ENGINEERING TOMORROW

Document tehnic

Retrofit și agenții frigorifici cu alunecare mare

Declarație Danfoss

De Norbert Blatz, Global Application Excellence Manager,
John Broughton, Global Application Expert, Commercial Refrigeration,
Rasmus Damgaard Poulsen, Specialist, Global Laboratory Technology, Ph.D. Chimie,
Thierry Legay, Application Excellence Manager.
Danfoss Cooling, septembrie 2016

Această colecție de documente oferă informații, îndrumări generale și detaliate cu privire la retrofit și la agenții frigorifici cu alunecare de temperatură mare.
Deoarece această temă va fi dezbătută timp de câțiva ani în cadrul industriei refrigerării și condiționării aerului, prezenta colecție a fost alcătuită în modul cel mai general posibil. Toate exemplele prezentate trebuie așadar considerate exemple neutre destinate discutării aspectelor tehnice.

Danfoss oferă o gamă largă de produse în domeniul agenților frigorifici cu potențial de încălzire globală redus (GWP redus). Contactați reprezentantul Danfoss local pentru a obține cele mai noi informații.

Discuția despre retrofit se referă numai la sistemele existente care trebuie dotate cu un agent frigorific alternativ. Motivele modernizării sunt:
1. Tipul de agent frigorific nu mai este permis
2. Tipul de agent frigorific nu mai este disponibil
3. Înlocuirea întregii instalații este prea scumpă

Trebuie avut în vedere că un sistem nou cu un agent frigorific cu GWP redus de ultimă generație va fi mai eficient, deci va avea costuri de operare mai reduse decât unul vechi modernizat.

1. **Verificare rapidă înainte de modernizare (Norbert Blatz)**
   Înainte de a începe modernizarea unui sistem trebuie să se verifice dacă sistemul poate fi echipat cu agentul frigorific avut în vedere. Este posibil să fie necesare modificări suplimentare.

2. **Modernizarea agentului frigorific; Compatibilitatea chimică a componentelor (Rasmus Damgaard Poulsen)**
   O extindere a „Verificării rapide" conținând mai multe detalii în ceea ce privește ce scenarii sunt posibile în cazul retrofitului unui sistem și ce înseamnă aceasta cu privire la componente și materiale.

3. **Procedura de retrofit a sistemelor (Norbert Blatz, Thierry Legay)**
   Îndrumări pas cu pas despre cum se efectuează o modernizare de sistem. Un exemplu de sistem mic care poate fi transferat pe scară mai mare la sisteme mai complexe.

4. **Modernizarea sistemelor cu agenți frigorifici cu alunecare de temperatură (Norbert Blatz, John Broughton)**
   Majoritatea agenților frigorifici utilizați pentru retrofit, dar și pentru proiectarea unui sistem nou sunt amestecuri și sunt caracterizați printr-o alunecare de temperatură relativ mare.
   Ce înseamnă acest lucru și ce implică pentru sistem și aplicație va fi descris în detaliu în relație cât mai apropiată cu practica.

1. Verificare rapidă înainte de retrofit

De Norbert Blatz, Global Application Excellence Manager

Compresor:
• Compresorul poate funcționa cu noul agent frigorific?
• Verificați cât se va schimba capacitatea de răcire.
• Limitele de funcționare ale aplicației sunt încă adecvate? Verificați limitele de temperatură și presiune.
• În majoritatea cazurilor este nevoie ca încărcătura de ulei să fie schimbată cu una nouă.

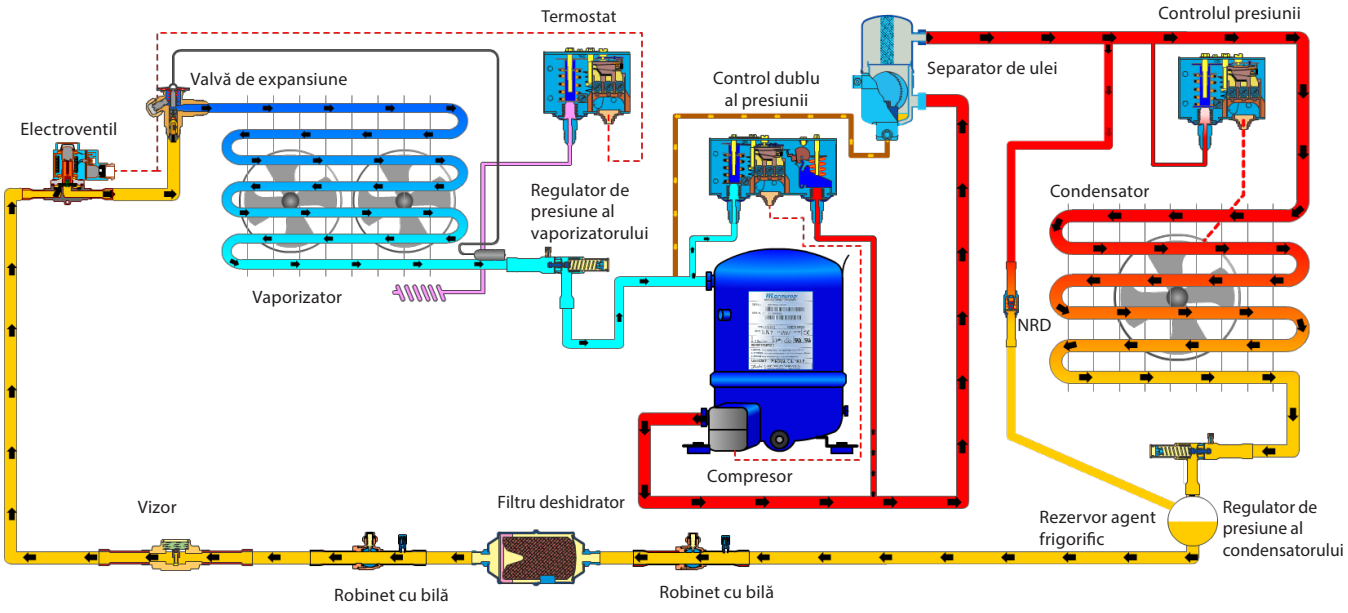
Condensator:
• Verificați capacitatea pentru a se potrivi cu noua capacitate a compresorului. Agenții frigorifici cu alunecare de temperatură necesită o suprafață mai mare datorită diferenței de temperatură medie mai scăzută. Aceasta ar putea provoca o creștere a temperaturii de condensare.

Vaporizator:
• Verificați capacitatea și performanța să se potrivească cu cerințele de stocare în ceea ce privește umiditatea. Agenții frigorifici cu alunecare de temperatură pot cauza o rată de dezumidificare mai ridicată.

Valve:
• Electroventilele și alte tipuri de valve cu garnituri de cauciuc trebuie echipate cu noi garnituri. Motivul este acela că uleiul/agentul frigorific care pătrunde în material poate provoca umflături. La utilizarea noului ulei/agent frigorific, conținutul vechi va fi eliminat iar garnitura nu va mai fi etanșă, ceea ce va duce la scurgeri în mediul ambiant.
• Valvele de expansiune termostatica sau valvele cu element termostatic reglate pentru un anumit agent frigorific nu pot fi utilizate cu un nou tip de agent frigorific. Ca o primă abordare se pot compara curbele de presiune – temperatură ale vechiului și noului agent frigorific. Dacă valva poate fi ajustată iar diferența la temperatura dorită nu diferă cu mai mult de 3 K, o reglare pentru noua situație ar putea fi posibilă. Dacă aveți dubii, consultați personalul Danfoss local.
• Alte valve, cum ar fi cele de control al presiunii, pot necesita reajustare. Verificați dacă intervalele de setare ale valvei și presiunea maximă de lucru a sistemului sunt adecvate pentru noul agent frigorific.

