

## FLUIDI FRIGORIGENI

**Generalità.** Fluidi frigoriferi sono i seguenti: a) *acqua*; b) *ammoniaca* ( $\text{NH}_3$ , R 717): altamente tossica, esplosiva in miscele con aria dal 16% al 21% in volume, corrode il rame e lo zinco e le loro leghe, dannosa ai prodotti alimentari; c) *idrocarburi alogenati* praticamente non tossici, non esplosivi e non dannosi ai prodotti alimentari: *idrofluorocarburi* (HFC) R 23, R 125, R 134a, R 152a, R 404a (miscela di R 125, R 134a e R 143a), R 407c (miscela di R 32, R 125 e R 134a), R 410a (miscela di R 32 e R 125), R 507 (miscela azeotropica di R 125 e R 143a); d) *clorofluorocarburi* (CFC): R 11, R 12, R 13, R 21 e gli idroclorofluorocarburi (HCFC): R 22, R 502 (miscela azeotropica di R 22, R 114 e R 115); essi sono in via di abbandono entro i prossimi anni per impatto ambientale negativo (distruzione dell'ozono atmosferico).

**Comportamento.** Il fluido frigorifero si comporta entro la macchina frigorifera come vapore saturo e vapore surriscaldato. Evapora alla temperatura di evaporazione  $t_e$  entro lo scambiatore di calore E, che è l'evaporatore, assorbendo il calore  $Q_e$ . Il vapore uscente da E viene surriscaldato con la spesa di energia  $L$  dal componente K e inviato allo scambiatore C, condensatore, entro il quale condensa alla temperatura di condensazione  $t_c$  cedendo all'ambiente esterno il calore  $Q_c = Q_e + L$ . Il liquido uscente dallo scambiatore C viene riportato alla temperatura  $t_e$  dall'organo di espansione R e rientra nell'evaporatore E. In base alle proprietà dei vapori saturi alla temperatura di evaporazione  $t_e$  corrisponde la pressione di evaporazione  $p_e$  ed alla temperatura di condensazione  $t_c > t_e$  corrisponde la pressione di condensazione  $p_c > p_e$ .

**Scelta.** Il fluido frigorifero viene scelto in base a vari fattori, fra i quali: potenza dell'impianto  $Q_e$ , temperature  $t_e$  e  $t_c$ , fattori di sicurezza, costo. In linea di massima: per  $t_e \geq 0^\circ\text{C}$  R 22 (fino a esaurimento), R 134a per qualunque potenza; per  $-40 \leq t_e < 0^\circ\text{C}$ : R 22, R 502 (fino a esaurimento), R 404a, R 507 per potenze  $Q_e \leq 120\text{ kW}$ , R 717 (ammoniaca) per potenze superiori. Per ambienti frequentati da persone scartare R 717. Per R 717 occorre: a) patentino di abilitazione per l'uso dei gas tossici; b) rispetto del DM 10-6-1980 "Riconoscimento di efficacia di sistemi di sicurezza applicati agli impianti frigoriferi industriali ad ammoniaca"; c) rispetto delle norme dei Vigili del Fuoco (VF) e delle eventuali norme dell'Azienda Sanitaria Locale (ASL).

**Caratteristiche termodinamiche.** Sono riportate in tabelle o diagrammi. Utile per i calcoli è il *diagramma pressione-entalpia* (fig. A) sul quale sono riportate oltre alla pressione e all'entalpia le altre grandezze.

**Esempio di calcolo.** Noti  $Q_e = 100\text{ kW}$ ,  $t_e = -10^\circ\text{C}$ ,  $t_c = 45^\circ\text{C}$ , fluido R 134a, calcolare: a) portata del compressore, b) potenza assorbita, c) potenza riversata all'esterno, d) COP.

Con riferimento a 1 kg di fluido: effetto frigorifero =  $h_2 - h_1 = 393 - 267 = 126\text{ kJ/kg}$ ; energia di compressione =  $h_3 - h_2 = 428 - 393 = 35\text{ kJ/kg}$ ; portata massica del compressore  $M_a = Q_e / (h_2 - h_1) = 100 / 126 = 0,794\text{ kg/s}$ ; portata volumetrica  $V_a = M_a / \text{densità}$ , al punto "2" (nel cerchio, al centro della figura),  $V_a = 0,794 / 9,9 = 0,080\text{ m}^3/\text{s} = 288,6\text{ m}^3/\text{h}$ ; potenza assorbita  $L = M_a (h_3 - h_2) = 0,794 \times 35 = 27,8\text{ kW}$ ; calore riversato all'esterno  $Q_c = Q_e + L = 100 + 27,8 = 127,8\text{ kW}$ ; COP =  $Q_e / L = 100 / 27,8 = 3,60$ .

Nota il rendimento volumetrico del compressore  $\mu$  si calcola il volume generato  $V_g = V_a / \mu$ .

