

Cunoștințe
Tehnologia de refrigerare

Be sure. **testo**



Cunoștințele Testo despre refrigerare în 3 Module.

Înțelegerea sistemelor de refrigerare. Principiile și componentele principale ale tehnologiilor de refrigerare. Măsurarea corectă în cazul sistemelor de refrigerare.

Cuprins

Modulul 1: Înțelegerea sistemelor de refrigerare	4
1.1 Parametri asociați cu eficiența sistemelor de refrigerare	4
1.2 Criterii pentru agenți frigorifici fezabili	5
1.3 Evaluarea agenților frigorifici	7
a) Valoarea GWP (potențialul de încălzire globală)	7
b) Valoarea TEWI (impactul total de încălzire echivalent)	8
1.4 Planificarea și eficientizarea funcționării sistemelor de refrigerare	9
Modulul 2: Principiile și componentele principale ale tehnologiilor de refrigerare	10
2.1 Procesul termodinamic	10
2.2 Principalele patru componente ale circuitelor frigorifice cu comprimare	10
2.2.1 Evaporatorul	11
2.2.2 Condensatorul	13
2.2.3 Compresorul	15
2.2.4 Unitatea de expansiune	16
2.5 Alte componente importante ale circuitului de agenți de refrigerare	18
Modulul 3: Măsurarea corectă la nivelul sistemelor de refrigerare	19
3.1 Înregistrarea și evaluarea parametrilor importanți	19
3.2 Subrăcirea	20
3.3 Supraîncălzirea	22

Modulul 1:

Înțelegerea sistemelor de refrigerare

Sistemele de refrigerare au devenit indispensabile în diferite domenii ale vieții noastre de zi cu zi. Acestea asigură condiționarea optimă a aerului din clădiri, răcirea proceselor industriale și permit depozitarea și congelarea pe termen lung a alimentelor. Cu toate acestea, avantajele sistemelor de refrigerare sunt asociate cu un consum semnificativ de resurse, care este în continuă creștere în întreaga lume și care are un impact negativ asupra climei. Acest lucru face cu atât mai importantă planificarea profesionistă a sistemelor de tehnologii de refrigerare și climatizare, precum și utilizarea cât mai eficientă a acestora.

Un sistem de refrigerare este un sistem de țevi, închis – în mod ideal, ermetic – prin care circulă agenții frigorifici. Refrigerantul, sau agentul frigorific, reprezintă un agent operațional care captează căldura în condiții de temperatură și presiune scăzute și o emană în condiții de temperatură și presiune mai ridicate. Aceste așa-numite circuite frigorifice cu comprimare cuprind cel puțin patru componente principale care vor fi descrise pe scurt și mai detaliat în cele ce urmează. Agenții utilizați în cazul sistemelor de refrigerare sunt agentul frigorific și uleiul din compresor. Aceștia sunt selectați în

funcție de aplicația vizată și de impactul lor asupra mediului înconjurător.

În acest sens, evaluarea și selecția acestora trebuie să includă următoarele:

- fabricarea componentelor,
- riscul potențial cauzat de agenții utilizați în caz de lipsă de etanșeitate sau de accident,
- puterea de funcționare necesară pentru a asigura refrigerarea și
- eliminarea corespunzătoare a tehnologiilor aferente sistemelor la finalul perioadelor de funcționare.

1.1 Parametri asociați cu eficiența sistemelor de refrigerare

O bună valoare comparativă în cazul pompelor de căldură este CDP (**C**oeficient **D**e **P**erformață) sau **REE** (**R**ata de **E**ficiență **E**nergetică) pentru sistemele de refrigerare. Acești indicatori de performanță reflectă un **raport costuri-beneficii** într-un punct special de operare al sistemului și într-un anumit moment prestabilit.

Dacă doriți să luați în considerare eficiența sistemului de refrigerare pe un an, atunci indicatorul **REES (Rata de Eficiență Energetică Sezonieră)** este de o importanță și mai mare. În acest caz, evaluarea va include, de asemenea, acțiunea de încărcare parțială a sistemului de refrigerare, pe lângă acțiunea de încărcare completă și faza de proiectare. Condițiile ambientale foarte diferite care apar pe parcursul unui an impun luarea în calcul a sarcinii parțiale ca aspect deosebit de important.

O condiție imperativă în acest sens este reglarea eficienței a performanței în cazul alimentării cu agent frigorific (convertorul de frecvență pentru reglarea performanței compresorului și reglarea vitezei condensatorului sau ventilatoarelor schimbătorului de căldură)! Utilizarea suplimentară și complementară a mediilor de depozitare termică (de exemplu, unități de depozitare a gheții) poate compensa pentru sarcinile parțiale sau sarcinile cu

valori ridicate extreme și asigura o fiabilitate operațională superioară și o disponibilitate îmbunătățită a sistemului.

1.2 Criterii pentru agenți frigorifici fezabili

Teoretic, foarte multe substanțe pot fi utilizate ca agenți frigorifici. Cu toate acestea, nu tot ceea ce este posibil este și permis și rezonabil: diverse cerințe de siguranță, tehnologia disponibilă a sistemului și aspectele legate de mediu restricționează alegerea. Sunt fezabili doar acei agenți (în acest caz, agenți frigorifici) care întrunesc criteriile specifice într-un circuit închis de agenți de refrigerare în timpul operării.

Criterii de selectare a agenților frigorifici

- **Presiunea vaporilor** este mai mare decât presiunea atmosferică la temperaturile de evaporare cerute.
- Nivelul **presiunii de condensare** nu impune cerințe peste medie în ceea ce privește rezistența la presiune a componentelor și țevelor (de exemplu, p_{ec} maxim = 25 bari la o temperatură exterioară de +35°C). Excepțiile sunt reprezentate de așa-numiții agenți frigorifici de înaltă presiune, precum R-410A sau R-744.
- Vaporii supraîncălziți extrași din compresor au un **volum redus în contextul respectivelor condiții de aspirație**, astfel încât să poată menține dimensiunea compresorului (volumul cursei) la un nivel redus.
- **Compatibilitatea materialelor** cu materialele utilizate frecvent în tehnologia de refrigerare.
- **Cel mai redus nivel posibil de poluare a mediului** în timpul producției și eliminării agentului frigorific.
- **Operarea în condiții de siguranță ca o chestiune de principiu** pentru instalator sau pentru personalul responsabil cu operațiile de service.

