

# Retrofit di refrigeranti con un glide di temperatura elevato

Presentazione Danfoss

**a cura di Norbert Blatz, Global Application Excellence Manager, John Broughton, Global Application Expert, Commercial Refrigeration, Rasmus Damgaard Poulsen, Specialist, Global Laboratory Technology, Ph.D. Chemistry, Thierry Legay, Application Excellence Manager.**  
**Danfoss Cooling, Settembre 2016**

Questa raccolta di documenti illustrerà la procedura di retrofit di refrigeranti con un glide di temperatura elevato in relazione all'applicazione per i quali sono utilizzati, fornendo informazioni generali e più dettagliate per guidare l'utente. Poiché questo tema sarà rilevante per il settore della refrigerazione e condizionamento dell'aria nel prossimo futuro, questa raccolta è di carattere generale. Tutti gli esempi sono quindi riportati semplicemente per avviare la discussione degli aspetti tecnici.

Danfoss offre un ampio portafoglio di prodotti per i refrigeranti con un basso potenziale di riscaldamento globale (basso GWP). Si prega di rivolgersi al proprio rappresentante Danfoss per le ultime informazioni.

Il concetto di retrofit riguarda solo gli impianti esistenti che devono essere dotati di un refrigerante alternativo. Le principali ragioni per prendere in considerazione il retrofit sono:

1. Il tipo di refrigerante non è più consentito
2. Il tipo di refrigerante non è più disponibile
3. Sostituire l'intero impianto è troppo costoso

Tenere sempre presente che un nuovo impianto con un refrigerante a basso GWP dovrebbe essere più efficiente e quindi avere un costo di esercizio inferiore rispetto a quello che si desidera sostituire.

## **1. Rapido controllo prima del retrofit (Norbert Blatz)**

Prima di avviare la procedura di retrofit, è necessario verificare se il refrigerante in questione sia compatibile con il sistema. È possibile che sia necessario apportare alcune modifiche.

## **2. Retrofit del refrigerante; Compatibilità chimica dei componenti (Rasmus Damgaard Poulsen)**

La fase successiva al "Controllo rapido" e informazioni più dettagliate sugli scenari che consentono il retrofit di un sistema, i componenti e i materiali.

## **3. Procedura di retrofit di un sistema (Norbert Blatz, Thierry Legay)**

Linee guida dettagliate su come effettuare il retrofit di un sistema. Un esempio di un piccolo impianto che può essere riprodotto in scala più grande, nel caso di sistemi più complessi.

## **4. Retrofit di sistemi con refrigeranti con un glide di temperatura elevato (Norbert Blatz, John Broughton)**

La maggior parte dei refrigeranti utilizzati per il retrofit, ma anche nella progettazione di nuovi impianti, comprende miscele di refrigeranti con un glide di temperatura relativamente elevato.

Cosa questo implichi per un sistema e l'applicazione sarà descritto in dettaglio, con una particolare attenzione all'approccio pratico.

# 1. Controllo rapido prima del retrofit

Di Norbert Blatz, Global Application Excellence Manager

## Compressore:

- Il compressore può funzionare con il nuovo refrigerante?
- Controllare in che misura la capacità frigorifera cambierà.
- Il campo di funzionamento dell'applicazione è ancora idoneo? Controllare i limiti di temperatura e pressione.
- Nella maggior parte dei casi, la carica di olio dovrà essere modificata.

## Condensatore:

- Controllare se la capacità corrisponderà alla nuova capacità del compressore. I refrigeranti con un glide di temperatura richiedono una superficie più grande a causa della minore differenza di temperatura media. Questo può causare un aumento della temperatura di condensazione.

## Evaporatore:

- Controllare se la capacità rispetto alle prestazioni sarà ancora compatibile con i requisiti in termini di umidità. I refrigeranti con glide di temperatura possono causare una maggiore velocità di deumidificazione.

## Valvole:

- Le elettrovalvole e altri tipi di valvole con tenute in gomma devono essere dotate di nuove guarnizioni. La ragione è che di solito l'olio/refrigerante penetrerà nel materiale causando dilatazione. Con il nuovo olio/refrigerante, il vecchio contenuto verrà lavato via e la guarnizione non sarà più a tenuta, con perdite nell'ambiente dopo un certo periodo di tempo.

