



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2012

DETERMINAREA CARACTERISTICILOR PRINCIPALE ALE UNEI INSTALAȚII FRIGORIFICE CU COMPRIMARE MECANICĂ

Lucia VÎLCEANU, Mihaela FLORI, Vasile PUȚAN

PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF VAPOR- COMPRESSION REFRIGERATION SYSTEMS

In the article is analyzed a vapour-compression refrigeration system using R12 refrigerant. With experimental values of the evaporating and condensing temperatures and using the Cool Pack program, the system performance may be evaluated. Thermodynamic performance of a refrigeration system is defined by evaluating the cooling efficiency, which permit the quantitative assessment of heat losses, qualitatively described by the second principle of thermodynamics.

Cuvinte cheie: agent frigorific, eficiență frigorifică, entalpie, freon R12, termocupluri

Keywords: refrigerant, cooling efficiency, enthalpy, Freon R12, thermocouples

1. Introducere

Frigul artificial a căpătat în ultimii ani un rol foarte important, fiind utilizat în industria alimentară, în industria chimică, pentru intensificarea unor procese de reacție, în instalațiile de condiționare sau climatizare, prelucrarea metalelor la temperaturi joase. Pentru a răci un corp și a-l menține la o temperatură mai mică decât cea a mediului ambiant, este necesar ca el să cedeze mediului ambiant căldură, consumând în acest scop energie mecanică, electrică, termochimică.

În principiu instalațiile frigorifice absorb căldura de la un corp rece, la temperatura T_o și o cedează mediului ambiant. În acest caz, agentul de lucru poartă denumirea de *agent frigorific*. Din punct de vedere al agenților frigorifici utilizați, instalațiile frigorifice pot fi cu aer sau cu vapori. Sunt cunoscuți peste 80 de agenți frigorifici, de o largă răspândire fiind freonii, hidrocarburile și diferiți compuși anorganici, inclusiv apa.

După principiul de funcționare, instalațiile frigorifice cele mai utilizate sunt:

- instalații cu comprimare mecanică a agentului frigorific;
- cu comprimare termochimică, numite și instalații frigorifice cu absorbție;
- instalații frigorifice cu ejectoare.

În prezenta lucrare se tratează instalațiile frigorifice cu vapori cu comprimare mecanică (figura 1).

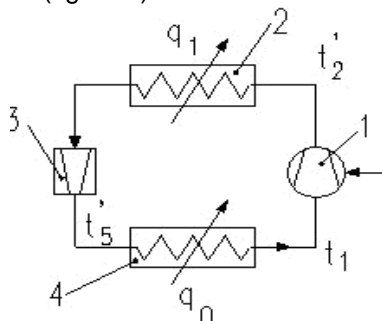


Fig. 1 Schema de principiu a instalației frigorifice cu compresie mecanică cu vapori. 1 – compresor; 2 – condensator; 3 – ventil de laminare; 4 - vaporizator

Vaporii saturați uscați de stare 1 (figura 2), aflați la presiunea scăzută p_1 sunt compriși politropic în compresor până la presiunea din condensator p_2 .

Agentul frigorific în faza de vapori supraîncălziți intră în condensator unde are loc răcirea izobară până la starea de saturație și condensarea lor (transformarea 2-3-4) cu cedarea căldurii q_1 mediului exterior.

După condensare, agentul frigorific, la starea 4 este laminat în ventilul de laminare până la nivelul presiunii p_1 din vaporizator.

Transformarea (4-5) este izentalpică și ireversibilă, rezultând un amestec lichid-vapori, la starea 5. În continuare are loc vaporizarea (5-1), preluându-se căldura q_o de la spațiul refrigerat.