Cu toate acestea, lista amintită acoperă doar o selecție de funcții importante. Actualmente nu sunt disponibili agenți frigorifici ideali pentru toate aplicațiile. Aceasta înseamnă că întotdeauna sunt necesare compromisuri.

Agenții frigorifici naturali au crescut semnificativ în importanță în ultimii ani – și nu doar ca urmare a intrării în vigoare a unor reglementări din ce în ce mai stricte la nivel mondial (precum Regulamentul UE privind gazele F din 2014). Pe lângă dioxid de carbon (R-744), toate cele menționate mai sus includ gaze de hidrocarburi, cum ar fi izobutanul (R-600A) și propanul (R-290). Utilizarea amoniacului (R-717) a fost extrem de răspândită timp de mulți ani, în special în procesele de refrigerare industrială.

În ceea ce privește atât procesul termodinamic, cât și amprenta climatică, agenții frigorifici naturali sunt caracterizați drept agenți operaționali cu utilizare pe termen lung și fără impact asupra climei. Aceste caracteristici pozitive fac posibilă utilizarea lor în zone care, în unele cazuri, impun condiții semnificativ mai stricte în ceea ce privește tehnologia sistemelor și lubrifiantii. Prin urmare, CO₂ și propanul sunt, de exemplu, utilizate în domeniul refrigerării din supermarketuri.

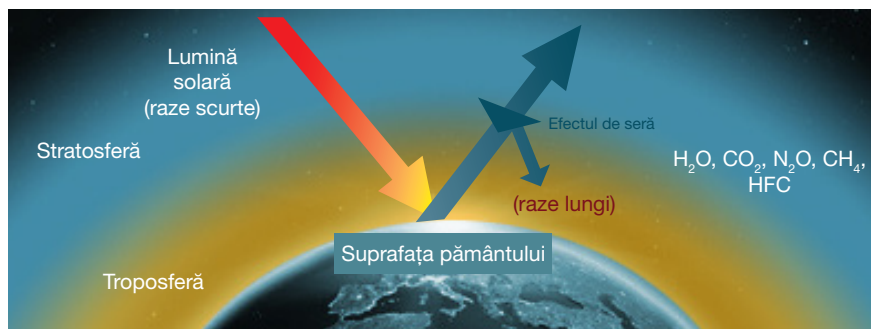
1.3 Evaluarea agenților frigorifici

a) Valoarea GWP

Potențialul de încălzire globală sau **G**lobal **W**arming **P**otential (GWP) este o valoare numerică utilizată pentru a descrie impactul unei substanțe asupra atmosferei și, prin urmare, contribuția acesteia la efectul de seră și la încălzirea globală. CO_2 cu o valoare numerică de 1 este utilizat ca valoare de referință. Această valoare exprimă măsura în care o cantitate de 1 kg de agent frigorific din atmosferă contribuie la încălzirea globală în comparație cu 1 kg de CO_2 .

Valoarea potențialului de încălzire globală (GWP) reprezintă astfel un echivalent pentru CO_2 .

Agent frigorific	GWP
R-12	10.900
R-502	4.657
R-507A	3.985
R-404A	3.922
R-407A	2.107
R-22	1.810
R-407C	1.774
R-134a	1.430
R-32	675
R-290 (propan)	3,3
R-600a (izobutan)	3
R-1270 (propilenă)	1,8
R-774 (CO_2)	1
R-717 (amoniac)	0



Valori GWP pentru agenți frigorifici bine cunoscuți și impactul acestora asupra atmosferei

a) Valoarea TEWI

Valoarea **TEWI (Total Equivalent Warming Impact** - impactul total de încălzire echivalent) include și evaluarea ecologică a unui sistem.

Acest lucru permite descrierea impactului global asupra mediului înconjurător al utilizării unui sistem de refrigerare, de exemplu cu diverși agenți utilizați (agenți frigorifici).

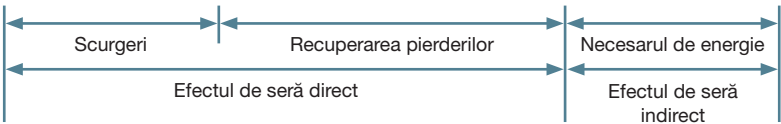
Valoarea TEWI ia în calcul suma emisiilor directe și indirecte de gaze cu efect de seră. Metoda este ideală pentru studii instantanee și comparative. Motivele ecologice menționate anterior dau naștere unei necesități urgente de a garanta faptul că aplicațiile tehnologiei de refrigerare, pe cât posibil, nu implică gaze cu efect de seră dăunătoare. Este absolut

esențial ca sigilarea ermetică a circuitelor de agenți de refrigerare să fie cât mai eficientă cu putință, pentru a preveni, în mare, eliberarea în mediul înconjurător a agenților utilizați.

Cu toate acestea, valoarea TEWI descrie și energia primară necesară pentru alimentarea proceselor de refrigerare, care, în funcție de modul de generare a energiei, poate contribui la rândul său la impactul global asupra mediului înconjurător.

De aici rezultă că au sens planificare și realizarea unor sisteme eficiente energetic care să necesite cantitatea minimă posibilă de energie primară pentru a asigura capacitatea de răcire necesară.

