

UDK 621.564

Vpliv hladilnih sredstev na izgube v kompresorju

BRED A MEJAK - VRIŠER

Na osnovi termodinamične metode analize procesa smo opazovali vpliv lastnosti hladilnih sredstev na izgube v kompresorju. Merila za ocenitev tega vpliva so bila: sprememba eksergijskega izkoristka v odvisnosti od temperature okolice, velikost škodljivega prostora, tlačno razmerje in vstopne temperature v kompresor.

Pri proučevanju lastnosti hladilnih sredstev smo zajeli nekatere bolj uporabne freone, kakršni so: triklorfluormetan CCl_3F (R11), diklordifluormetan CCl_2F_2 (R12), klortrifluormetan CF_3Cl (R13), bromklorodifluormetan CClBrF_2 (R12B1), bromtrifluormetan CBrF_3 (R13B1) in diklorfluormetan CHCl_2F (R21). Njihove lastnosti ustrezajo splošnim zahtevam za hladilna sredstva: ne reagirajo na gradiva strojnih elementov, ki sestavljajo kompresor, so kemično stabilna, neeksplodivna, negorljiva, imajo spoznavni vonj za ugotavljanje netesnosti, se ne topijo v mazivo, tlak uparjanja je nad atmosferskim, neznatni tlak utekočinjenja, velika specifična hladilna moč in velika prostorninska hladilna moč.

V literaturi [1] raziskuje avtor enak problem tako, da ne upošteva določenih vplivnih veličin, kakršne so: izentropni izkoristek, tlačno razmerje in količnik polnjenja.

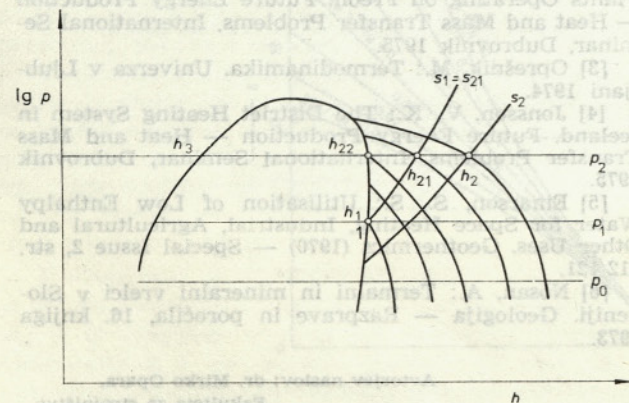
Z uporabo računalnika se da zajeti širše območje raziskave in tako vključiti več spremenljivk. Izbrani so bili naslednji izhodiščni podatki:

- enostopenjski batni kompresor vsesava suho hladilno sredstvo,
- tlak okolice 1 bar,
- hladilna moč kompresorja 30 kW,
- tlačno razmerje 2, 3, 4, 5, 6, 7,
- uparjalna vstopna temperatura v kompresor — 30, — 20, — 10 °C,
- velikost škodljivega prostora 0,02, 0,06, 0,1,
- temperatura okolice 0, 15 in 30 °.

POTEK IZRAČUNA

S podprogrami smo določili za posamezna hladilna sredstva veličine na vstopu v kompresor, in sicer: entalpijo h_1 , tlak p_1 , specifično prostornino v_1 , entropijo s_1 , nato pa še za stanje pri tlaku ob koncu kompresije p_2 , entalpije h_{21} , h_{22} in h_3 (glej sliko 1).

Za izračunavanje teoretične indicirane moči kompresorja smo uporabili izraze, ki jih navaja literatura [2]. Za količnik polnjenja najdemo v literaturi [2, 3, 4, 5, 6] različne enačbe. Na osnovi preverjanja rezultatov, dobljenih z uporabo teh izrazov in vrednosti za



Slika 1

eksergijski izkoristek ϵ ter za izentropni izkoristek η , je bil najustrežnejši izraz, ki ga navaja literatura [2]. Več o tej problematiki na drugem mestu.

