

# 1. DETERMINAREA CARACTERISTICILOR PRINCIPALE ALE UNEI INSTALATII FRIGORIFICE CU COMPRESOR

## 1.1 Noțiuni generale

Frigul artificial a căpătat in ultimii ani un rol foarte important, fiind utilizat in industria alimentara, in industria chimica, pentru intensificarea unor procese de reacție, in instalațiile de condiționare sau climatizare, prelucrarea metalelor la temperaturi joase etc.

Pentru a raci un corp si a-l menține la o temperatura mai mica decât cea a mediului ambiant, este necesar ca el sa cedeze mediului ambiant căldura, consumând in acest scop energie mecanica, electrica, termochimica etc.

In funcție de temperatura surselor de căldura raportate la temperatura mediului ambiant  $T_{amb}$ , mașinile care funcționează după un ciclu inversat se împart in trei grupe.

Daca  $T = T_{amb}$  ( $T$  fiind temperatura sursei calde), instalația are rolul de a menține temperatura scăzuta intr-o incinta si se numește instalație frigorifica (1, fig. 15.1). Daca  $T_o = T_{amb}$  ( $T_o$  fiind temperatura sursei reci), instalația reprezintă o pompa de căldura (2, fig.15.1), iar daca  $T_o < T_{amb} < T$ , instalația este cu ciclu combinat (3, fig.15.1).

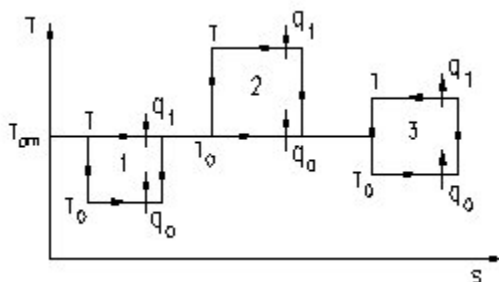


Fig. 15.1 Particularizarea ciclului Carnot inversat.

In principiu instalațiile frigorifice absorb căldura de la un corp rece, de temperatura  $T_o$  si o cedează mediului ambiant. In acest caz, agentul de lucru poarta 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 larga răspândire fiind freonii, hidrocarburile si diferiți compuși anorganici, inclusiv apa (tab.15.1).

După principiul de funcționare, instalațiile frigorifice cele mai utilizate sunt: a) instalații cu comprimare mecanică a agentului frigorific;

b) cu comprimare termochimică, numite și instalații frigorifice cu absorbție;

c) instalații frigorifice cu ejectoare.

În prezenta lucrare se tratează instalații frigorifice cu vapori cu comprimare mecanică (fig.15.2).

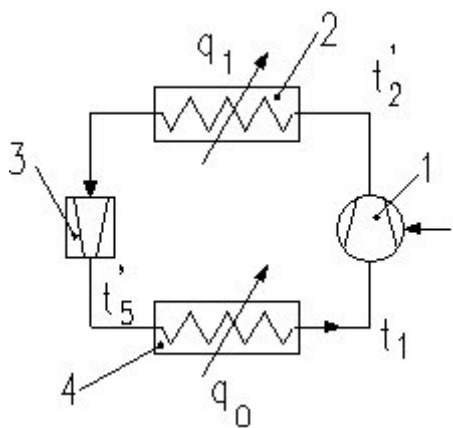


Fig. 15.2 Schema de principiu a instalației frigorifice cu comprimare mecanică cu vapori.

Vaporii saturați de stare 1 (fig.15.3), aflați la presiune scăzută  $p_1$  sunt comprimați politropic în compresorul 1 (fig.15.2) până la presiunea din condensator  $p_2$ . Agentul frigorific în faza de vapori supraîncalziți intră în condensatorul 2 (fig.15.2) unde are loc răcirea izobară până la starea de saturație și condensarea lor (transformarea 2-3-4) cu cedarea căldurii  $q_1$  mediului exterior, prin agentul de răcire al condensatorului. După condensare, agentul frigorific, la starea 4 este laminat în ventilul de laminare 3 (fig.15.2) 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) în vaporizatorul 4 (fig.15.2), preluându-se căldura  $q_0$  de la spațiul refrigerat.