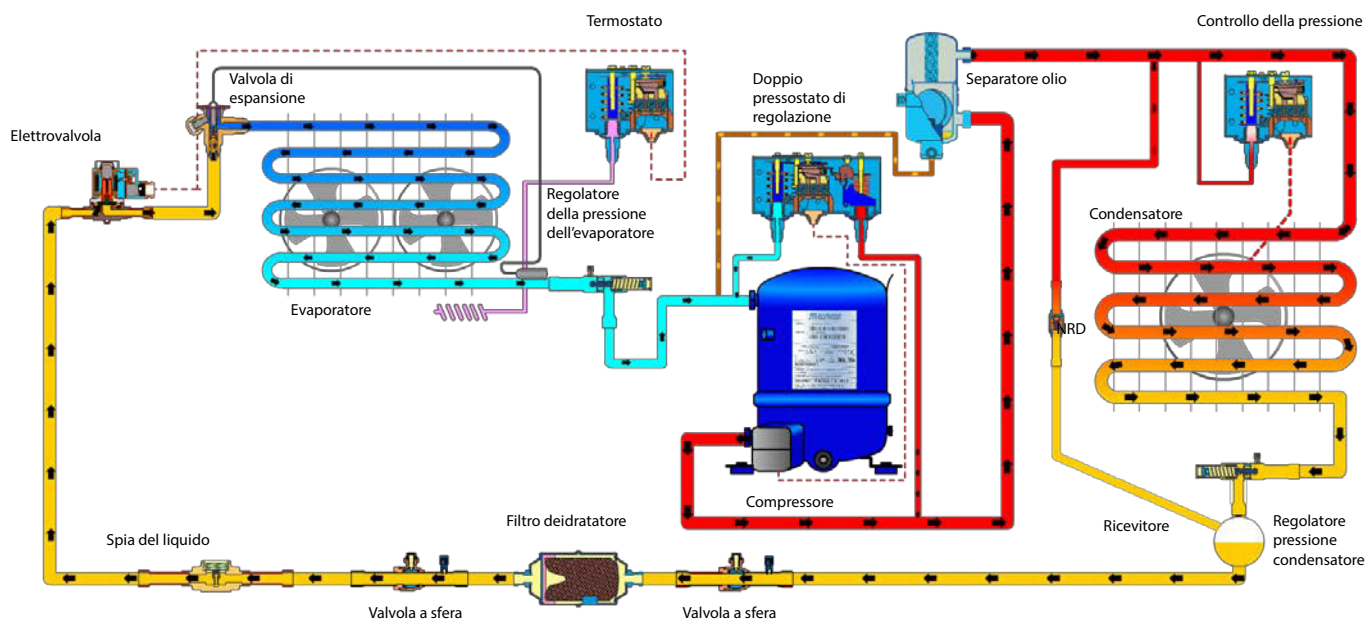
- Le valvole di espansione termostatiche o valvole dotate di un elemento termostatico caricato per un refrigerante specifico non possono essere utilizzate subito con un nuovo tipo di refrigerante. In primo luogo, è necessario confrontare la curva di pressione-temperatura del vecchio e del nuovo refrigerante. Se la valvola può essere regolata e la differenza alla temperatura di sistema desiderata non supera i 3 K, è possibile regolare nuovamente la valvola in base alla nuova condizione. In caso di dubbi, verificare sempre con il personale Danfoss.
- Altre valvole di regolazione, come le valvole di regolazione della pressione, possono richiedere una nuova regolazione. Controllare che il campo di regolazione della valvola e la pressione di esercizio massima dell'impianto siano corretti con il nuovo refrigerante.

## Tubazioni:

- Controllare le dimensioni dei tubi. Il nuovo refrigerante può avere valori di densità e di entalpia (trasporto di calore) diversi. Questo comporterà velocità diverse e perdita di carico se si utilizzano le tubazioni esistenti. Due punti critici possono essere la linea di aspirazione e il ritorno dell'olio!

## Regolatore:

- Controllare se sia necessario modificare le impostazioni del regolatore. Le impostazioni del regolatore del surriscaldamento devono essere tuttavia preservate con il nuovo tipo di refrigerante. È possibile che sia necessario modificare le impostazioni della temperatura e della pressione.