Preostala je še določitev temperature t_2 na koncu kompresije ter nato še specifični veličini entropija s_2 in eksergija e_2 ob koncu kompresije.

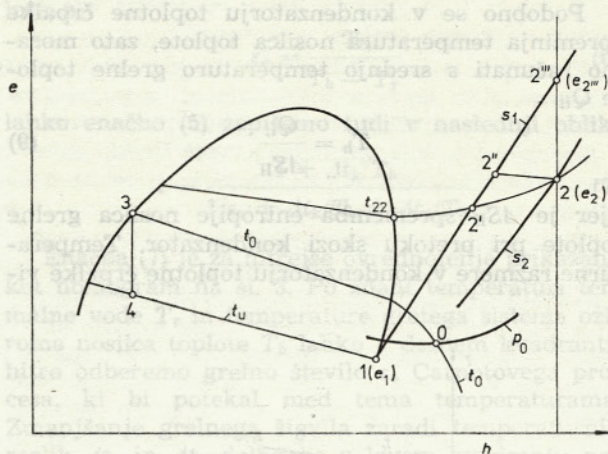
Eksergijski izkoristek se nato definira z izrazom (označbe so na sliki 2):

$$\epsilon = \frac{e_2 - e_1}{e_{2''} - e_1} = \frac{h_2 - h_1 - t_0(s_2 - s_1)}{h_2 - h_1}$$

$$e_2 = h_2 - h_0 - t_0(s_2 - s_0)$$

$$e_1 = h_1 - h_0 - t_0(s_2 - s_0)$$

$$e_{2''} = h_2 - h_0 - t_0(s_1 - s_0)$$



Slika 2

OPIS REZULTATOV IZRAČUNA

Dobljeni rezultati so zbrani v diagramih 1, 2, 3, 4 in 5. V diagramih 1, 2 in 3 so prikazane odvisnosti eksergijskega in izentropnega izkoristka, indicirane moči, masnega pretoka in temperature nasičenosti pri kondenzacijskem tlaku od tlačnega razmerja. Izbrana temperatura uparjanja je bila 263,15 K, temperatura okolice 273,15 K in velikost škodljivega prostora 0,02. V tem območju so bile najvišje vrednosti za eksergijski izkoristek. Za hladilno sredstvo R13 ni v opazovanem območju zadostnega števila točk, da bi lahko narisali krivuljo; dane so le posamezne vrednosti. Eksergijski izkoristek je dosegel najvišje vrednosti v območju tri do štiri tlačnega razmerja, nato pa se je manjšal. Višje vrednosti so bile pri višji uparjalni temperaturi, nižje vrednosti pa pri zvišani temperaturi okolice. Eksergijski izkoristek se je manjšal le neznatno z večanjem škodljivega prostora. Vrednosti za izentropni izkoristek so bile nižje od eksergijskega izkoristka. Podobno je pri spremenjeni temperaturi sesanja v kompresor t_1 in drugačnem škodljivem prostoru. Izentropni izkoristek se je manjšal z višanjem temperature t_1 in z večanjem velikosti škodljivega prostora. Odvisnost indicirane moči in masnega pretoka od tlačnega razmerja prikazuje diagram 4 pri temperaturi okolice 273,15 K in uparjalni temperaturi 263,15 K ter škodljivem prostoru 0,02. Ker so v tem območju vrednosti za R13 pri višjem tlačnem razmerju v nadkritičnem območju, so vrisani le rezultati, dobljeni pri tlačnem razmerju 2.