Conductele:
• Verificați dimensionarea conductelor. Noul agent frigorific poate avea valori diferite pentru densitate și entalpie (capacitate de transport a căldurii). Acest lucru poate duce la viteze și pierderi de sarcină diferite care sunt hotărâtoare pentru păstrarea conductelor existente. Zona critică este conducta de aspirație și returul de ulei!

Controler:
• Verificați dacă controlerul necesită ajustare. Setarea controlerului de supraîncălzire trebuie modificată pentru noul tip de agent frigorific. Este posibil să fie necesară adoptarea unor alte setări de temperatură sau presiune.



© Danfoss | DCS | 2017.08

2. Modernizarea agentului frigorific; Compatibilitatea chimică a componentelor

De Rasmus Damgaard Poulsen, Specialist, Global Laboratory Technology, Ph.D. Chimie

În acest context, modernizarea sistemelor de răcire este definită drept înlocuirea agentului frigorific și/sau a uleiului într-un sistem funcțional. Se știe că principalele implicații se referă la compatibilitatea etanșărilor, ce pot duce la scurgeri sau defecțiuni ale sistemului, precum și la setările sistemelor individuale (de exemplu dispozitivele de expansiune și alte dimensiuni ale componentelor utilizate în sistem). Acest articol se concentrează pe problemele de compatibilitate a materialelor care pot să apară la retrofitul componentelor sistemelor de răcire. Problemele legate de compresor, modificările de capacitate și eficiență datorită noilor caracteristici termodinamice și modificările de funcționalitate cum ar fi reglajele de supraîncălzire la valvele de expansiune și miscibilitatea cu umiditatea nu sunt tratate aici.

Problema de compatibilitate este că modificarea reacțiilor chimice la trecerea de la un amestec de agent frigorific/ulei la altul va provoca modificări substanțiale ale performanțelor garniturilor de etanșare, ceea ce duce scurgeri și la defectarea componentelor Danfoss. Din punct de vedere tehnic, riscul este în principal legat de modificările de volum și problemele de compresie la etanșările obișnuite, nedinamice, unde și alte proprietăți, cum ar fi duritatea, aderența, elongația, capacitatea de lucru la temperatura maximă și la cea minimă și alți parametri sunt de asemenea importanți.

Riscurile sunt bine cunoscute iar producătorii de etanșări și cei de agenți frigorifici pentru retrofit declară în prezent că toate etanșările trebuie înlocuite în caz de modernizare. Este de asemenea bine cunoscut că pentru multe garnituri utilizate în sistemele frigorifice, diversele tipuri de uleiuri pot avea o influență diferită cu privire la modificarea proprietăților materialului de etanșare. La efectuarea unei modernizări, o problemă generală este că modificarea poate duce în noile condiții la separarea de particule și reziduri care înainte de retrofit erau aderente la sistem. Acestea pot bloca sau pot produce probleme mecanice.

Există trei tipuri principale de retrofit, retrofit tip 1, 2 și 3, care trebuie examinate cu privire la problemele de compatibilitate.

Tip de retrofit	Tip de agent frigorific	Tip de ulei	Modificările de proprietăți	Evaluarea riscurilor
1	De la HFC la HFC/HFO	De la POE la POE De la PVE la PVE	Atât agentul frigorific vechi cât și cel înlocuit au proprietăți chimice similare	Foarte redus
2	De la HCFC la HFC/HFO	De la MO la MO De la AB la AB	Atât agentul frigorific vechi cât și cel înlocuit au proprietăți chimice diferite	Minor
2	De la HCFC la HFC/HFO	De la MO la POE/PVE De la AB la POE/PVE	Atât agentul frigorific vechi cât și cel înlocuit au proprietăți chimice diferite cu privire la compatibilitatea cu garniturile de etanșare. Schimbarea uleiului poate da proprietăți diferite.	Major

Notă: Evaluarea riscurilor de mai sus este valabilă numai dacă s-au schimbat toate garniturile. Evaluarea detaliată se găsește mai jos.
Notă: Denumiri hidro-cloro-fluoro-carbon (HCFC); hidro-fluoro-carbon (HFC); hidro-fluoro-olefină (HFO); poliol-ester (POE); polivinil-eter (PVE); ulei mineral (MO); alchil-benzen (AB)

Modernizarea agentului frigorific; Compatibilitatea chimică a componentelor (cont.)

Retrofit de tip 1

Înlocuirea agentului frigorific cu unul având proprietăți de compatibilitate similare, uleiul rămânând de același tip.
• Schimbarea agentului frigorific nu va modifica proprietățile materialului de etanșare într-un mod care să producă riscuri importante.
• Modernizarea poate fi de tipul de la HFC la HFC/HFO, cu păstrarea uleiului de tip POE. Aceasta va provoca foarte puține probleme dacă temperatura și presiunea sunt similare.
• La schimbarea etanșărilor riscul este scăzut, deoarece tot agentul frigorific este îndepărtat. Uleiul eventual rămas în sistem va reacționa similar noului ulei, dacă uleiul nu a fost descompus sau alterat în vechiul sistem.
• Riscul de complicații este foarte scăzut, lucru susținut și de datele istorice.

Retrofit de tip 2

Înlocuirea agentului frigorific cu unul având proprietăți de compatibilitate diferite, uleiul rămânând de același tip.
• Înlocuirea agentului frigorific poate provoca probleme legate de degazare (contracție) sau dilatare excesivă în momentul înlocuirii.
• Tipul de retrofit poate fi de tipul de la HCFC la HFC/HFO, cu păstrarea uleiului de tip MO. Aceasta va provoca puține probleme dacă temperatura și presiunea sunt similare.
• Cele mai mari riscuri le prezintă utilizarea pe scară largă a etanșărilor cu cantități mari de agent de înmuiere care a fost antrenat de agentul frigorific vechi, sau situația inversă, cu noul agent frigorific. Riscul de defecțiune sau scurgere depinde de capacitatea agentului frigorific modernizat de a menține reacțiile chimice ale întregului sistem.
• La schimbarea etanșărilor riscul este scăzut, deoarece tot agentul frigorific este îndepărtat. Uleiul eventual rămas în sistem va reacționa similar noului ulei, dacă uleiul nu a fost descompus sau alterat în vechiul sistem.
• Riscul de complicații este minor, lucru susținut și de datele istorice.