## 2. Retrofit del refrigerante; Compatibilità chimica dei componenti

Di Rasmus Damgaard Poulsen, Specialist, Global Laboratory Technology, Ph.D. Chemistry

Il retrofit degli impianti di raffreddamento è in questo contesto definito come la sostituzione del refrigerante e/o dell'olio in un sistema operativo corrente. È noto che le implicazioni riguardano principalmente la compatibilità delle guarnizioni che possono portare a perdite o a malfunzionamenti del sistema, nonché l'impostazione dei singoli impianti (per esempio i dispositivi di espansione e altre dimensioni nominali dei componenti utilizzati nel sistema). Questo articolo si concentra sui problemi di compatibilità dei materiali che possono verificarsi durante un retrofit dei componenti negli impianti frigoriferi. Problemi correlati al compressore, variazioni nella capacità ed efficienza dovute a nuovi dati termodinamici o modifiche alle funzionalità, quali regolazioni del surriscaldamento per i dispositivi di espansione, miscibilità con l'umidità non gestita.

In termini di compatibilità, il problema è di tipo chimico, in quanto, quando si passa da una miscela di refrigerante/olio a un'altra, le prestazioni di guarnizioni e tenute cambieranno in modo significativo, con possibili perdite o malfunzionamenti dei componenti Danfoss. Dal punto di vista tecnico, il

rischio riguarda principalmente i cambiamenti nel volume e problemi di compressione per le normali tenute non dinamiche, con potenziale interessamento di altre proprietà, quali la durezza, l'adesività, l'allungamento, e la capacità di lavorare, tra gli altri parametri, alla massima e minima temperatura.

Il rischio è ben noto e i produttori di tenute e refrigeranti per il retrofit attualmente consigliano di sostituire tutte le guarnizioni in caso di retrofit. È anche noto che i numerosi tipi di olio possono avere un impatto diverso su molte delle guarnizioni utilizzate nei sistemi di refrigerazione, in particolare in termini dell'alterazione delle proprietà del materiale di tenuta. Una preoccupazione generale nel retrofit è che il cambiamento del refrigerante può comportare, nelle nuove condizioni, la separazione delle particelle e dei residui che prima del retrofit aderivano al sistema. Questi residui possono annerirsi o generare problemi meccanici indesiderati nel sistema sottoposto a retrofit.

**I retrofit sono in genere di tre tipi: tipo 1, tipo 2 e tipo 3, i quali devono essere affrontati singolarmente in termini di problemi di compatibilità:**

retrofit Tipo	refrigerante Tipo	Tipo olio	Cambiamento nelle proprietà	del rischio Valutazione
1	Da HFC a HFC/HFO	Da POE a POE Da PVE a PVE	Sia il refrigerante originario sia quello nuovo hanno caratteristiche simili rispetto alla sostanza chimica	Molto basso
2	Da HCFC a HFC/HFO	Da MO a MO	Sia il refrigerante originario sia quello nuovo hanno proprietà diverse rispetto alla sostanza chimica	Basso
2	Da HCFC a HFC/HFO	Da AB a AB Da MO a POE/PVE Da AB a POE/PVE	Sia il refrigerante originario sia quello nuovo hanno caratteristiche simili rispetto alla compatibilità chimica delle tenute. Il cambio dell'olio può dare proprietà diverse.	Alto

*Nota: la valutazione dei rischi di cui sopra è valida solo se tutte le tenute sono state sostituite. La valutazione dettagliata è riportata di seguito.*

*Nota: Idro-cloro-fluoro-carburi (HCFC); Idro-fluoro-carburi (HFC); Idro-fluoro-olefine (HFO), Polioelestere (POE); Poliviniliterene (PVE); Olio minerale (MO); Alchibenzene (AB)*

# Retrofit del refrigerante; Compatibilità chimica dei componenti (cont.)

## Retrofit di tipo 1

Scambio di refrigeranti con proprietà di compatibilità analoghe e olio dello stesso tipo