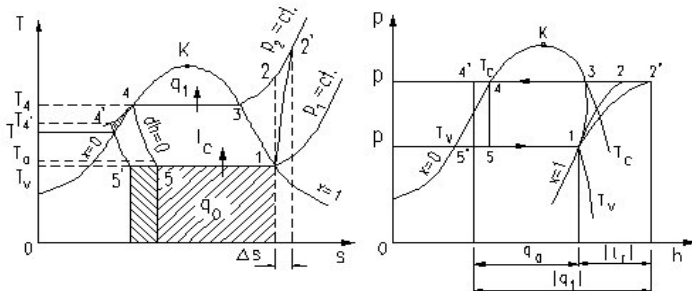


Fig. 2 Ciclul instalației frigorifice cu compresie mecanică de vapori în diagramele T-s și p-h

Caracteristicile principale ale instalațiilor frigorifice sunt:

- 1) Capacitatea frigorifică specifică:

$$q_0 = h_1 - h_5 \text{ [kJ/kg]} \quad (1)$$

- 2) Căldura cedată în condensator:

$$|q_1| = h_2 - h_4 \text{ [kJ/kg]} \quad (2)$$

deoarece laminarea are loc la entalpie constantă, deci $h_4 = h_5$,

- 3) Lucrul mecanic consumat de instalație:

$$|l_r| = h_2 - h_1 \text{ [kJ/kg]} \quad (3)$$

Dacă ciclul este cu subrăcire (figura 2) în loc de h_5 se înlocuiește $h_{5'}$, iar la comprimarea adiabatică ireversibilă 1-2' avem: $|l_r| = h_{2'} - h_1$.

- 4) Eficiența frigorifică reală:

$$\varepsilon_r = \frac{q_0}{|l_r|} = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1} \text{ [-]} \quad (4)$$

- 5) Capacitatea frigorifică a instalației Q_0 care reprezintă căldura preluată de agentul frigorific în unitatea de timp de la corpul răcit:

$$Q_0 = \frac{D \cdot q_0}{3600} \cdot 10^3 = \frac{D(h_1 - h_5)}{3,6} \text{ [W]} \quad (5)$$

unde D [kg/h] este debitul de agent frigorific al instalației.

Dacă se impune ca o instalație frigorifică să realizeze o anumită capacitate frigorifică Q_o , atunci din relația (5) se determină debitul de agent frigorific necesar.

6) Puterea motorului necesar antrenării compresorului:

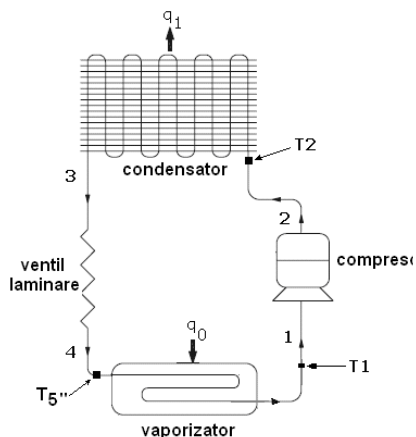
$$P = \frac{D \cdot |l_r|}{3600 \cdot \eta_c \cdot \eta_m} = \frac{D \cdot (h_2 - h_1)}{3600 \cdot \eta_c \cdot \eta_m} \text{ [kW]} \quad (6)$$

unde: η_m - randamentul mecanic al transmisiei;

η_c - randamentul compresorului.

2. Descrierea și funcționarea instalației

Se utilizează instalația frigorifică (figura 3) construită în vederea dotării Laboratorului de Termotehnică și agregate termice de la Facultatea de Inginerie Hunedoara, care funcționează cu comprimare mecanică (compresor), iar ca agent frigorific folosește freon R 12. Se utilizează un termometru digital cu 3 ieșiri la care se conectează termocuple cu sondă tip K pentru măsurarea temperaturilor t_1 , t_2 și t_5 .



T1; T2; T5" - termocuple



Fig. 3 Instalație frigorifică cu comprimare mecanică

Eficiența frigorifică se determină pe un interval de timp de 30 minute măsurându-se din 5 în 5 minute temperaturile t_1 , t_2 și t_5 .

Pentru fiecare interval de măsurare se calculează o temperatură medie t_{1m} , t_{2m} și t_{5m} . Având valorile temperaturilor și cunoscând presiunile p_1 și p_2 , care au valorile $p_1 = (1,3...1,7)$ bar, $p_2 = 13,7$ bar, din diagrama p-h se extrag entalpiile h_1 , h_2 și h_5 .

Pentru determinarea lui h_5 , cunoscând t_3 , p_1 și p_2 , se stabilește punctul 3 în diagrama p-h (figura 2). Din punctul 3, pe o izobară-izotermă se găsește punctul 4 (pe curba lichidului saturat), iar $h_5 = h_4$. Entalpia h_2 se determină dacă din punctul 1 se duce curba $s = ct.$, până la intersecția cu izobara p_2 , iar h_5' ținând seama că $h_5' = h_4'$.