Retrofit de tip 3

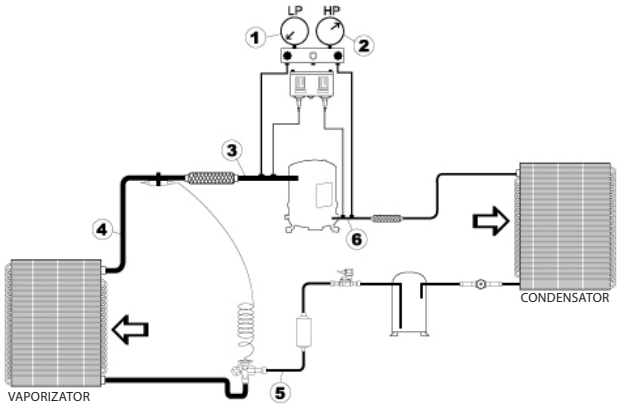
Înlocuirea agentului frigorific și înlocuirea tipului de ulei, ambele cu proprietăți diferite.
• Schimbarea agentului frigorific va modifica proprietățile materialului de etanșare producând riscuri importante.
• Tipul de retrofit poate fi de tipul de la HCFC la HFC/HFO, cu înlocuirea uleiului de tip MO cu ulei POE. Aceasta va provoca riscuri majore, iar aceste vor fi și mai mari dacă temperatura și presiunea nu sunt similare.
• La schimbarea etanșărilor riscul este scăzut în ceea ce privește agentul frigorific, dacă tot agentul frigorific este îndepărtat.
• Pericolul este dat de prezența a două tipuri de ulei în sistem care au compatibilități diferite față de materialele de etanșare. De aceea, chiar dacă reacțiile chimice din sistem sunt validate pentru utilizarea agentului frigorific HFC/HFO cu ulei POE, prezența uleiului de tip MO poate provoca alte modificări ale compatibilității materialului de etanșare având ca rezultat scurgeri sau defecțiuni. În acest sens, trebuie tratate și dilatarea valvei termostatice de expansiune și nevoia de indicare și eliminare a umidității, deoarece uleiul nemiscibil poate modifica proprietățile mecanice și chimice.
• Dacă etanșările și agentul frigorific sunt înlocuite ținând seama de cele de mai sus, riscul major îl constituie modificarea tipului de ulei. Dacă este posibilă înlocuirea integrală a uleiului, riscurile vor scădea la nivelul retrofit de tip 2. Totuși, în realitate este adeseori imposibil să se înlocuiască întreaga cantitate de ulei. Precauții precum îmbunătățirea întoarcerii uleiului pot reduce riscul circulării unui amestec de uleiuri prin întregul sistem, însă acest lucru depinde de fiecare sistem în parte și deci este necunoscut.
• De asemenea, unii agenți frigorifici noi conțin unele hidrocarburi în care uleiul de tip MO este nemiscibil.
Din punct de vedere teoretic acest lucru ar face posibilă antrenarea uleiului de tip MO în sistem.
• Riscul de complicații este major, deoarece există numeroase scenarii ce depind de procentul de înlocuire a uleiului și de tipul de agent frigorific modernizat. Nu există date istorice în acest sens. În plus, modificările specificațiilor sistemului, cum ar fi temperatura și presiunea, pot mări riscul.

© Danfoss | DCS | 2017.08

3. Procedura de retrofit a sistemului

De Norbert Blatz și Thierry Legay, Global Application Excellence Manager

Pasul 1 – Controlarea parametrilor de funcționare



Măsură:

1. Presiune de aspirație la compresor
2. Presiune de refulare la compresor

Măsură:

3. Temperatură pe aspirație la compresor (adică supraîncălzirea totală)
4. Temperatură pe aspirație la vaporizator (adică supraîncălzirea totală la vaporizator)
5. Temperatura lichidului la intrarea în valva de expansiune (adică subrăcirea lichidului)
6. Temperatura pe refulare la compresor

Măsură:

7. Tensiune și intensitate de alimentare electrică
8. Controlați curgerea agentului frigorific către vaporizator pe fiecare tub de distribuție (verificați să nu aveți tuburi înfundate cu murdărie sau reziduuri).

Pasul 2 – Îndepărtarea încărcăturii de agent frigorific

Trebuie folosit un echipament de recuperare a agentului frigorific.

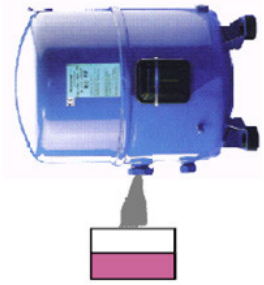
- Închideți valva de închidere a rezervorului de lichid, sau orice componentă a liniei de lichid adecvată pentru pump-down.
- Lăsați sistemul să funcționeze până ce presostatul de presiune scăzută oprește compresorul.
- Opriți alimentarea de la comutatorul principal.
- Izolați din sistem (dacă este posibil) partea de înaltă presiune a compresorului, închizând valva rotolock de descărcare.
- Îndepărtați agentul frigorific din partea de înaltă presiune a sistemului prin orice racord sau valvă de pe linia de lichid.
- După ce agentul frigorific din partea de înaltă presiune a fost preluat în butelia de recuperare, deschideți dispozitivul de izolare de pe partea de joasă presiune.
- Notați cantitatea de agent frigorific recuperată.

Observații importante:

- Sistemele încărcate cu agenți frigorifici inflamabili (clasele de siguranță A2, A2L, A3) trebuie întreținute și reparate conform bunelor practici ale industriei frigorifice, cu anumite modificări ale uneltelor, echipamentului și procedurilor. Inginerii care lucrează la sistemele cu gaze inflamabile trebuie instruiți în mod adecvat!
- Uneltele trebuie să fie certificate pentru utilizare în Zona 2 sau trebuie să fi fost testate în mod adecvat pentru agenții frigorifici inflamabili.
- Zona de lucru trebuie să fie bine ventilată și lipsită de surse de aprindere pe o rază de 3 m în jurul sistemului. În locație trebuie să fie disponibil un stingător de incendiu cu pulbere sau CO_2.
- Înainte de deschiderea sistemului, agentul frigorific inflamabil trebuie să fie îndepărtat complet din sistem, iar sistemul trebuie purjat cu azot.

Procedura de modernizare a sistemului (continuare)

Pasul 3 – Drenarea uleiului din compresor



Compresoare cu piston Danfoss Maneurop®

Compresoare scroll Danfoss de mari dimensiuni

• Deschideți portul de aspirație sau portul vizorului (dacă este instalat).
• Înclinați lent compresorul până ajunge în poziție orizontală și recuperați uleiul prin portul de aspirație al compresorului sau prin cel al vizorului.
• Notă: compresorul scroll de mari dimensiuni este echipat cu un racord de drenare și deci lubrifiantul acestuia poate fi drenat în poziție verticală. În acest caz presurizați partea de joasă presiune a compresorului (folosind azot uscat).
• Recoltați un eșantion de ulei pentru analiză dacă este nevoie (adică la instalație operațională).
• Înainte de a reinstala compresorul sau de a remonta vizorul, înlocuiți garniturile cu unele noi (la porturile de admisie și refulare, garnitura vizorului). Verificați conținutul de acid al lubrifiantului vechi folosind un kit de testare a acidității.
• Instalați un nou filtru deshidrator. Dacă testul de aciditate este pozitiv, trebuie utilizat un filtru consumabil de arsură, precum DAS sau DCR-DA.
Filtrul consumabil trebuie îndepărtat după câteva zile, când nu mai există acid în sistem.

Important:
Deoarece în sistem (conducte, schimbătorul de căldură etc) poate rămâne o mică cantitate de ulei, aceasta nu poate fi eliminată prin acest proces. Pentru a reduce cantitatea de ulei vechi se recomandă reîncărcarea cu ulei după câteva zile de funcționare.

Pasul 4 – Lubrifiant: instrucțiuni de umplere

Procedura următoare descrie modul de adăugare a uleiului la compresoarele instalate într-un sistem.

1. Pașii inițiali și echipamentul necesar

• Pompați partea de joasă presiune a compresorului până la presiunea atmosferică. Aveți grijă să nu intrați în vacuum pentru a preveni pătrunderea aerului și umidității în compresor pe durata de procedurii de umplere.
• Folosiți o cutie nouă, sigilată, de lubrifiant și o pompă de ulei manuală. Furtunul pompei trebuie să fie dimensionat pentru fitinguri evazate cu filet de ¼" și trebuie să fie echipat la capăt cu un dispozitiv de apăsare a valvei, care va deschide valva de pe portul schrader de service al compresorului.
• Tipul de lubrifiant aprobat este imprimat pe plăcuța tehnică a compresorului. Verificați cutia de lubrifiant să se potrivească tipului de lubrifiant de pe plăcuța tehnică a compresorului.

