	/
14	H ₂ O-NH ₃	40,1	0,464	14,296	-76,5	2,779	/
15	H ₂ O-NH ₃	46,3	0,464	14,296	-47,6	2,779	/
16	H ₂ O-NH ₃	100,3	0,375	14,296	216,5	4,503	0
17	H ₂ O-NH ₃	110,9	0,375	14,296	435,7	4,503	0,12
21	Voda	29	/	1,01			/
22	Voda	34	/	1,01			/
23	Voda	34	/	1,01			/
24	Voda	34	/	1,01			/
31	Vazduh	20	/	1,03	/		/
32	Gas	280	/	1,01	/		/
33	Gas	150	/	1,01	/		/
41	Rasolina	-4	0,3 (H ₂ O-EG)	1,9	-14,292	31,459	/
42	Rasolina	-8	0,3 (H ₂ O-EG)	1,9	-28,584	31,459	/

4. Rezultati proračuna

Proračun rashladne instalacije (ARU) sproveden je matematičkim modelom baziranim na zakonima održanja supstancije i energije. Svaka komponenta sistema ponaosob razmatrana je kao kontrolna zapremina i za svaku od njih su formirane jednačine materijalnog i energetskog bilansa zasnovane na jednačini kontinuiteta i Prvom zakonu termodinamike, uzimajući u obzir masene protoke radnih fluida i razmenu toplote i rada. Rezultati proračuna dati su u tabeli 2. Na osnovu velikog broju razmatranih varijanti, predloženo rešenje pretenduje da bude „optimalno“ za zadate uslove rada, iako, naravno, ne treba smetnuti sa uma da su uvek moguća dodatna poboljšanja procesa, posebno u sferi proračuna kolone za rektifikaciju.

Grafički opis procesa dat je uprošćenim dijagramskim prikazom toplote hlađenja i toplote potrebne za pogon procesa (obe toplote su svedene na jedan kilogram pare jakog rastvora stanja 4) u Merkel-ovom dijagramu (specifična entalpija–sastav smese izražen masenim udelom amonijaka) na slici 2. Iako se u literaturi procesi apsorpcionih rashladnih mašina radije prikazuju i analiziraju u Dühring-ovom dijagramu [4, 5, 9], u ovom radu je izabran Merkel-ov dijagram. Ovakav izbor daje bolje mogućnosti analiziranja toplotnih pojava, a sa druge strane pogodan je za prikazivanje procesa rektifikacije koji je od ključnog značaja za efikasan i

nesmetani rad uređaja. Prikaz takođe ilustruje i najefikasniji način za energetske poboljšanje procesa, predgrevanje jakog rastvora korišćenjem toplote tečnosti iz kolone koja struji ka apsorberu (u razmenjivaču toplote PG). Maseni sastavi radnog fluida (smese voda–amonijak) dati u tabeli 2 i na dijagramu na slici 2, rezultat su višestrukog ponavljanja proračuna u procesu zadovoljavanja osnovnih jednačina bilansa supstancije i energije, a u nastojanju utvrđivanja određenog optimalnog scenarija rada uređaja.

Kao što je uobičajeno, energetski kvalitet rada kompresorske rashladne mašine ocenjuje se pomoću koeficijenta hlađenja:

$$\varepsilon = \frac{Q_O}{W} \quad (1)$$

gde je Q_O , kW – toplota hlađenja, a W , kW – rad ciklusa. Kvalitet rada sorpcionih i ejektorskih toplotnih mašina (mašine pogonjene toplotom) ocenjuje se pomoću rashladnog odnosa (“rashladnog koeficijenta”):

$$\xi = \frac{Q_O}{Q_p} \quad (2)$$

gde je Q_p , kW – pogonska toplota (toplota potrebna za pogon procesa).

Sa podacima navedenim u tabeli 2, za dati ARU, dobijaju se sledeće vrednosti toplotnih protoka:

– toplota odvedena u apsorberu: 795,2 kW;

- toplota odvedena u kondenzatoru: 494,6 kW;
- toplota odvedena u deflegmatoru (rashladnom vodom): 54,3 kW;
- pogonska toplota: 864,2 kW;
- rashladni učinak: 450 kW.