TEWI = (GWP x L x n) + (GWP x m [1 - α_{recuperare}]) + (n x E_{anual} x β)



GWP:	Potențialul de încălzire globală	[-]
L:	Rata de pierdere	[kg/a]
n:	Durata de funcționare	[a]
m:	Nivelul de umplere cu agent frigorific	[kg]
α_r:	Raportul de recuperare la eliminare	[-]
E_a:	Consumul anual de energie	[kWh/a]
β:	Emisiile de CO ₂ din consumul de energie	[kg/kWh]

Calcularea valorii TEWI

1.4 Planificarea și eficientizarea funcționării sistemelor de refrigerare

O bună planificare și o eficientizare a funcționării sistemelor de refrigerare impune efectuarea de măsurători precise și evaluarea corectă a acestora.

Orice temperatură de evaporare mai mare cu 1 K sau orice temperatură de condensare mai mică cu 1 K generează o îmbunătățire cu aproximativ 2-3% a nivelului de performanță al respectivului sistem de refrigerare. Supraîncălzirea evaporatorului are, de asemenea, un impact major asupra cantității de căldură transferată din elementele supuse răcirii. Valorile nejustificat de ridicate de supraîncălzire (în general > 8 K) sau semnalele de supraîncălzire instabile conduc la o umplere imperfectă a evaporatorului și, implicit, la o valoare scăzută a capacității de răcire.

În timpul evaluării pot apărea o varietate de erori, cum ar fi:

- precizia insuficientă a instrumentelor de măsură și a senzorilor acestora;
- erori matematice la calculul parametrilor;
- eroare de paralaxă la citirea afișajelor analogice;
- distanța senzorului de măsurare față de punctul de măsurare stabilit.

Datorită proprietăților mecanice ale acestora, instrumentele cu indicatoare analogice utilizate la înregistrarea valorilor de presiune ale sistemului nu au decât o protecție limitată împotriva vibrațiilor și a schimbărilor de temperatură atunci când lucrează instalatorii. Este practic imposibilă evitarea tensiunilor puternice, în special în cazul aeronavelor. În plus, dacă apar modificări semnificative ale valorilor de presiune ambientală (de exemplu, din cauza modificărilor de altitudine), reajustările trebuie efectuate manual.

Manifoldurile digitale precum testo 550 combină măsurarea de înaltă precizie a presiunilor cu afișarea exactă a rezultatelor într-un format digital clar. De aici rezultă că interpretările incorecte sunt practic imposibile.

Modulul 2: Principiile și componentele principale ale tehnologiilor de refrigerare

2.1 Procesul termodinamic

În termeni simpli, **primul principiu al termodinamicii** precizează că energia nu se pierde, ci se transformă pur și simplu într-o nouă formă de energie. Acest principiu este deosebit de important atunci când sunt luate în considerare fluxurile energetice din tehnologiile de refrigerare și de aer condiționat. Prin urmare, bilanțul energetic trebuie să fie coerent. Dintr-o perspectivă mai simplă, se poate observa că la energia termică absorbită în evaporator se adaugă în jur de $\frac{1}{3}$ de la compresor ca putere de acționare. Întreaga energie amintită trebuie apoi eliminată din nou pe partea de înaltă presiune a sistemului de refrigerare sau, în mod ideal, reutilizată (utilizarea căldurii reziduale sau recuperarea căldurii).

Al **doilea principiu al termodinamicii** nu este mai puțin crucial atunci când vine vorba de tehnologiile de refrigerare. Se afirmă astfel că energia (termică) se transmite în mod natural doar de la un corp mai cald la un corp mai rece. În eventualitatea în care este utilizată energie suplimentară, acest efect poate, însă, fi și inversat, lucru demonstrat, de

exemplu, de fluxul total de energie în cazul unei pompe de căldură geotermală. Aceasta implică utilizarea de energie din solul rece pentru încălzire. Cu toate acestea, transmisiile energetice individuale respectă întotdeauna principiul „**de la cald la rece!**”

Al **treilea principiu al termodinamicii** derivă din cel de-al doilea. Atunci când căldura „trece” în mod natural de la cald la rece, acest lucru înseamnă că un zero absolut nu poate fi atins niciodată, cel puțin nu prin mijloace termodinamice. Acesta se definește ca fiind 0 K sau $-273,15^{\circ}\text{C}$ și descrie o stare în care particulele sunt imobile.

2.2 Principalele patru componente ale circuitelor frigorifice cu compresor

În general, circuitele frigorifice cu compresor pot fi definite prin intermediul a 4 componente principale:

- 1) evaporator
- 2) condensator
- 3) compresor
- 4) unitate de expansiune

Reprezentarea grafică evidențiază aceste componente principale ale unui circuit de agenți de refrigerare. Se poate vedea un ciclu în sens antiorar în care agentul frigorific circulă într-un circuit închis și astfel suferă două schimbări ale stării de agregare.

2.2.1 Evaporatorul

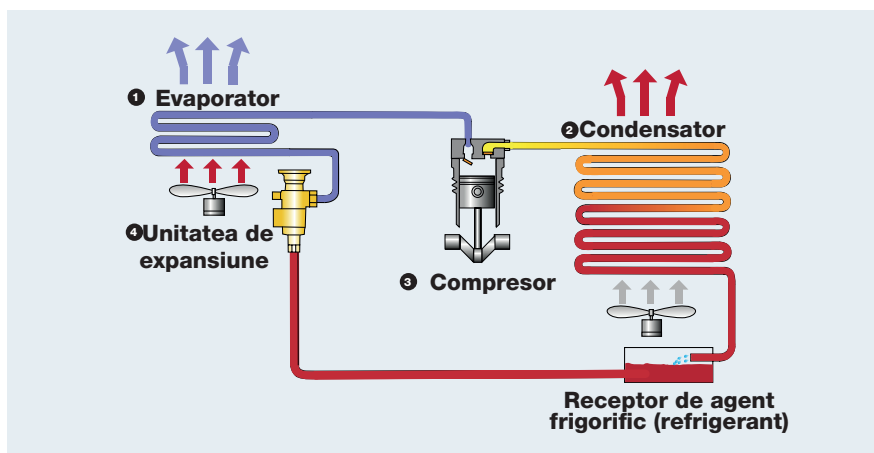
Evaporatorul reprezintă o componentă deosebit de importantă a unui circuit de agenți de refrigerare. Practic, acesta formează „interfața” sistemului de refrigerare cu agentul supus răcirii.