Tabelul 15.1 Caracteristicile fizice a principalilor agenți frigorifici

Denumirea	Simbol chimic	Simbol convențional	Masa molară	Constanta de gaz perfect [J/(kgK)]	Densitate [kg/m <sup>3</sup> N]	Temperatura de topire [°C]
Bioxid de carbon	CO <sub>2</sub>	-	44,01	189,0	1,97	-56,6
Amoniac	NH <sub>3</sub>	R171	17,03	488,3	0,771	-77,9
Bioxid de sulf	SO <sub>2</sub>	-	64,06	129,8	2,93	-75,5
Apa	H <sub>2</sub> O	-	18,02	-	0,804	□ 0,0
Metanul	CH <sub>4</sub>	-	16,04	518,7	0,717	-182,4
Etilena	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	R1150	28,05	296,6	1,261	-169,5
Etanul	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	R170	30,07	276,7	1,356	-183,3
Propilena	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	-	42,08	198,0	1,915	-185,0
Propanul	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>	R290	44,09	188,8	2,019	-188,9
Butanul	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	R60	85,12	143,2	2,668	-159,6
Clorura de metil	CH <sub>3</sub> Cl	-	50,5	-	-	-77,6
	CF <sub>4</sub>	R-14	88,01	-	3,93	-187,0
	CF <sub>3</sub> Cl	R-13	104,47	-	4,66	-181,0

Freoni	CHF <sub>2</sub> Cl	R-22	86,48	-	3,86	-160,0
	CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	R-12	120,92	-	5,40	-155,0
	CH <sub>3</sub> Cl	R-40	50,49	164,8	2,25	-97,6
	CF <sub>2</sub> Cl	R-114	170,93	-	7,63	-94,0
	CF <sub>2</sub> Cl					
	CHFCI <sub>2</sub>	R-21	102,92	-	4,59	-135,0
	CFCl <sub>3</sub>	R-11	137,38	-	6,13	-111,0
	CFCI	R-113	187,39	-	8,36	-36,6
CF <sub>2</sub> Cl						
	CHCl <sub>2</sub> - CF <sub>3</sub>	R123	152,9	54,3	6,42	-107,0
	CH <sub>2</sub> F -CF <sub>3</sub>	R 134a	102,0	81,5	5,29	-101,0
	CH <sub>3</sub> C -Cl <sub>2</sub> F	R 141b	117,0	71,0	4,82	-103,5
	CH <sub>3</sub> C -Cl F <sub>2</sub>	R 142b	100,5	82,7	4,79	-130,8

Caracteristicile principale ale instalațiilor frigorifice sunt:

a) Capacitatea frigorifică specifică:

$$q_0 = h_1 - h_5 \text{ [ kJ/kg ] , (15.1)}$$

b) Căldura cedată în condensator  $q_1$  în valoare absolută:

$$|q_1| = h_2' - h_5 \text{ [ kJ/kg ] , (15.2)}$$

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

c) Lucrul mecanic consumat de instalație în valoare absolută:

$$|l_r| = h_2 - h_1 \text{ [ kJ/kg ] (15.3)}$$

Dacă ciclul este cu subrăcire (fig. 15.3), în loc de  $h_5$  se înlocuiește  $h_5'$ ,

**Tabelul 15.2 Alte caracteristici ale agenților frigorifici**

Denumirea	Parametrii la fierbere, $p = 760$ torr			Punctul critic	
	$t$ [°C]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$l_v$ [kJ/kg]	$t_k$ [oC]	$p_k$ [bar]
Bioxid de carbon	-78,52	1560	573,1	31,0	73,7
Amoniacul	-33,35	682	1368,5	132,4	113,0
Bioxidul de sulf	-10,01	1458	390,0	157,5	78,8
Apa	100,0	958,3	2258	374,2	221,2
Metanul	-161,5	422	510,0	-82,5	46,4
Etilena	-103,5	569	483,0	9,5	51,2
Etanul	-88,63	546	485,0	32,2	48,9
Propilena	-47,70	612	438,0	91,4	46,0
Propanul	-42,30	583	428,0	96,8	42,6
Butanul	-11,70	596	367,0	133,7	36,7
Clorura de metil	-24,00	370	-	143,1	68,0
R-14	-128,0	1630	135,0	-45,5	37,5
R-13	-81,5	1525	150,0	28,78	38,6
R-22	-40,80	1413	234,0	96,0	49,3
R-12	-29,80	1486	167,0	112,0	41,1
R-40	-24,00	1003	429,0	143,0	66,8
R-144	3,50	1520	146,0	145,7	32,8
R-21	8,92	1405	243,0	178,5	51,6
R-11	23,70	1480	182,0	198,0	43,7
R-13	47,70	1510	144	214,1	34,1
R 123	27,9	1465	171,2	185,2	36,1
R134a	-26,4	1210	210,3	101,0	40,7
R 141b	32,0	1235	225,2	206,1	43,4

R 142b	-9,6	1110	214,7	137,1	42,0
--------	------	------	-------	-------	------

la comprimarea adiabata ireversibila, (transformarea 1-2'):  $|l_r| = h_{2'} - h_1$ .

d) Eficienta frigorifica reala:

$$\varepsilon_f = \frac{q_o}{|l_r|} = \frac{h_1 - h_{5'}}{h_{2'} - h_1} \quad [-] \quad (15.4)$$

e) Capacitatea frigorifica a instalației ( $Q_o$ ) care reprezintă căldura preluata de agentul frigorific in unitatea de timp de la corpul răcit:

$$Q_o = \frac{D \cdot q_o}{3600} 10^3 = \frac{D(h_1 - h_{5'})}{3,6} \quad [\text{W}] \quad (15.5)$$

unde D este debitul de agent frigorific al instalației, in kg/h.