Diagram 1

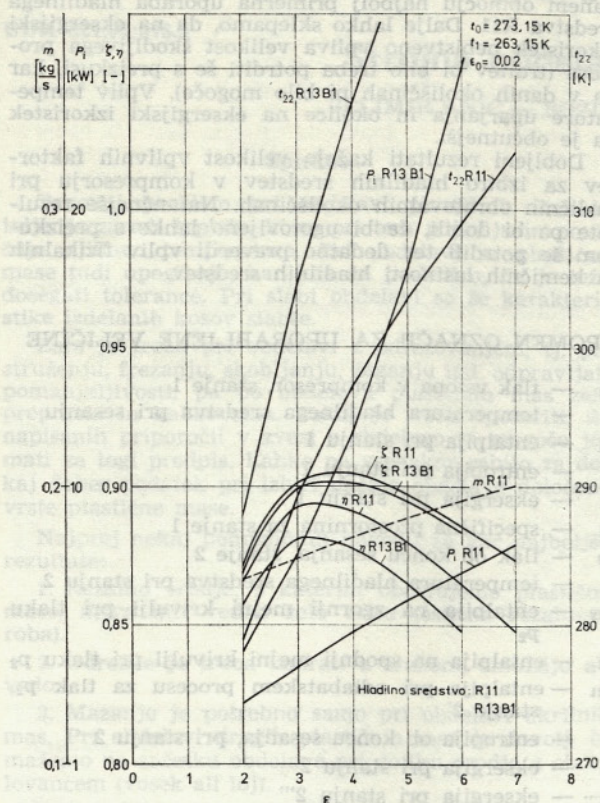


Diagram 3

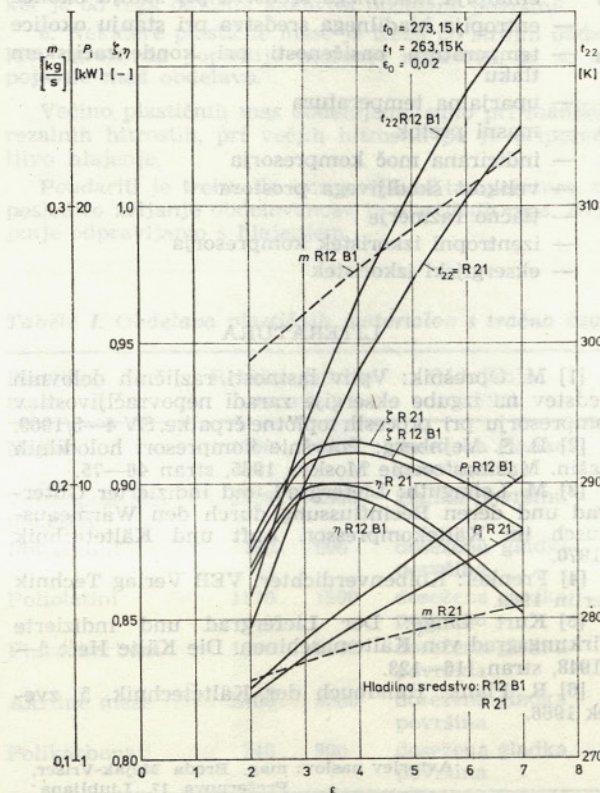


Diagram 2

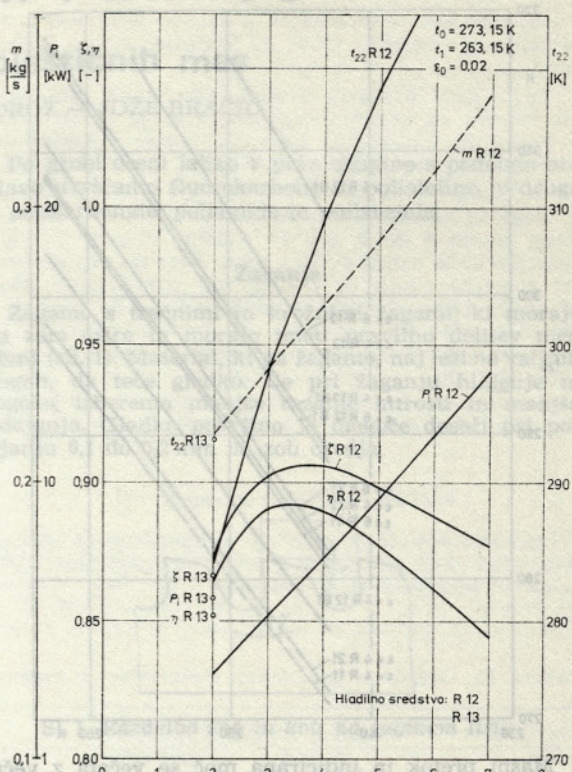