Există diferite versiuni de evaporatoare, după cum urmează:

- schimbătorul de căldură laminat: mediul supus răcirii este, de exemplu, aerul;

- schimbătorul de căldură cu plăci sau cu tole (tuburi plate): pentru lichidele de răcire;
- evaporatorul de contact: pentru transferul termic al solidelor.

În cazul tuturor posibilităților menționate mai sus, fluxul de căldură este același, și anume de la „cald” la „rece”. În condiții de presiune scăzută (presiune de aspirație), cea mai mare parte a agentului frigorific ajunge în evaporator încă în stare lichidă. Acolo, acesta se evaporă prin absorbția căldurii care, în mod ideal, provine în totalitate de la substanța supusă răcirii.



Circuit de agenți de refrigerare simplu, schematic

Obiectivul este injectarea cantității de agent frigorific în evaporator, ceea ce înseamnă că energia din materialul supus răcirii este suficientă pentru o tranziție completă de la lichid la vapori. Cea mai mică valoare posibilă de supraîncălzire a vaporilor din ultima parte a evaporatorului servește ca proces de control necesar pentru unitatea de injecție. În același timp, este garantat faptul că nu ajung cantități de lichid în compresor atunci când apar, de exemplu, fluctuații de sarcină. Prin urmare, evaporatorul și componentele unității de expansiune trebuie să fie foarte bine coordonate.

Coordonarea poate avea o influență semnificativă asupra eficienței și fiabilității sistemului. O temperatură de evaporare corespunzătoare și funcția de supraîncălzire a evaporatorului servesc ca măsură de referință pentru o evaporare eficientă. Ambele valori pot fi determinate în mod fiabil cu un manifold digital.

În mod normal, procesul de răcire este controlat printr-un termostat care oprește punctul de refrigerare sau chiar întregul sistem de refrigerare. Atunci când **decongelarea** devine necesară la nivelul evaporatorului, aceasta reprezintă o altă întrerupere la punctul de refrigerare.

Recomandări privind decongelarea

- **Nu prea devreme:** deoarece o congelare insuficientă sau absentă înseamnă un aport inutil de căldură și o întrerupere a procesului de răcire.
- **Nu prea târziu:** deoarece congelarea puternică la nivelul evaporatorului afectează semnificativ transferul de căldură.
- **Nu mai mult decât este necesar:** deoarece aportul excesiv de energie provenit de la încălzirea pentru decongelare trebuie să fie din nou îndepărtat din sistemul de refrigerare.
- **Cât se poate de eficient:** nu decongeleți folosind elemente de încălzire separate într-un răcitor cu aer, ci utilizați căldura de condensare „proprie” a sistemului de la „interior la exterior” (dezghețarea cu vapori calzi sau reci, schimbarea funcțiilor) și permiteți utilizarea în procesul de răcire a căldurii necesare pentru a topi gheața.
- **În mod controlat:** decongelare prin intermediul controlerelor inteligente sau prin monitorizare de la distanță; așezați sonda de finalizare a decongelării în poziția corectă în evaporator.
- **Bine planificat:** va fi efectuat ca un proces de decongelare executat la cerere.

În cazul evaporatoarelor laminate, dirijarea aerului prin ventilatoare reprezintă un aspect important în ceea ce privește evaluarea eficienței schimbătorului de căldură.

În plus, distanța de proiecție a ventilatorului și debitul volumic de aer impuse de respectivele elemente supuse răcirii trebuie ajustate. Pornirea și oprirea inteligentă a ventilatoarelor în faza de inactivitate permite, printre altele, următoarele:

- îmbunătățirea calității elementelor supuse răcirii;
- amânarea necesității decongelării;
- optimizarea bilanțului energetic al sistemului de refrigerare.

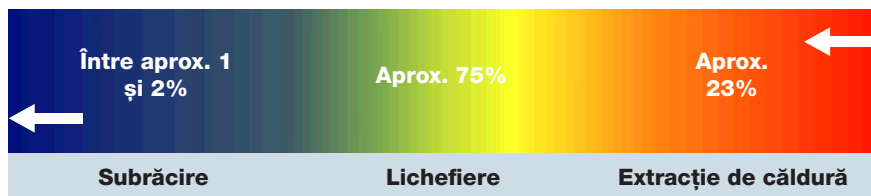
2.2.2 Condensatorul

Rolul condensatorului în cadrul unui sistem de refrigerare este de a disipa energia termică absorbită de la elementele supuse răcirii, precum și majoritatea energiei electrice asimilate din compresor în timpul procesului de compresie. Puterea la ieșire a condensatorului este de aproximativ 1,3 ori mai mare decât cea a evaporatorului (valoarea de referință). Exact ca în cazul evaporatorului, condensatorul poate fi laminat, răcit cu lichid sau căldura acestuia poate fi

disipată într-un solid. Utilizarea căldurii pentru alt proces (utilizarea căldurii reziduale / recuperarea căldurii) reprezintă un aspect esențial când este vorba despre planificarea unui sistem eficient din punct de vedere energetic. Aceasta implică lichefierea prin eliberare de căldură a agentului frigorific în stare de vapori, supraîncălzit, aflat sub presiune ridicată.

În principiu, un condensator este alcătuit din trei secțiuni:

- zona de extracție a căldurii
- zona de lichefiere
- zona de subrăcire



Procese și proporții în cazul zonelor individuale ale condensatorului

Lichefierea agentului de refrigerare necesită cel mai mult spațiu. După comprimare, prima etapă implică răcirea vaporilor de agent frigorific supraîncălziți până la o temperatură de condensare corespunzătoare. În acest moment, în condensator apare prima picătură de agent frigorific în stare lichidă. Pe măsură ce disiparea căldurii continuă în zonele apropiate, picătura își mărește dimensiunea, până când nu mai există vapori de agent frigorific. În acest moment este posibil să intervină o ușoară subrăcire a agentului frigorific, dacă respectivul condensator este proiectat în mod adecvat.