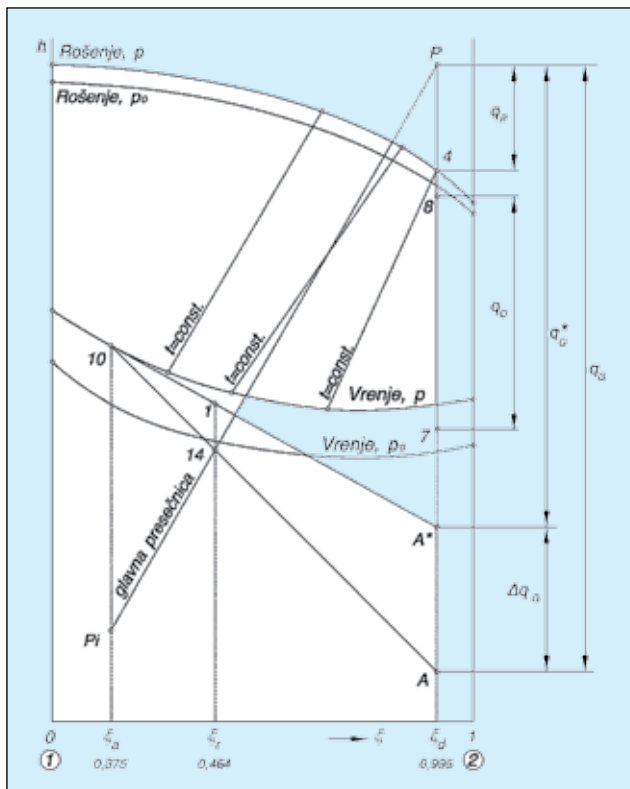
Sa ovim, rashladni koeficijent ARU iznosi 0,523.

Za iste uslove rada (iste temperature toplotnog izvora i ponora) u levokretnom ciklusu kompresorske rashladne mašine sa vijčanim kompresorom i amonijakom kao rashladnim fluidom, dobijaju se sledeći rezultati:

- temperatura isparavanja: -15 °C,
- temperatura kondenzacije: +37 °C,
- pregrevanje na usisu: 0 °C,
- prehlađivanje kondenzata: 0 °C,
- rashladni učinak: 450 kW,
- efektivna snaga EM: 166,1 kW (sa stepenom dobrote kompresije 0,7),
- potrebna zapremina kompresora: 881,3 m³/h,
- koeficijent hlađenja: 2,709.

5. Analiza rezultata i zaključak

Rashladni odnos ARU je relativno nizak i pored svih preduzetih mera za poboljšanje procesa. Ako bi se u razmatranim



Slika 2. Toplota hlađenja i pogonska toplota procesa svedene na 1 kg pare jakog rastvora stanja 4

uslovima primenila dvostepena apsorpciona mašina, rashladni količnik bi se povećao za oko 18% i mogao bi dostići vrednost od oko 0,62. Međutim, takva instalacija bila bi opterećena većim brojem i obimom razmenjivača toplote, dakle većom cenom nabavke, pa dalja analiza u tom smislu ulazi u složenu problematiku optimizacije uređaja i pogona.

U cilju ravnopravnih uslova poređenja, u proračun termičke efikasnosti kompresorskog rashladnog uređaja mora se uključiti i proces transformacije toplote u rad u desnokretnom procesu u električnoj centrali. Uključujući termodinamičke gubitke i gubitke pri prenosu električne energije do kompresorske mašine, ukupni koeficijent korisnosti procesa „proizvodnje mehaničkog rada“ ne bi mogao prosečno da pređe 0,25. Računajući sa koeficijentom hlađenja od 2,709, dobija se da u razmatranom slučaju ukupni rashladni količnik kompresorske mašine iznosi oko 0,68. To je značajno više u odnosu na ARU, pa u datim okolnostima apsorpciona mašina teško može da bude uporediva sa kompresorskom.