2. Purjarea cu pompă și furtun

• Pompa manuală (similară celei din ilustrație) se introduce în recipientul cu ulei – asigurându-vă că pompa este curată – în ultimul moment, pentru a menține recipientul expus la aer un timp cât mai scurt (folosiți un kit de adaptoare de capac dacă este disponibil pentru a reduce și mai mult expunerea lubrifiantului la atmosferă).

© Danfoss | DCS | 2017.08

Procedura de modernizare a sistemului (continuare)

• Scoateți tot aerul din pompă și furtun cu câteva mișcări de pompare. Purjarea pompei este necesară pentru a curăța furtunul de lubrifiantul saturat cu umezeală rămas în interior în urma utilizării anterioare.
• Conectați furtunul la portul schrader al compresorului imediat după purjare pentru a evita contaminarea cu umezeală.

3. Pomparea lubrifiantului în compresor

• Pompați în interior cantitatea estimată de lubrifiant sau până ce vizorul indică nivelul corect.

Notă: *în cazul în care s-a pierdut o cantitate excesivă de lubrifiant dintr-un compresor care nu este echipat cu vizor, nivelul de ulei nu poate fi măsurat sau văzut. Singurul mod de a asigura încărcătura corectă este golirea completă a compresorului și reîncărcarea acestuia cu lubrifiant nou.*
În acest caz, compresorul va fi scos din instalație.

Recomandări suplimentare
• După adăugarea uleiului, lăsați compresorul să funcționeze la sarcină maximă timp de 20 de minute și verificați din nou nivelul la vizorul de ulei. Acest nivel trebuie să fie între ¼ și ¾.
• Aveți grijă să nu adăugați mai mult ulei decât este necesar. Se pot produce următoarele fenomene nedorite dacă uleiul este prezent în exces:
– Defectarea valvelor și pistoanelor sau evolventelor compresorului cu spirală datorită formării dopurilor de ulei
– Antrenare excesivă de ulei
– Pierderea performanțelor vaporizatorului datorită acumulării de ulei în partea inferioară a sistemului.

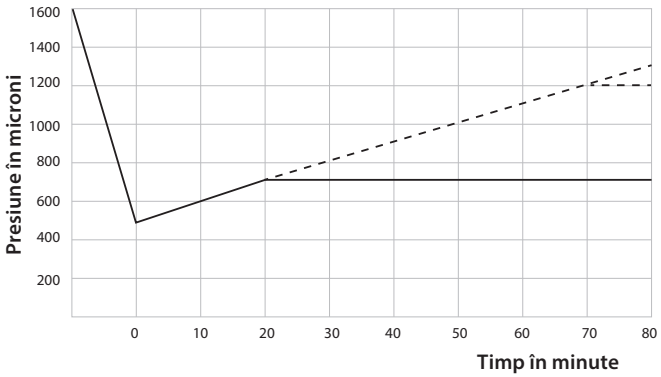
Pasul 5 – Procedura de scădere a presiunii până la vacuum și deshidratare.

La efectuarea unui retrofit, după înlocuirea componentelor sistemului (de ex. filtrul deshidrator, valva de expansiune etc) și reinstalarea compresorului, circuitul de refrigerare trebuie golit cu atenție.

Această secțiune oferă cele mai bune practici la eliminarea prin vacuum a apei din sistem. Conținutul de umezeală al unui circuit de refrigerare este dificil de măsurat. De aceea, urmarea acestei proceduri este modul cel mai bun de a obține un nivel de umezeală acceptabil și sigur înainte de a pune în funcțiune o instalație.

Umezeala împiedică funcționarea corectă a compresorului și a sistemului frigorific. Aerul și umezeala reduc durata de funcționare și măresc presiunea de condensare. De asemenea, provoacă o presiune de refulare excesiv de mare, care poate distruge proprietățile de lubrifiere ale uleiului. Aerul și umezeala măresc, de asemenea, riscul de formare a acizilor, ceea ce duce la deteriorarea acoperirii cu cupru și a etanșării motorului. Toate aceste fenomene pot provoca defecțiuni mecanice și electrice ale compresorului. Pentru a elimina acești factori se recomandă o vacuumare, conform procedurii de mai jos.

Procedură
Ori de câte ori este posibil (dacă sunt instalare robinete de închidere), compresorul trebuie izolat de sistem. Este esențial să conectați pompa de vacuum atât la partea de joasă presiune, cât și la cea de înaltă presiune, pentru a evita apariția zonelor moarte.



1. După detectarea neetanșeităților,
2. Pompați sistemul la un vacuum de 500 µm Hg (0.67 mbar).
3. La atingerea unui vacuum de 500 µm Hg circuitul trebuie izolat de pompă.
4. Așteptați timp de 30 de min.
5. Dacă presiunea crește rapid, atunci circuitul nu este etanș. Localizați și reparați neetanșeitățile. Reîncepeți de la pasul 1.
6. Dacă presiunea crește lent, atunci circuitul conține umezeală. Rupeți vidul cu azot și repetați pașii 2 – 3 – 4.

Procedura de retrofit a sistemului (continuare)

Compresor <u>echipat cu robinete de închidere</u>
7. Conectați compresorul la sistem prin deschiderea valvelor.
8. Repetați pașii 2 – 3 – 4 (și 5 sau 6, dacă este necesar)
9. Rupeți vidul cu azot
10. Repetați pașii 2 – 3 – 4 pe întregul circuit

Compresor <u>fără robinete de închidere</u>
7. Rupeți vidul cu azot
8. Repetați pașii 2 – 3 – 4 (și 5 sau 6, dacă este necesar)

Trebuie atins un vid de 500 µm Hg (0,67 mbar), care trebuie menținut timp de 4 ore. Aceasta va garanta că circuitul este etanș și deshidratat complet. Această presiune trebuie măsurată la sistemul frigorific și nu la manometrul pompei de vid.

Pompa de vid
Se va folosi o pompă de vid cu balast de gaz (0,04 mbar vid cu pompa oprită) și o capacitate corespunzătoare volumului sistemului. Se recomandă folosirea tuburilor de racord cu diametru mare și conectarea acestora la valvele de închidere, nu la racordul Schrader al compresorului. Aceasta contribuie la evitarea pierderilor excesive de presiune.

Nivelul de umiditate
În momentul punerii în funcțiune, conținutul de umiditate al sistemului poate fi de până la 100 ppm. În timpul funcționării, filtrul deshidrator trebuie să reducă această valoare la un nivel aflat între 20 și 50 ppm.

Aspecte de reținut
• În timpul evacuării inițiale din sistem/circuit, scăderea presiunii sub 500 µm Hg introduce riscul de înghețare a umidității aflate în sistem (umiditatea în formă lichidă acumulată în mici adâncituri va îngheța fără să se vaporizeze). Vidul accentuat atins poate fi greșit interpretat drept un sistem lipsit de umiditate, în timp ce de fapt gheața este încă prezentă. Un astfel de risc devine major atunci când se folosește o pompă de vid relativ mare pe un circuit cu volum mic. O singură evacuare la 0,33 mbar (250 µm Hg) nu va garanta un nivel de umiditate suficient de scăzut.
• O temperatură ambiantă scăzută în jurul echipamentului – sub 10 °C – împiedică îndepărtarea umidității.
• Luați contramăsuri și activați rezistența carterului compresorului.
• Adoptarea procedurii de mai sus este chiar mai importantă la circuitele cu HFC și ulei poliesteric decât era la circuitele cu HCFC (R22) sau CFC și ulei mineral.