- La sostituzione del refrigerante non altera le proprietà del materiale di tenuta, che comporta grandi rischi.
- Il retrofit potrebbe comportare il passaggio da un HFC a un HFC/HFO, senza cambiare l'olio POE. I rischi saranno molto ridotti se le specifiche della temperatura e della pressione sono simili.
- Se si cambiano le tenute, il rischio è basso in quanto tutto il refrigerante viene rimosso. Eventuale olio presente nel sistema si comporterà in modo simile all'olio di retrofit, a meno che l'olio originario non sia pirogenato o danneggiato nel vecchio sistema.
- Il rischio di complicazioni è molto basso, una valutazione supportata anche da dati storici

## Retrofit di tipo 2

Scambio di refrigeranti con proprietà di compatibilità diverse e olio dello stesso tipo

- Il cambio di refrigerante può causare problemi di degasaggio (crimpatura) o eccessiva dilatazione delle tenute dopo il retrofit.
- Il retrofit potrebbe comportare il passaggio da un HCFC a un HFC/HFO, senza cambiare l'olio MO. I rischi saranno ridotti se le specifiche della temperatura e della pressione sono simili.
- Di maggiore preoccupazione è attualmente l'uso di guarnizioni con un'elevata quantità di softener che potrebbe essere stato rimosso dal primo refrigerante, o la situazione inversa, con il refrigerante di retrofit. Il rischio di malfunzionamento o di perdite risiede nella capacità del refrigerante retrofit di comportarsi come il refrigerante originale mantenendo le proprietà chimiche complessive del sistema.
- Se si cambiano le tenute, il rischio è basso in quanto tutto il refrigerante viene rimosso. Eventuale olio presente nel sistema si comporterà in modo simile all'olio di retrofit, a meno che l'olio originario non sia pirogenato o danneggiato nel vecchio sistema.
- Il rischio di complicazioni è basso, una valutazione supportata anche da dati storici

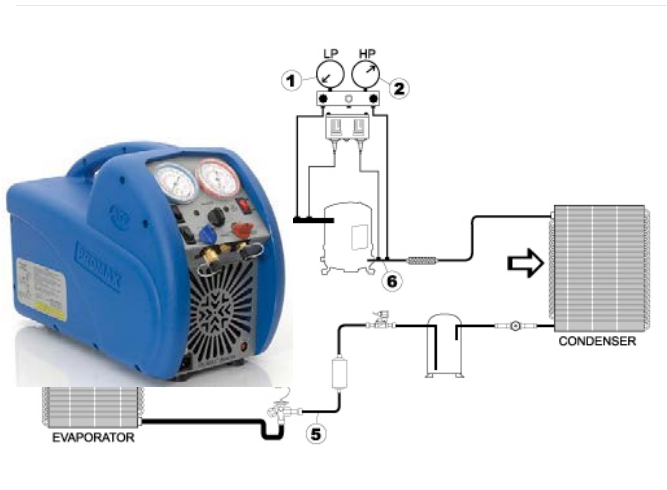
## Retrofit di tipo 3

- Cambio del refrigerante e del tipo di olio, entrambi aventi proprietà diverse
- La sostituzione altererà le proprietà del materiale di tenuta, un aspetto che comporta grandi rischi.
- Il retrofit potrebbe comportare il passaggio da un HCFC a un HFC/HFO con cambio dell'olio da MO a POE. I rischi saranno notevoli soprattutto se le specifiche della temperatura e della pressione non sono simili.
- Se si cambiano le tenute, il rischio è basso solo in relazione al refrigerante se tutto il refrigerante viene rimosso.
- La preoccupazione principale è l'incompatibilità quando due oli con una diversa compatibilità con i materiali di tenuta sono presenti nel sistema. Di conseguenza, anche se le proprietà chimiche del sistema possono essere convalidate in relazione all'utilizzo di un refrigerante HFC/HFO e di olio POE, la presenza di olio MO può comportare altre modifiche nella compatibilità del materiale di tenuta, con conseguenti perdite o malfunzionamenti. In queste circostanze, anche la valvole di espansione TXV, l'indicatore di umidità e il deumidificatore devono essere valutati, in quanto l'olio immiscibile potrebbe alterare le proprietà meccaniche e chimiche.
- Se le guarnizioni e il refrigerante sono sostituiti in base a quanto sopra, il rischio principale è il cambio del tipo di olio. Se è possibile sostituire completamente l'olio, il rischio sarà inferiore al retrofit di tipo 2. In realtà, spesso non è possibile sostituire tutto l'olio. Precauzioni come il miglioramento del ritorno dell'olio possono ridurre il rischio della circolazione di una miscela d'olio nell'intero sistema; tuttavia questo dipenderà dal tipo di sistema e quindi non è possibile dare garanzie in quanto le specifiche non sono note.
- Inoltre, alcuni refrigeranti retrofit contengono idrocarburi, miscibili con l'olio MO. Da un punto di vista teorico, questo dovrebbe rendere possibile il trasporto dell'olio di tipo MO nel sistema.
- Il rischio di complicazioni è notevole, in quanto molti scenari sono possibili a seconda della percentuale di olio sostituita, oltre al tipo di refrigerante retrofit. Non sono disponibili dati storici. Cambiamenti nelle specifiche del sistema, come la temperatura e la pressione, possono inoltre aumentare il rischio.