Acest lucru depinde de cât de curate sunt suprafețele de schimb de căldură, în special în cazul condensatoarelor răcite cu aer. Transferul termic este afectat dacă există impurități, ducând la o eficiență redusă a schimbătorului de căldură. La rândul său, acest lucru duce la scăderea indicilor de performanță, la o disponibilitate redusă a sistemului de refrigerare sau chiar la defectarea acestuia.

Utilizarea energiei termice nu este obligatorie doar la proiectarea unui sistem, ci reprezintă, de asemenea, o opțiune inteligentă în cazul re tehnologizării sistemelor existente. De regulă, căldura pentru decongelare poate fi folosită (foarte eficient și eficace) pentru încălzirea încăperilor, a apei potabile sau în alt proces tehnice. În special în cazul încălzirii încăperilor sau a apei potabile, este eficient din punct de vedere energetic să fie utilizată exclusiv energia termică disponibilă în momentul respectiv, fără măsuri suplimentare (de exemplu, creșterea nivelului presiunii). În cazul în care un sistem de refrigerare funcționează intermitent, utilizarea unităților de stocare de tip tampon este o opțiune viabilă. Cu toate acestea, apa potabilă caldă nu trebuie depozitată din motive de igienă, ci trebuie încălzită doar în funcție de necesitate, în așa-numitele încălzitoare instantanee.

2.2.3 Compresorul

Compresorul reprezintă acea componentă a unui circuit de agenți de refrigerare care necesită cea mai multă energie. Prin urmare, la proiectarea acestor sisteme, accentul ar trebui să se pună pe utilizarea eficientă a acestuia.

În general, se face o distincție între trei tipuri diferite de carcase:

- **compresor închis integral ermetic:**

compresor sigilat ermetic, capacități mai mici, motor electric și compresor inaccesibile din exterior, motor electric răcit cu vapori de aspirație reci (răcire cu vapori de aspirație) și/sau cu ulei (răcire cu ulei);

- **compresor închis semi-ermetic:**

capacități medii și mai mari, motor electric și compresor interconectate solid în carcasă, motor răcit cu vapori de aspirație reci sau cu un ventilator montat în mod corespunzător, posibilitate de înlocuire a motorului electric și acces nerestricționat la plăcile supapei compresorului pentru activități de service;

- **compresor deschis:**

compresor și dispozitiv de acționare interconectate în general magnetic sau printr-un arbore. Agentul frigorific nu circulă prin motorul electric, ci este direct atras în interior de către compresor, este posibilă montarea flanșei pe o cutie de viteze, iar accesul la plăcile supapei compresorului este nerestricționat pentru activitățile de service. Aceasta implică răcirea activă sau pasivă a motorului electric cu ajutorul aerului ambiental.

Sarcina compresorului la nivelul circuitului de agenți de refrigerare este de a aspira vaporii supraîncălziți de pe conducta de aspirație (presiune de aspirație) și de a-i comprima la un nivel ridicat de presiune. Acest nivel se bazează pe raportul dintre capacitatea condensatorului în condiții ambientale adecvate și sarcina curentă a sistemului, fiind în continuă schimbare. Fluctuațiile la nivel de sarcină și modificările sezoniere din timpul zilei/noptii sau temperaturile anuale mai mari/mai mici sunt doar o parte dintre factorii care influențează astfel de procese.

De aici rezultă faptul că așa-numita cursă de presiune la nivel de compresor și, implicit, efortul și eficiența, de asemenea, sunt variabile. Există riscul, în special la temperaturi exterioare mai scăzute, ca întreaga capacitate a condensatoarelor răcite cu aer să devină considerabil prea mare din cauza temperaturilor exterioare mai scăzute. În acest caz este necesar un control corespunzător al capacității. Cea mai simplă opțiune este controlul vitezei ventilatoarelor în funcție de frecvență. În cazul sistemelor de refrigerare care pot fi oprite pe o perioadă lungă de timp într-un mediu rece, este necesară montarea unui dispozitiv de control al presiunii receptorului. Astfel poate fi evitată ciclarea compresorului sau defecțiunile cauzate de o presiune scăzută în timpul pornirii.

În timpul comprimării agentului frigorific supraîncălzit care este aspirat, acesta este supus unei supraîncălziri suplimentare considerabile. În funcție de agentul frigorific, poate fi vorba de temperaturi mai mari de + 100°C la nivelul prizei de presiune a compresorului. Astfel, aceste temperaturi necesită, de asemenea, utilizarea unor uleiuri speciale în compresor, deoarece acestea nu trebuie să își piardă calitățile de lubrifiere nici chiar la temperaturi de evaporare mici.

2.2.4 Unitatea de expansiune

Unitatea de expansiune dintr-un sistem de refrigerare sau de aer condiționat are sarcina importantă de a injecta în evaporator cantitatea potrivită de agent frigorific lichid pentru a facilita evaporarea unei cantități cât mai mari de agent frigorific în conținutul conductei aferente. Evaporarea agentului frigorific presupune multă energie, care este preluată din elementele supuse răcirii. Următoarele modele sunt frecvent întâlnite:

- tubul capilar
- valva automată de expansiune
- valva termostatică de expansiune
- valva de expansiune cu acționare electrică

Tubul capilar reprezintă cel mai simplu dispozitiv de accelerare. Acest lucru este calculat cu precizie în prealabil de către fabricantul sistemului; de regulă, este verificat inclusiv debitul. Lungimea și diametrul interior pot varia, făcând posibilă atingerea nivelului de contrapresiune vizat. Aceasta este o soluție puțin costisitoare, dar funcționează în mod ideal numai în faza de proiectare. Drept urmare, acest tip de unitate de expansiune este des întâlnit, de pildă, în cazul frigiderelor.