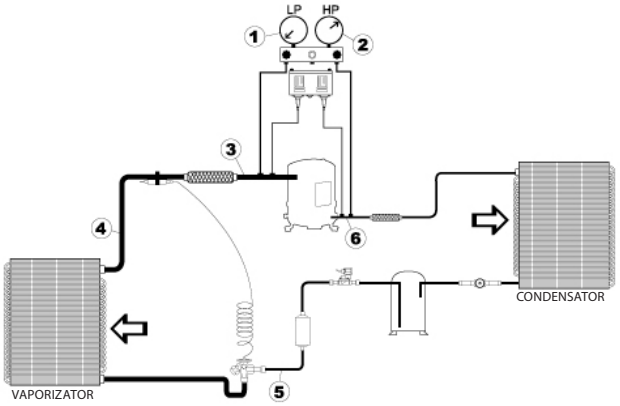
Avertisment
Nu utilizați un megohmmetru și nu aplicați tensiune la compresor atât timp cât se află sub vid. Acest lucru poate provoca deteriorarea bobinajelor motorului. Nu puneți în funcțiune compresorul aflat sub vid, deoarece aceasta poate provoca arderea motorului compresorului.

Pasul 6 – Umplerea cu agent frigorific

Amestecurile zeotropice și „aproape azeotropice" de agenți frigorifici cum ar fi R407C și R404A trebuie întotdeauna încărcate în fază lichidă. La încărcarea inițială a compresorului trebuie ca acesta să fie oprit și valvele de service trebuie să fie închise.
Încărcați agent frigorific cât mai aproape posibil de încărcătura nominală a sistemului înainte de a porni compresorul.
Apoi adăugați lent agent frigorific în fază lichidă în partea de joasă presiune, cât mai departe posibil de compresorul aflat în funcțiune.

Avertisment
• Când se utilizează electroventil pe lina de lichid, vidul din partea de joasă presiune trebuie rupt înainte de a alimenta sistemul cu energie.
• Cantitatea de agent frigorific încărcat trebuie să fie adecvată pentru funcționarea atât pe timp de iarnă cât și pe timp de vară. Consultați secțiunea „Controlul și limitele de încărcare cu agent frigorific lichid" din broșurile de îndrumări pentru aplicațiile compresoarelor pentru informații despre limitele de încărcare cu agent frigorific.

Pasul 7 – Controlul după punerea în funcțiune



Măsurați și notați:
1. Presiune de aspirație la compresor
2. Presiune de refulare la compresor
3. Temperatură pe aspirație la compresor (adică supraîncălzirea totală)
4. Temperatură pe aspirație la vaporizator (adică supraîncălzirea totală la vaporizator)
5. Temperatura lichidului la intrarea în valva de expansiune (adică subrăcirea lichidului)
6. Temperatura de refulare la compresor

Verificați dacă datele măsurate sunt în intervalele așteptate/acceptabile și în limitele de funcționare ale aplicației pentru componentele din sistem

Există unele aspecte speciale la folosirea unor agenți frigorifici cu un alunecare de temperatură mare. Efectele acestuia și modul lor de tratare sunt temele capitolului următor:

© Danfoss | DCS | 2017.08

4. Modernizarea sistemelor cu agenți frigorifici cu alunecare de temperatură

De Norbert Blatz, Global Application Excellence Manager și
John Broughton, Global Application Expert, Commercial Refrigeration

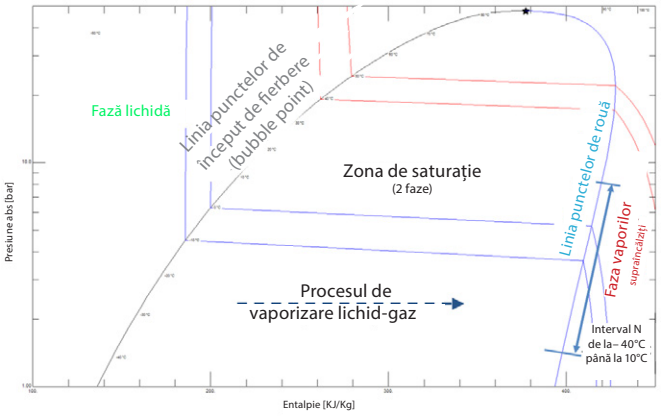
Ca urmare a reglementării F-gas cu privire la GWP-ul agentului frigorific, pe piață au apărut sau vor apărea un număr de agenți frigorifici sintetici. Majoritatea acestora sunt amestecuri zeotrope cu o alunecare de temperatură considerabilă.

Pentru a vizualiza diferențele față de agenții frigorifici azeotropi (fără alunecare), s-au ales diagramele log(p)/h și p/t.

Toate stările în diferite condiții se găsesc în diagrama log(p)/h. Axa x reprezintă entalpia specifică, iar axa y reprezintă presiunea, de regulă la o scară logaritmică. De la stânga la dreapta, aceasta trece de la lichid pur la punctul inițial al fierberii, în care începe procesul de evaporare, și continuă în zona de saturație. În faza de saturație sunt prezente ambele faze, lichid și vapori. Cu cât se adaugă mai multă energie, cu atât entalpia crește, și cu atât mai mult lichid se evaporă, până la punctul de rouă, în care tot lichidul a trecut în stare de vapori. Dincolo de punctul de rouă vaporii sunt supraîncălziți.

Valoarea supraîncălzirii este măsurată ca diferența de temperatură dintre temperatura punctului de rouă și temperatura vaporilor supraîncălziți la aceeași presiune, de ex. ia ieșirea dintr-un vaporizator cu detentă directă. Se aduce ca exemplu intervalul de aplicare al valvei de expansiune termostatică cu încărcătură „Interval N" de la Danfoss.

Diagrama 1

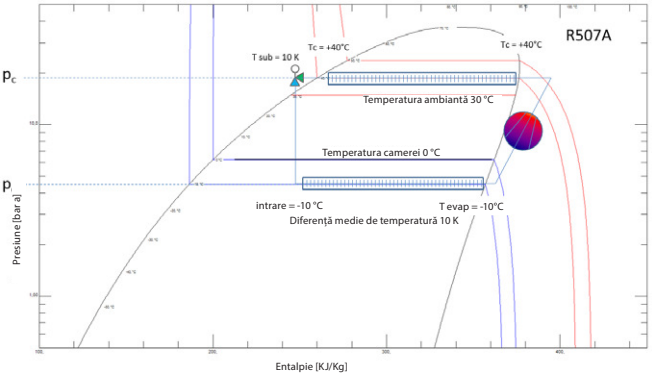


În zona de saturație temperatura depinde direct de presiune. În cazul agenților frigorifici puri (care nu sunt amestecuri, de ex R134a) și al amestecurilor azeotrope, temperatura va fi aceeași pe durata întregului proces de evaporare. Pentru amestecurile cu alunecare, adică amestecurile zeotrope, temperatura se modifică în mod semnificativ pe durata procesului de evaporare sau condensare, în timp ce presiunea rămâne constantă.

Această alunecare a temperaturii este provocată, într-o explicație foarte simplificată, datorită faptului că agentul frigorific cu temperatura de evaporare cea mai scăzută se va evapora mai întâi, iar cel cu temperatura de evaporare mai înaltă se va evapora ultimul.
Pentru a vizualiza efectul alunecării, se desenează o diagramă log (p)/h simplificată a unui ciclu de detentă directă. Diferența de temperatură la schimbătorul de căldură va fi de 10 K atât față de ambient cât și față de temperatura încăperii reci.