Cu aceste valori se calculează caracteristicile principale ale instalației, utilizând relațiile (1)...(4). Pe baza acestor date se va reprezenta ciclul în diagrama p-h, iar rezultatele se vor centraliza tabelar.

3. Concluzii

Autorii lucrării au conceput și realizat practic un stand experimental care permite determinarea caracteristicilor principale ale unei instalații frigorifice. Cu ajutorul acestuia standul experimental permite realizarea de către studenți de măsurători efective.

Precizia măsurătorilor este afectată de soluțiile alese pentru montarea termocupurilor, de preferat fiind lipirea acestora cu o pastă termoconductoare.

Studenții sunt familiarizați cu lucrul cu diagrama p-h a freonului R 12, respectiv cu tabelele din care se extrag caracteristicile fizice ale agenților frigorifici, parametrii acestora la fierbere și presiunea, respectiv temperatura punctului critic.

De asemenea, se va utiliza și pachetul de programe Cool Pack pentru determinarea caracteristicilor principale ale instalației (figura 4).

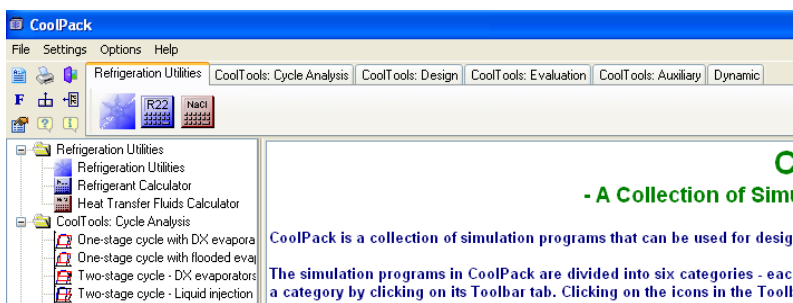


Fig. 4 Pagina de start a pachetului de programe Cool Pack

Pentru efectuarea calculelor se utilizează secțiunea *Refrigeration Utilities* a programului. Se selectează opțiunea *log(p)-h Diagram*, apoi se alege natura agentului frigorific și temperaturile de vaporizare și condensare, iar programul va desena diagrama p-h (figura 5).

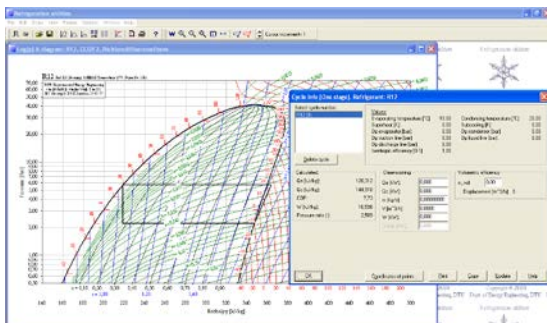


Fig. 5 Fereastra *Log(p)-h* și *Show info* a programului

Totodată, programul permite determinarea caracteristicilor principale ale instalației conform relațiilor (1)...(4), pe baza cărora se calculează capacitatea frigorifică a instalației și puterea motorului care antrenează compresorul.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Puțan, V., *Agregate termice*, Editura Cermi, Iași, 2008.
- [2] Mohanraj, M., Jayaraj, S., Muraleedharan, C., *Comparative assessment of environment-friendly alternatives to R134a in domestic refrigerators*, Energy Efficiency (2008) 1:189–198.
- [3] Vîlceanu, L., Flori, M., *Termotehnică. Aplicații practice*, Îndrumar laborator, Editura Politehnică Timișoara, 2009.
- [4] Vîlceanu, L., *Transfer de căldură și instalații termice*, Editura Cermi, Iași, 2008.

Conf.Dr.Ing. Lucia VÎLCEANU
lucia.vilceanu@fih.upt.ro
Asist.Dr.Ing. Mihaela FLORI
mihaela.flori@fih.upt.ro
Șef lucr.Dr.Ing. Vasile PUȚAN,
vasile.putan@fih.upt.ro
membri AGIR

Universitatea Politehnică Timișoara, Facultatea de Inginerie Hunedoara
Hunedoara, Str. Revoluției, nr.5, 331128