Valva **automată de expansiune** (sau: valva de expansiune la presiune constantă) este mai rar utilizată, deoarece aceasta doar încearcă să mențină constantă presiunea de evaporare. Aceste valve nu trebuie utilizate decât în cazul sistemelor cu fluctuații reduse de sarcină.

Valva **termostatică de expansiune** încă reprezintă actualmente un element standard al sistemelor de refrigerare comerciale. Spre deosebire de valva de expansiune la presiune constantă, aceasta permite exclusiv menținerea la nivel constant a secțiunii de supraîncălzire din evaporator. Configurarea cu exactitate a valvei termostactice de expansiune este deosebit de importantă pentru a garanta un număr cât se poate de mic de defecțiuni la acest nivel. Dacă sarcina fluctuează, secțiunea de supraîncălzire din evaporator se modifică și, astfel, se modifică și temperatura vaporilor supraîncălziți la nivelul gurii de ieșire a evaporatorului. Aceasta reprezintă variabila de verificare, iar valva variază în acest context cantitatea de agent frigorific injectat. Cu toate acestea, modificarea presiunii de intrare (presiune ridicată) înainte de valva termostatică de expansiune și modificarea temperaturii agentului frigorific lichid (subrăcire) pot duce la schimbarea semnificativă a puterii valvei. Acest lucru trebuie luat în

considerare chiar din etapa de proiectare a sistemului!

Valva de expansiune cu acționare electrică (denumită adesea și valvă electronică de expansiune) este cel mai important element de control dintre unitățile de expansiune menționate. Obiectivul este, în primul rând, o ajustare mult mai precisă a ratei de supraîncălzire la nivel de evaporator și, în al doilea rând, ajustarea optimă a acesteia chiar și în condiții de fluctuații ale sarcinii, utilizând surse auxiliare de energie (acționare electrică).

În principiu, se face o distincție clară între două moduri de acționare: modulația în durată a impulsurilor și rularea continuă cu un motor pas cu pas. Modulația în durată a impulsurilor antrenează acționarea prin impulsuri a tipului de ventil electromagnetic. Durata impulsului este, în general, de 6 secunde. Regulatorul de injecție de nivel superior determină durata de timp pe care valva va rămâne deschisă în cadrul procesului, folosind informațiile pe care le primește de la o serie de sonde de pe evaporator și din jurul acestuia.

Datorită fluxului de masă intermitent, aceste valve sunt mai potrivite pentru așa-numitele **sisteme cu circuite multiple** (mai multe puncte de refrigerare pe un singur circuit de agenți de refrigerare). În acest sens, dimensionarea țevelor pentru lichid este importantă în ceea ce privește prevenirea cazurilor de suprapresiune. Valvele de expansiune cu acționare electrică acționate și controlate cu ajutorul unui motor pas cu pas reprezintă adesea cea mai bună alegere în cazul sistemelor de refrigerare solicitante. Acestea injectează fără întrerupere lichidul frigorific în evaporator. Deoarece controlerul electronic asociat verifică în mod constant nivelul de umplere optim din evaporator, reajustându-l când este cazul, aceste valve reprezintă cea mai bună alegere, în condiții variabile de sarcină.

2.5 Alte componente importante ale circuitului de agenți de refrigerare

Pe lângă furnizarea unei cantități suficiente de agent frigorific lichid în unitatea de expansiune, **receptorul de agent de refrigerare** mai are și sarcina de a separa de lichid orice bule de vapori apărute în conducta pentru produsul de condensare. La alegerea design-ului, **receptorul vertical** este de preferat în locul celui orizontal. Receptoarele verticale au coloane de lichid mai

înalte și, deci, o posibilitate mai bună de monitorizare a nivelului de umplere și aduc un câștig în ceea ce privește subrăcirea.

Uscătorul de agenți de refrigerare – încorporat în țeava de lichide – are rolul de a fixa umiditatea reziduală din sistem. În combinație cu agentul de refrigerare, cu uleiul și căldura, umiditatea reziduală potențială poate genera un acid care atacă, printre altele, sârma de cupru emailat a compresorului. Mai mult, există posibilitatea de a minimiza conținutul de acid din circuit cu ajutorul unor aditivi adecvați. Un filtru suplimentar împiedică particulele străine, cum ar fi așchiile sau depunerile, să ajungă la ventilul electromagnetic sau la valva de expansiune. În eventualitatea în care se derulează orice procedură la nivelul circuitului de agenți de refrigerare, uscătorul de filtre trebuie înlocuit.

Indicatorul de nivel al apei (cu sticlă transparentă) permite vizualizarea fluxului de agent frigorific. Dacă acest indicator de nivel este încorporat chiar înaintea valvei de expansiune, se poate observa cu ușurință pre-evaporarea cauzată de fluctuațiile considerabile de presiune din țeava de lichid și subrăcirea insuficientă, respectiv lipsa agentului frigorific.

Modulul 3: Măsurarea corectă la nivelul sistemelor de refrigerare

3.1 Înregistrarea și evaluarea parametrilor importanți

Valorile exacte de măsurare și cunoștințele de specialitate stau la baza unei evaluări cuprinzătoare a sistemelor și a unei reglări corecte a sistemelor de refrigerare și de aer condiționat. Aceasta este singura modalitate de a înregistra și evalua condițiile de exploatare cruciale sau parametrii esențiali.

Parametrii importanți care trebuie sau ar trebui verificați includ:

- supraîncălzirea **evaporatorului**: pentru umplerea optimă a evaporatorului și pentru verificarea nivelului actual de supraîncălzire al valvei de expansiune.
- supraîncălzirea **vaporilor aspirați**: pentru utilizarea compresorului în conformitate cu specificațiile din schema sa de funcționare, pentru a putea garanta, de exemplu, răcirea vaporilor aspirați de compresor și, astfel, a preveni orice potențială cocsificare a uleiului.
- modul **de funcționare a unui schimbător de căldură intern cu lichid / vaporii aspirați**: pentru a verifica nivelul de subrăcire și supraîncălzire suplimentară ca urmare a utilizării unui astfel de schimbător de căldură.
- așa-numita diferență de **temperatură de acțiune** la nivelul schimbătorului

de căldură: pentru a îmbunătăți sau reevalua eficiența schimbătorului de căldură.