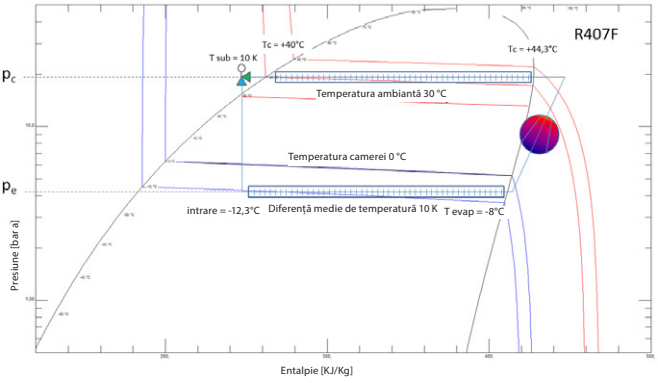
Exemplu agent frigorific fără alunecare, amestecul azeotrop R507A:
Temperatura de condensare și vaporizare rămâne aceeași, la aceeași presiune.
p_c = presiunea de condensare și
p_e = presiunea de vaporizare.

Diagrama 2



Același sistem, acum cu agentul frigorific zeotrop R407F: Pentru a obține o diferență de temperatură de 10 K, temperatura de vaporizare se schimbă de la -12,3 °C la intrare la -8 °C la punctul de rouă.

Diagrama 3



Modificarea temperaturii de vaporizare și consecințele acesteia pentru schimbătorul de căldură și dispozitivul de expansiune vor fi discutate în capitolul următor.

Retrofitul sistemelor cu agenți frigorifici cu alunecare de temperatură (continuare)

Impactul asupra aplicației folosind un agent frigorific cu alunecare mare

Datorită modificării de temperatură, diferența de temperatură dintre aer și schimbătorul de căldură se va modifica corespunzător, și aceasta trebuie luată în considerare la dimensionarea schimbătorului de căldură.

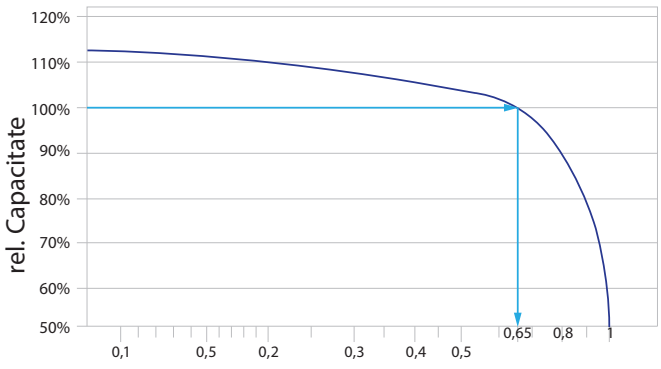
Condensator:
Diferența medie de temperatură între aer și condensator va fi mai mică și va necesita un condensator mai mare. La retrofit, aceasta ar putea provoca o creștere a temperaturii de condensare dacă compresorul va avea aceeași capacitate ca mai înainte.

Vaporizator:
Temperatura medie va crește și va avea un impact pozitiv în privința capacității. Există însă două aspecte esențiale care trebuie avute în vedere – dispozitivul de expansiune și modificarea ratei de dezumidificare.

Mai întâi să spunem câteva cuvinte despre supraîncălzire și capacitatea schimbătorului de căldură.

Controlul supraîncălzirii:
Capacitatea unui vaporizator cu tuburi și lamele este definit pe baza temperaturii aerului de intrare, DT1 și valorii supraîncălzirii.
DT1 a fost definită ca fiind diferența de temperatură între aerul de intrare și temperatura de vaporizare la punctul de rouă.
De exemplu: aer intr.= 0 °C, temperatura de vaporizare la punctul de rouă = – 10°C → DT1 = 10 K.

Diagrama 4



Raport de supraîncălzire

Pentru a atinge capacitatea maximă a vaporizatorului, supraîncălzirea țintă este definită ca produsul DT1 x raportul de supraîncălzire: 10 K x 0,65 = 6,5 K.
Din punctul de vedere al controlului, valoarea de 0,65 este apropiată de cea optimă și este specificată de standardul EN 328 ca valoare țintă pentru aparatele de răcire a aerului.
Diagrama 4 arată că o creștere mică (o supraîncălzire mai mare) a acestei valori provoacă o pierdere enormă la utilizarea suprafeței vaporizatorului.

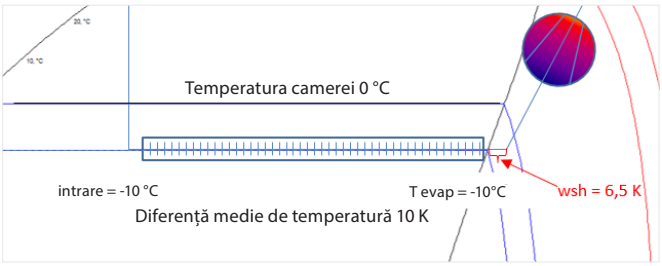
Pe de altă parte, reducerea supraîncălzirii va provoca o creștere relativ mică a capacității.
Comparația dintre valorile de supraîncălzire din diagramele 2 și 3 arată valori diferite. Diferența de temperatură medie din diagrama 2 și diagrama 3 este aceeași. Însă datorită alunecării de temperatură a agentului frigorific R407F din diagrama 3, valoarea supraîncălzirii necesare este mai mică. Motivul este că temperatura de vaporizare la punctul de rouă, –8,1 °C, este cu 2 K mai mare decât pentru R507A din diagrama 2. DT1 = 0 °C – (-8,1 °C) = 8,1 K. În consecință supraîncălzirea țintă este 8,1 K x 0,65 = 5,3 K.

Agenții frigorifici cu alunecare mare și valvele de expansiune

Dispozitivele de expansiune folosesc presiunea și temperatura pentru a controla nivelul de supraîncălzire la ieșirea din vaporizator.
Pentru controlul supraîncălzirii linia punctului de rouă (100% evaporat) este singurul reper valabil.
Elementul termostatic al valvei de expansiune este încărcat cu un mediu care asigură aproape aceeași diferență de temperatură pe un interval larg
(de ex încărcătura Danfoss Interval N: de la – 40°C până la +10°C).
Astfel, se poate determina supraîncălzirea în raport cu punctul de rouă.

În diagrama 2, pentru R507A, de exemplu, este nevoie de o valoare de supraîncălzire de 6,5 K pentru a utiliza vaporizatorul la 100%. Aceasta se bazează pe o diferență medie de temperatură de 10 K.

Diagrama 2, detaliu



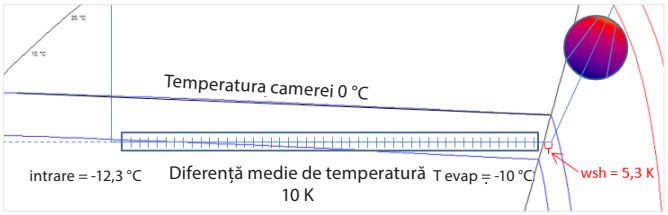
© Danfoss | DCS | 2017.08

Retrofitul sistemelor cu agenți frigorifici cu alunecare de temperatură (continuare)

De ce ar fi nevoie să se modifice supraîncălzirea unei valve termostatice de expansiune?