Međutim, treba imati u vidu da, pored termodinamičkih, postoje i drugi (tehno-ekonomski) kriterijumi koji mogu bitno uticati na izbor vrste rashladne mašine: pošto je pumpa jedini element sa pokretnim delovima, apsorpciona mašina radi dosta mirno i bešumno, pouzdana je, jednostavna za rukovanje i jeftina za održavanje; osim toga, usled odsustva ulja, koeficijenti prelaza toplote na strani rashladnog fluida su veći; i konačno, i velike razlike između temperatu-

re kondenzacije i isparavanja mogu se savladati u jednom stupnju ARU.

U slučajevima kada je na raspolaganju pogodno i jeftino gorivo, ili kada je cena pogonske toplote iz niskotemperaturnih izvora značajno niža od cene električne energije koja se najčešće koristi za pogon kompresorskih mašina, apsorpciona mašina može postati isplativa i pored njenih termodinamičkih nedostataka. Tako npr. ako se apsorpciona rashladna mašina uključi u sistem kogeneracije, prema šemi procesa datoj na slici 1, onda mogu doći do izražaja sve njene prednosti, na prvom mestu mogućnost korišćenja „otpadne niskotemperaturne toplote“ gasovitih produkata sagorevanja iz sistema gasne turbine (ovu toplotu inače nije lako iskoristiti). I pored preduzetih mera za rekuperaciju toplote dimnih gasova, njihova temperatura je još uvek previše visoka (u razmatranom primeru oko 300 °C) da bi njena primena za zagrevanje tečnog rastvora u koloni do temperature od oko 100 °C bila racionalna sa gledišta Drugog zakona termodinamike, jer je takva transformacija energije opterećena isuviše velikim eksergetskim gubicima. Stanje bi se moglo značajno popraviti ako bi se u kogenerativni sistem uključio dodatni desnokretni proces u odgovarajuće izabranoj oblasti temperatura u kome bi se unutrašnja energija dimnih gasova znatno efikasnije upotrebila.

Literatura

- [1] ***: Niebergall, W., *Sorptions-Kaeltemaschinen*, Handbuch der Kältetechnik, 7 Band, Herausgegeben von R. Plank, Springer-Verlag Berlin, 1959.
- [2] Bošnjaković F., *Nauka o toplini – III dio*, Zagreb, 1986.
- [3] Markoski M., *Rashladni uređaji*, Mašinski fakultet, Beograd, 2006.
- [4] ***: ASHRAE Handbook, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning, Engineers, inc., Tullie Circle, n. e., Atlanta, GA 30329.
- [5] Adewusi, S. A., Syed M. Zubair, *Second law based thermodynamic analysis of ammonia-water absorption systems*, Energy Conversion and Management, 45(2004), pp. 2355–2369.
- [6] Rossa, Janilson Arcangelo and Edson Bazzo, *Thermodynamic Modeling of an Ammonia-Water Absorption System Associated with a Microturbine*, Int. J. of Thermodynamics, Vol. 12 (No. 1), pp. 38–43, March 2009.
- [7] Ryan, W., *New Developments In Gas Cooling*, ASHRAE Journal, pp. (23–26), April, 2002.
- [8] Ibrahim, T. A., Mohamed Gadalla, R. Krottil, and H. Halozan, *Steady-State Simulation of a Single Stage Ammonia-Water Absorption Heat Pump System*, Proceedings of the 2nd International Exergy, Energy and Environment Symposium (IEEES2), Kos – Greece, 3–7 July, 2005.
- [9] *** *Thermophysical Properties of (NH₃+H₂O) Mixtures for the Industrial Design of Absorption Refrigeration Equipment*, M. Conde Engineering, www.mrc-eng.com, 2006.

kgh

KBAPTET V

www.kvartetv.com
063 300 833

► Prevođenje i priprema reklamnog materijala za slanje elektronskom poštom ili za štampu.

► Postavljanje i održavanje intranet/ekstranet sistema za kvalitetnu poslovnu komunikaciju.