Aspecte importante privind punerea în funcțiune a sistemelor de refrigerare:

La punerea în funcțiune a sistemelor de refrigerare, setările efectuate în timpul acestui proces rămân adesea neschimbate pe termen lung. Prin urmare, orice setare incorectă sau inexactă privind supraîncălzirea poate duce la deteriorarea compresorului.

- **Valorile de supraîncălzire prea mici** duc la deteriorarea rulmentului, la scurt-circuitarea bobinei sau la spumarea uleiului.
- **Valorile de supraîncălzire prea mari** duc la probleme precum scăderea performanței, o înghețare mai puternică la nivelul evaporatorului și, implicit, la timpi de decongelare prea mari.

Eficiența sistemului și bilanțul ecologic suferă agravări semnificative, clientul este nemulțumit, iar consecința este o activitate inutilă de service.

Aspecte importante privind operațiile de service:

În cazul operațiilor de service, este adesea deosebit de important ca instalatorul să primească **cei mai importanți parametri ai sistemului fără întârziere**. Așa-numitele manifolduri reprezintă cele mai importante instrumente de măsură pentru instalator. Cu toate acestea, acest instrument de măsură indispensabil este adesea expus la solicitări mecanice și termice în cazul vehiculelor, dar și pe șantierele de construcții.

Modelul analog, adică manometrul cu indicatoare mecanice, este în special predispus la a transmite valori de măsurare inexacte. În plus, este practic imposibilă citirea directă a valorilor de maximă relevanță, cum ar fi **supraîncălzirea** (a se vedea secțiunea 3.2) și **subrăcirea** (a se vedea secțiunea 3.3). Atunci când valorile amintite mai sus sunt calculate manual, există întotdeauna riscul apariției unor erori matematice, precum și al erorii de paralaxă.

Lucrurile stau altfel când este utilizat manifoldul digital. În acest caz, presiunile la nivel de sistem și temperaturile asociate pot fi înregistrate în **paralel** și cu **mare exactitate** pentru a permite determinarea valorilor de supraîncălzire și subrăcire. Astfel, apariția unei erori de ordin matematic sau a unei erori de paralaxă devine practic imposibilă.

Iluminarea afișajului, ajustarea presiunii ambientale, precum și stocarea datelor de măsurare sunt funcții suplimentare utile, care fac ca lucrările de service să se deruleze rapid și eficient. Prin urmare, ar fi imposibil actualmente să ne imaginăm trusa de scule a oricărui inginer din domeniul sistemelor de refrigerare / aer condiționat fără instrumente electronice de măsurare a agentului frigorific, precum manifoldul digital testo 550.

3.2 Subrăcirea

În principiu, este cel mai bine ca nivelul de subrăcire al agenților de refrigerare lichizi să fie determinat înaintea etapei unității de expansiune. Calculele privind subrăcirea după etapa condensatorului sau a receptorului (vertical) sunt relevante doar pentru luarea în considerare a secțiunilor secundare. Cu toate acestea, starea agentului frigorific înaintea etapei unității de expansiune este crucială.

Subrăcirea reprezintă un parametru de evaluare foarte important pentru eficiența sistemului de refrigerare. În eventualitatea în care există subrăcire adițională (ex. prin intermediul unui răcitor secundar extern) ulterior în circuitul de agenți de refrigerare, atunci toate componentele țevii de lichid trebuie verificate sau reajustate.

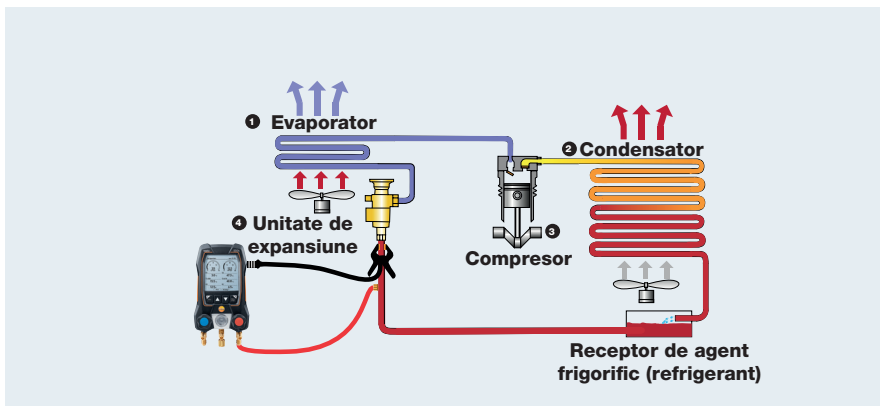
Pe de-o parte, subrăcirea duce la creșterea entalpiei agentului frigorific, sporind astfel cantitatea de căldură care poate fi absorbită de evaporator. Pe de altă parte,

acesta este un fenomen necesar pentru a putea depăși căderile de presiune din țeava de lichid fără pre-evaporare.

Note:

- Subrăcirea la suprafața lichidului din receptor este **întotdeauna la nivelul de 0 K.**
- Subrăcirea adițională trebuie generată întotdeauna **imediat după etapa receptorului.**
- Posibilitățile de subrăcire sunt destul de limitate în cazul **condensatorului răcit cu aer.**
- Îmbunătățirile **performanței care au loc în paralel cu** subrăcirea la nivelul unității de expansiune, al ventilului electromagnetic și evaporatorului trebuie luate în considerare încă din etapa de proiectare.