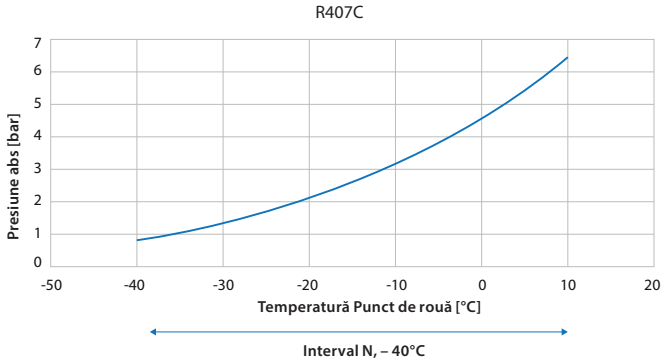
1. Din cauza alunecării:
În diagrama 3, datorită impactului alunecării la R407F, temperatura punctului de rouă este de circa – 8,1 °C, iar același vaporizator necesită o setare de supraîncălzire de 5,3 K pentru a utiliza 100% din capacitate la aceeași diferență de temperatură medie de 10 K.

Diagrama 3, detaliu



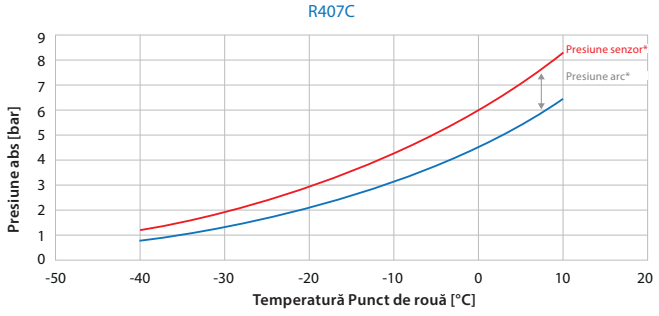
2. Modernizarea unei valve termostatice de expansiune cu încărcătura corectă poate să nu fie posibilă:
Iată o curbă de rouă precum cea din diagrama 1, dar convertită în reprezentarea binecunoscută presiune-temperatură:

Diagrama 5



Pentru a mări temperatura de termometru umed (supraîncălzită) necesară pentru a deschide valva, se adaugă un arc care să lucreze împotriva presiunii senzorului: Presiune senzor + „presiune" arc = supraîncălzire

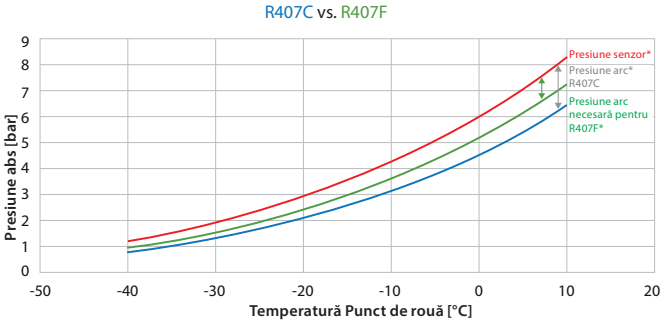
Diagrama 6



**Simplificat pentru a ilustra principiul*

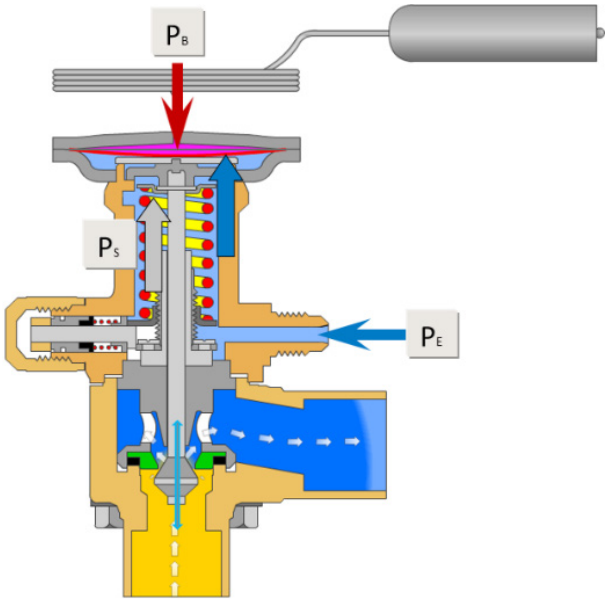
Retrofit cu R407F, încărcătura pentru R407C + forța arcului va provoca o valoare de supraîncălzire prea mare. De aceea trebuie redusă forța arcului: Acest lucru se realizează rotind șurubul de reglare a supraîncălzirii în sens antiorar.

Diagrama 7

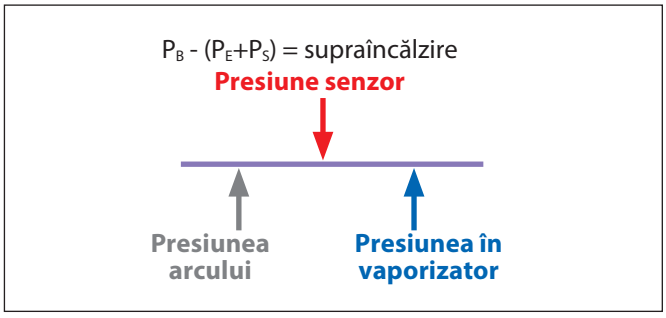


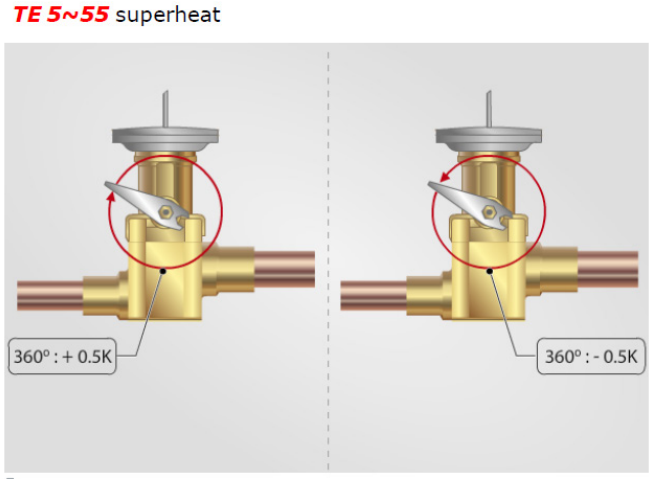
**Simplificat pentru a ilustra principiul*

Forțe la valvă și modul de resetare a supraîncălzirii statice



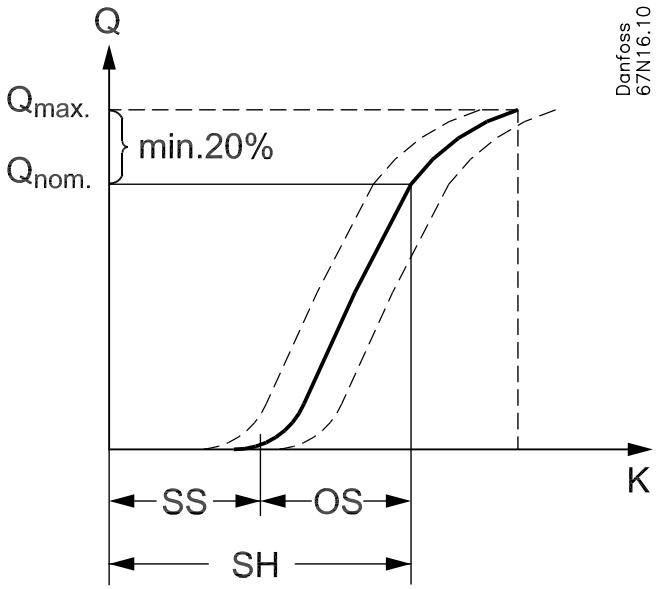
Presiunea de senzor PB necesară pentru a învinge presiunea de evaporare PE + presiunea arcului Ps. Reducerea presiunii arcului prin ajustarea setării SH poate adapta o valvă la un agent frigorific pentru care nu a fost de fapt construită.