Diagram 4

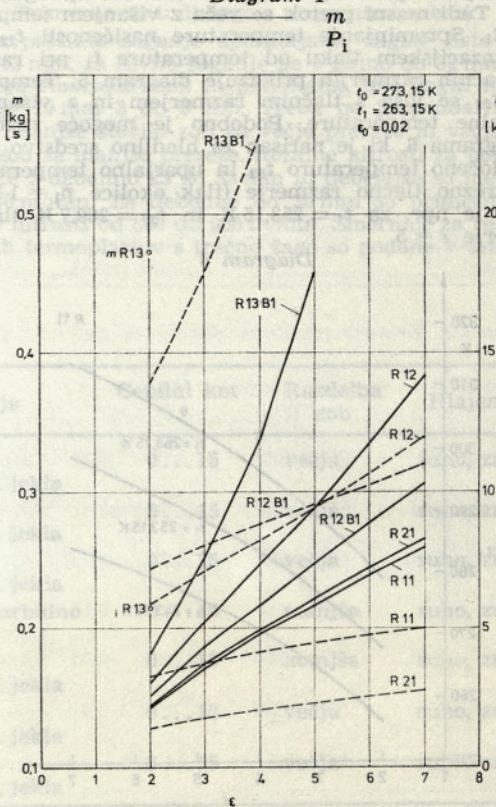
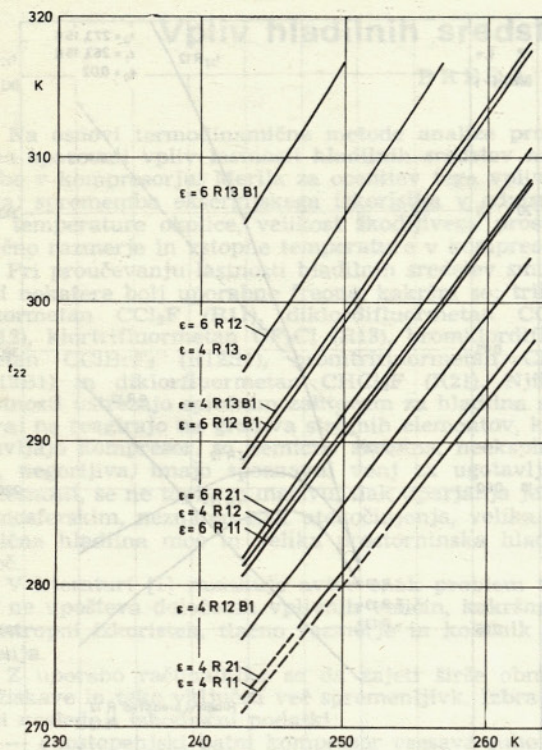
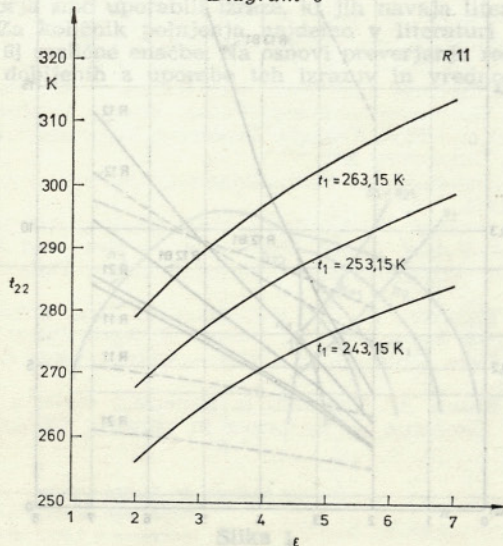