- **O subrăcire foarte extinsă** poate duce la lipsa amortizării atunci când ventilele electromagnetice sunt deschise și, prin urmare, la șocuri hidraulice la nivelul țevii de lichid.
- Sunt posibile doar valori foarte mici, din motive de ordin fizic, imediat după etapa receptorului de agent frigorific. Acestea depind de **temperatura ambientală**, de **design-ul** receptorului (vertical / orizontal), de **subrăcirea la admisia în receptor** a agentului frigorific care poate fi prezent, respectiv de **nivelul actual de umplere** al receptorului de agent frigorific (înălțime geodezică).



Determinarea subrăcirii înainte de etapa valvei de expansiune

3.3 Supraîncălzirea

La fel ca subrăcirea, supraîncălzirea este unul dintre cei mai importanți parametri în evaluarea cu precizie a eficienței actuale a sistemului vizat. În principiu, este necesară o distincție aici în ceea ce privește punctul din circuitul de agenți de refrigerare unde trebuie calculată supraîncălzirea:

- 1) supraîncălzire la nivelul evaporatorului
- 2) supraîncălzire la nivelul țevii de aspirație
- 3) supraîncălzire la admisie
- 4) supraîncălzire la nivel de compresor

Referitor la 1)

Supraîncălzirea la nivelul

evaporatorului se determină imediat după evaporator, respectiv la începutul țevii de aspirație. Elementul sondei aferente valvei termostatică de expansiune sau senzorului de supraîncălzire corespunzător valvelor de expansiune acționate electric se va amplasa în același loc.

Referitor la 2)

Supraîncălzirea la nivelul țevii de aspirație are loc, în general, ca urmare a impactului termic al mediului prin izolația țevii de aspirație. Acest impact termic nu este dorit, în mod normal, în cazul sistemelor cu o proiectare și implementare optimă, deoarece această căldură trebuie, la rândul ei, transportată de circuitul de refrigerare.

Cu toate acestea, în cazul în care există schimbătoare de căldură suplimentare încorporate în țeava de aspirație, care, de exemplu, asigură o conexiune termică a țevelor de aspirație și a țevelor pentru lichid sub forma așa-numitelor „schimbătoare interne de căldură”, efectul este pozitiv și performanța este îmbunătățită per ansamblu (excepție făcând R-717 și R-22).

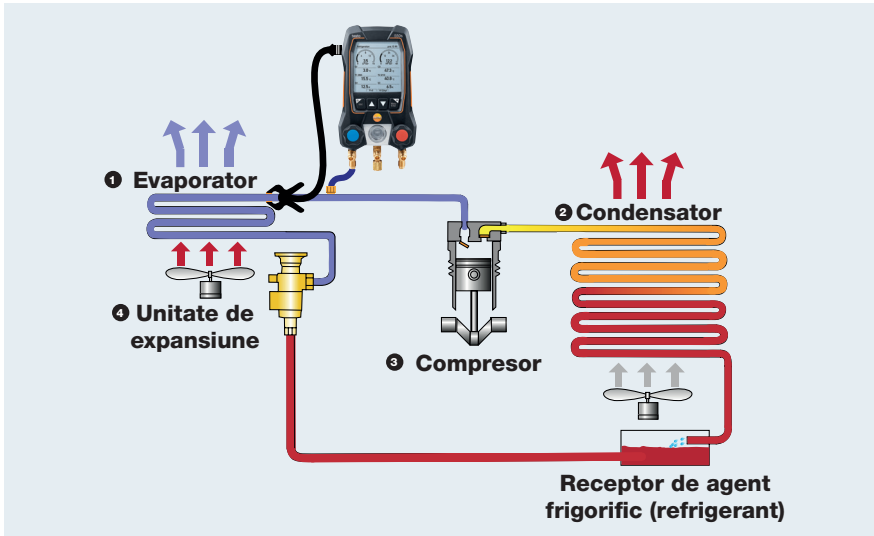
Referitor la 3)

Supraîncălzirea la admisie,

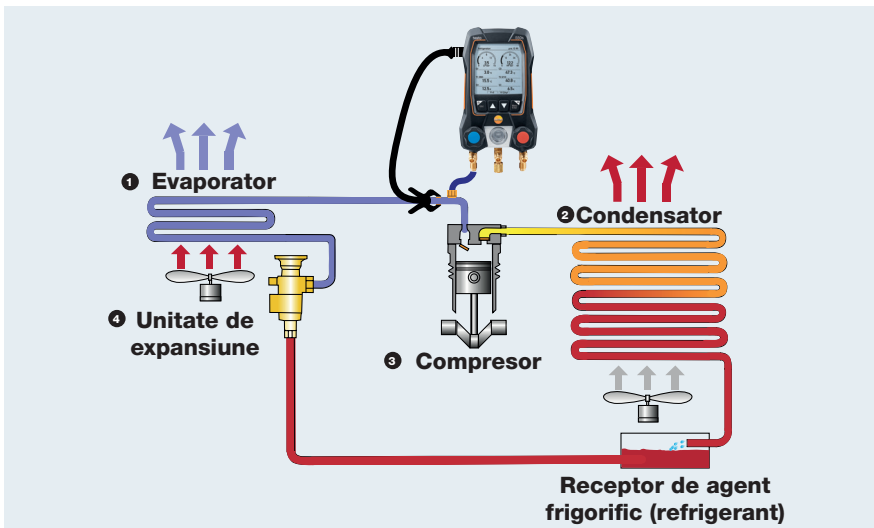
determinată imediat înaintea procesului de introducere în compresor a vaporilor de aspirație supraîncălziți, se bazează practic pe supraîncălzirea cumulată a evaporatorului și țevii de aspirație, inclusiv a oricărui potențial schimbător de căldură intern existent.

Referitor la 4)

În practică, este relativ imposibil de determinat nivelul de **supraîncălzire suplimentară** la nivelul compresorului, astfel încât acesta nu va juca niciodată un rol semnificativ în contextul lucrărilor de service. Cauza supraîncălzirii este în mod predominant răcirea vaporilor aspirați la nivel de compresor, acest aspect fiind specific producătorului.



Determinarea cauzelor supraîncălzirii evaporatorului



Determinarea nivelului de supraîncălzire la admisie