Atenție! Dacă corecția depășește circa 3 K calitatea controlului se poate înrăutăți. Se recomandă alegerea unui alt tip de încărcătură, mai apropiată de valoarea țintă.

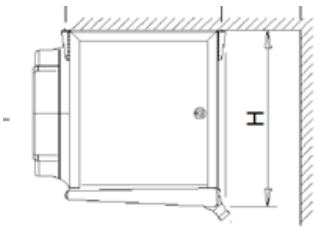
Exemplu:
Supraîncălzirea statică SS = 4 K/7,2 °F (setare din fabrică)
Supraîncălzirea de deschidere OS = 4 K/7,2 °F
Supraîncălzirea de deschidere este de 4 K, adică din momentul în care valva începe să se deschidă până la capacitatea nominală. Supraîncălzirea de deschidere este determinată din proiectare și nu poate fi schimbată.
Supraîncălzirea totală SH = SS+OS
SH = 4+4 = 8 K/14,4 °F
Supraîncălzirea totală SH poate fi modificată prin modificarea SS (folosind șurubul de reglare)

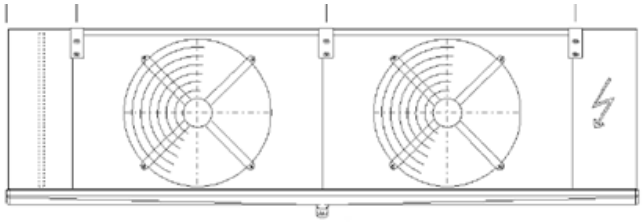


© Danfoss | DCS | 2017.08

Performanțele vaporizatoarelor cu agenți frigorifici cu alunecare de temperatură și efectele asupra aplicației

Datorită alunecării, temperatura din unele părți ale suprafeței vaporizatorului va fi scăzută și ar putea mări rata de dezumidificare.





Să examinăm valorile din exemplul inițial:
(consultați diagrama 2)
Cameră rece, R507A, condițiile din cameră 0 °C, 80% um. rel., diferență medie de temperatură 10 K.
Capacitatea de răcire poate fi 10 kW.
A fost selectat un vaporizator montat pe tavan, suprafață de 32,7 m², 2 ventilatoare cu 6280 m³/h.

Rezultate detaliate

R507A	Capacitate	Δtm	DT1	T evap rouă	Wsh	Timpul de funcționare
	10,1 kW	10 K	10 K	–10 °C	6,5 K	18 h/zi
Vaporizator:	2 ventilatoare/ 32,7 m²					
Aer intrare:	0 °C	umid. rel. 80%				
Aer ieșire:	–3,8 °C	umid. rel. 95%				
Debit de aer:	6.280 m³/h					
Dezumidificare	47,75 kg/zi					

Retrofit cu R407F

Pasul 1: Setarea de supraîncălzire va fi aceeași ca înainte: 6,5 K
Diferența de temperatură medie de 12 K conduce la o capacitate crescută la 12,5 kW și cauzează un timp de funcționare mai scurt. Un dezavantaj este rata de dezumidificare, care crește substanțial. Acest lucru poate fi nedorit pentru mărfuri proaspete neambalate.

R407F	Capacitate	Δtm	DT1	T evap rouă	Wsh	Timpul de funcționare
	12,5 kW	12 K	10 K	–10 °C	6,5 K	14,3 h/zi
Vaporizator:	2 ventilatoare/ 32,7 m²					
Aer intrare:	0 °C	umid. rel. 80%				
Aer ieșire:	– 4.7 °C	umid. rel. 95%				
Debit de aer:	6.280 m³/h					
Dezumidificare	60,96 kg/zi					

Pasul 2: reajustarea valvei de expansiune la o valoare de supraîncălzire de 5,3 K.
Supraîncălzirea a fost redusă la 5,3 K iar temperatura de evaporare la punctul de rouă a fost mărită la – 8,1 °C pentru a obține o diferență de temperatură de 10 K (consultați și diagrama 3).

R407F	Capacitate	Δtm	DT1	T evap rouă	Wsh	Timpul de funcționare
	10,8 kW	10 K	8,1 K	– 8,1 °C	5,3 K	16,6 h/zi
Vaporizator:	2 ventilatoare/ 32,7 m²					
Aer intrare:	0°C	umid. rel. 80%				
Aer ieșire:	– 4,1 °C	umid. rel. 95%				
Debit de aer:	6.280 m³/h					
Dezumidificare	53,32 kg/zi					

Observație importantă:
Așa cum arată aceste rezultate, la o aplicație la care dezumidificarea este un parametru esențial diferența de temperatură medie trebuie să fie mai scăzută decât la agent frigorific singular sau amestec azeotrop.

Efecte speciale:
S-a constatat, în unele aplicații mari de temperatură joasă cu agenți frigorifici cu alunecare mare, că agentul frigorific lichid a ajuns în compresor. A fost necesară luarea unei măsuri opuse celei de mai sus. Setarea de supraîncălzire a trebuit să fie mărită pentru a proteja compresorul. Agenții frigorifici cu alunecare redusă sau fără alunecare nu vor prezenta astfel de efecte la aplicațiile de temperatură joasă.

Rezumat:
Componentele pentru agenții frigorifici cu alunecare mare trebuie dimensionate și alese pe baza diferenței de temperatură medie. Din cauza alunecării poate fi necesar să se reajusteze setarea SH (supraîncălzire).
Folosirea unui agent frigorific care funcționează cu un anumit nivel de temperatură nu înseamnă că va lucra în același mod la alt nivel de temperatură (de ex. condiționarea aerului față de refrigerare).
Fiecare valvă mecanică de expansiune are performanțele optimizate pentru utilizarea cu un anumit agent frigorific.
Utilizarea altui agent frigorific înseamnă că valva nu va funcționa exact în același mod sau la același nivel de control.
Dacă doriți să reduceți riscul de probleme în sistem și să mențineți cel mai bun control al unui sistem stabil, o opțiune bună ar fi o nouă valvă termostatică de expansiune sau o valvă electronică de expasnsiune. O valvă electronică oferă o flexibilitate mai mare în proiectarea ulterioară dacă controlerul de supraîncălzire poate gestiona agentul frigorific ales.
Danfoss actualizează întotdeauna controlerele pentru agenții frigorifici cu GWP scăzut.

Notă:
Agenții frigorifici și condițiile prezentate în acest document nu înseamnă o recomandare pentru vreun agent frigorific anume sau pentru condiții anume! Scopul acestui articol este discutarea în mod neutru a aspectelor fizice și influența acestora asupra componentelor și proiectării sistemului.

Sustenabilitatea unei valve de expansiune de la Danfoss poate fi găsită folosind instrumentul Low GWP de mai jos.
http://refrigerationandairconditioning.danfoss.com/support-center/apps-and-software/low-gwp-tool/
Consultați și: SERCOM, Refrigerant Glide and Effect on Performances Declaration (Declarație privind alunecarea de temperatură a agenților frigorifici și efectele asupra performanțelor – http://asercom.org/guides)

Firma Danfoss nu își asumă nici o responsabilitate pentru posibilele erori din cataloage, broșuri și alte materiale tipărite. Danfoss își rezervă dreptul de a modifica produsele sale fără notificare. Aceasta se aplică de asemenea produselor care au fost deja comandate cu condiția ca modificările să nu afecteze în mod substanțial specificațiile deja convenite. Toate mărcile comerciale sunt proprietatea companiilor respective. Danfoss și emblema Danfoss reprezintă mărci comerciale ale Danfoss A/S. Toate drepturile sunt rezervate.