Diagram 5



Masni pretok in indicirana moč se večata z večanjem tlačnega razmerja; najvišje vrednosti dobimo za hladilno sredstvo R13B1. Indicirana moč se večata tudi z višanjem uparjalne temperature, zelo malo pa se spreminja s spreminjanjem velikosti škodljivega prostora. Tudi masni pretok se večata z višanjem temperature t_1 . Spreminjanje temperature nasičenosti t_{22} pri kondenzacijskem tlaku od temperature t_1 pri različnih tlačnih razmerjih prikazuje diagram 5. Temperatura t_{22} se višata s tlačnim razmerjem in z višanjem uparjalne temperature. Podobno je mogoče razbrati iz diagrama 6, ki je narisana za hladilno sredstvo R11, za določeno temperaturo t_{22} in uparjalno temperaturo t_1 ustrezno tlačno razmerje (tlak okolice $p_1 = 1$ bar), kakor je npr. za $t_1 = 253,15$ K in $t_{22} = 289,7$ K tlačno razmerje $\varepsilon = 5$.

Diagram 6



Iz navedenega lahko sklepamo, da je v opazovanem območju najbolj primerna uporaba hladilnega sredstva R11. Dalje lahko sklepamo, da na eksergijski izkoristek ne bistveno vpliva velikost škodljivega prostora (trditve bi bilo treba potrditi še s preizkusi, kar pa v danih okoliščinah ni bilo mogoče). Vpliv temperature uparjanja in okolice na eksergijski izkoristek pa je občutnejši.

Dobljeni rezultati kažejo velikost vplivnih faktorjev za izbiro hladilnih sredstev v kompresorju pri različnih obratovalnih okoliščinah. Natančnejše rezultate pa bi dobili, če bi ugotovljeno lahko s preizkusom še potrdili ter dodatno preverili vpliv fizikalnih in kemičnih lastnosti hladilnih sredstev.

POMEN OZNAČB ZA UPORABLJENE VELIČINE

- p_1 — tlak vstopa v kompresor, stanje 1
- t_1 — temperatura hladilnega sredstva pri sesanju
- h_1 — entalpija pri stanju 1
- s_1 — entropija pri stanju 1
- e_1 — eksergija pri stanju 1
- v_1 — specifična prostornina za stanje 1
- p_2 — tlak ob koncu sesanja, stanje 2
- t_2 — temperatura hladilnega sredstva pri stanju 2
- h_{22} — entalpija na zgornji mejni krivulji pri tlaku p_2
- h_3 — entalpija na spodnji mejni krivulji pri tlaku p_2
- h_{21} — entalpija pri adiabatnem procesu za tlak p_2 , stanje 2'
- s_2 — entropija ob koncu sesanja, pri stanju 2
- e_2 — eksergija pri stanju 2
- $e_{2''}$ — eksergija pri stanju 2''
- p_0 — tlak okolice
- t_0 — temperatura okolice
- h_0 — entalpija hladilnega sredstva pri stanju okolice
- s_0 — entropija hladilnega sredstva pri stanju okolice
- t_{22} — temperatura nasičenosti pri kondenzacijskem tlaku
- t_u — uparjalna temperatura
- m — masni pretok
- P_i — indicirana moč kompresorja
- ε_0 — velikost škodljivega prostora
- ε — tlačno razmerje
- η — izentropni izkoristek kompresorja
- ξ — eksergijski izkoristek

LITERATURA

- [1] M. Oprešnik: Vpliv lastnosti različnih delovnih sredstev na izgube eksergije zaradi nepovračljivosti v kompresorju pri procesih toplotne črpalke, SV 4—5/1969.
- [2] B. S. Vejnberg: Površnie kompresori holodilnih mašin. Mašinostroenie Moskva 1965, stran 46—75.
- [3] M. Lehguth: Liefergrad und indizierter Gütergrad und deren Beeinflussung durch den Wärmeaustausch im Kältekompressor. Luft und Kältetechnik 4/1970.
- [4] Frenkel: Kolbenverdichter. VEB Verlag Technik Berlin 1969.
- [5] Kurt Linge: Der Liefergrad und indizierte Wirkungsgrad von Kältemaschinen. Die Kälte Heft 5—6/1948, stran 116—123.
- [6] R. Plank: Handbuch der Kältetechnik. 5. zvezek 1966.