Daca se impune ca o instalație frigorifica sa realizeze o anumita capacitate frigorifica  $Q_o$ , atunci din relația (15.5) se determina debitul de agent frigorific necesar.

f) Puterea necesara antrenării compresorului:

$$P = \frac{D \cdot |l_r|}{3600 \cdot \eta_c \cdot \eta_m} = \frac{D \cdot (h_{2'} - h_1)}{3600 \cdot \eta_c \cdot \eta_m} \quad [\text{kW}] \quad (15.6)$$

unde:  $\eta_m$  - randamentul mecanic al transmisiei:

$\eta_c$  - este randamentul compresorului.

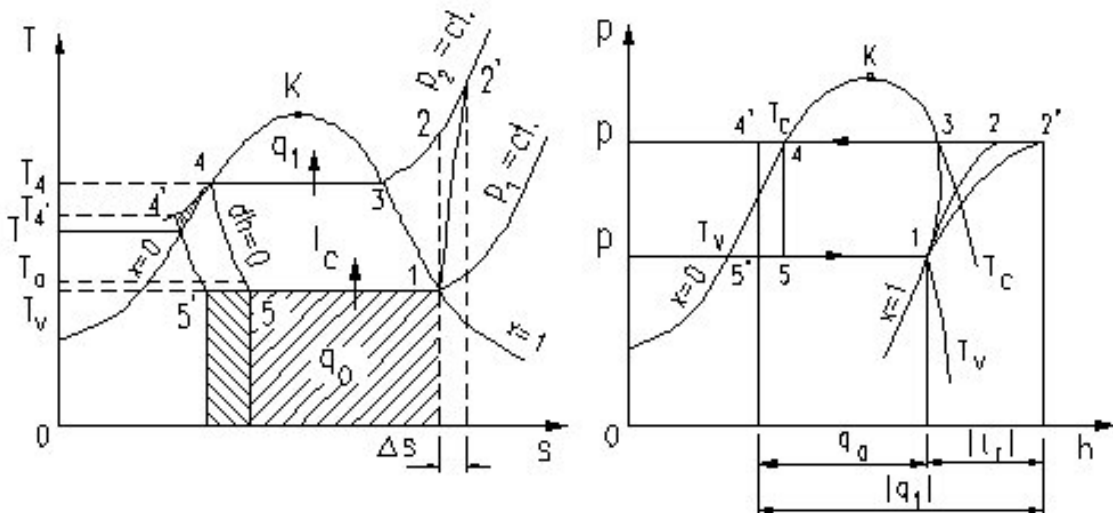


Fig. 15.3 Ciclul instalației frigorifice cu compresie mecanica de vapori in diagramele T-s si p-h.

## 1.2 Descrierea instalației si mersul lucrării

Ca instalație frigorifica, se utilizează un frigider ARCTIC (fig.15.4) care funcționează cu comprimare mecanica (compresor), iar ca agent frigorific folosește freon 12.

Instalația se compune dintr-o incinta frigorifica 1, izolata termic fata de mediul ambiant, un compresor 2, un condensator 3, un ventil de laminare 4, un vaporizator 5, conducte de



Pe baza acestor date se va reprezenta ciclul in diagrama p-h (fig.15.3), iar rezultatele se vor centraliza in tabelul 15.3.

**Tabelul 15.3 Valori măsurate si calculate**

Nr. crt.	Mărimea	Simbol	UM	Încercări ( $\tau$ [min])						
				0	5'	10'	15'	20'	25'	30'
1.	Temp înainte compresorului	$t_1$	$^{\circ}\text{C}$							
2.	Temp. înainte de condensator	$t_2$	$^{\circ}\text{C}$							
3.	Temp. înainte de vaporizator	$t_5$	$^{\circ}\text{C}$							
4.	Capacit. frigorifica specifica	$q_0$	$\text{kJ/kg}$							
5.	Căldura cedata in condensator	$ q_1 $	$\text{kJ/kg}$							
6.	Lucrul mecanic consumat	$ l_r $	$\text{kJ/kg}$							
7.	Ef. frigorifica	$\varepsilon_f$	-							