### 3. Procedura di retrofit del sistema

Di Norbert Blatz e Thierry Legay, Global Application Excellence Manager

#### Step 1 - Controllo dei parametri di funzionamento



#### Misurare:

1. Pressione di aspirazione al compressore
2. Pressione di mandata al compressore

#### Misurare:

3. Temperatura di aspirazione al compressore (per es.: surriscaldamento totale)
4. Temperatura di aspirazione all'uscita dell'evaporatore (per es.: surriscaldamento evaporatore)
5. Temperatura del liquido all'ingresso della valvola di espansione (per es.: sottoraffreddamento del liquido)
6. Temperatura di mandata al compressore

#### Misurare:

7. Tensione e corrente di alimentazione
8. Controllare il flusso del refrigerante nell'evaporatore in ogni tubo del distributore (verificare accuratamente che non vi siano tubi bloccati da sporcizia e fanghi).

#### Step 2 - Rimozione della carica di refrigerante

È necessario utilizzare attrezzature per il recupero del refrigerante.



- Chiudere la valvola di intercettazione del ricevitore del liquido o qualsiasi componente della linea del liquido idoneo per l'uso nel pump-down.
- Lasciare il sistema in funzionamento fino a quando il pressostato di bassa pressione non spegne il compressore.
- Spegnerne l'interruttore principale.
- Isolare (se possibile) il lato HP del compressore dal sistema chiudendo la valvola di scarico rotolock.
- Rimuovere il refrigerante dal lato HP del sistema attraverso un rubinetto o una valvola situata sulla linea del liquido.
- Dopo aver trasferito il refrigerante del lato HP nel recipiente di recupero, aprire il dispositivo isolante sul lato LP.
- Prendere nota del peso della massa refrigerante recuperata.

## Procedura di retrofit del sistema

### Step 3 - Spurgo dell'olio del compressore



Compressori alternativi Danfoss Maneurop®



Grandi compressori scroll Danfoss

- Aprire la bocca di aspirazione o della spia del liquido (se presente).
- Spostare lentamente il compressore in posizione orizzontale e recuperare l'olio attraverso la bocca di aspirazione del compressore o dall'apertura della spia del liquido.
- Nota: il grande compressore scroll è dotato di un rubinetto per il drenaggio dell'olio e il lubrificante può quindi essere drenato in posizione verticale. In questo caso, pressurizzare il lato LP del compressore (utilizzando azoto secco).
- Prelevare un campione di olio per l'analisi, se necessario (per es. per l'installazione operativa).
- Prima di reinstallare il compressore o sostituire la spia del liquido, sostituire le guarnizioni con tenute nuove (bocche di aspirazione e di mandata, guarnizione della spia del liquido). Controllare il contenuto di acido del lubrificante drenato con un kit per acid test.
- Installare un nuovo filtro deidratatore. Un filtro antiacido "DAS" o "DCR-DA" deve essere utilizzato se il test dell'acido è positivo. Il filtro antiacido deve essere rimosso dopo pochi giorni quando il sistema è privo di acido.

#### Importante:

poiché una piccola quantità di olio può rimanere nel sistema (tubi, scambiatore di calore, ecc.), non può essere rimosso tramite questo processo. Per ridurre la quantità di olio vecchio, si consiglia di sostituire nuovamente la carica di olio dopo alcuni giorni di funzionamento.

### Step 4 - Lubrificante: istruzioni di riempimento

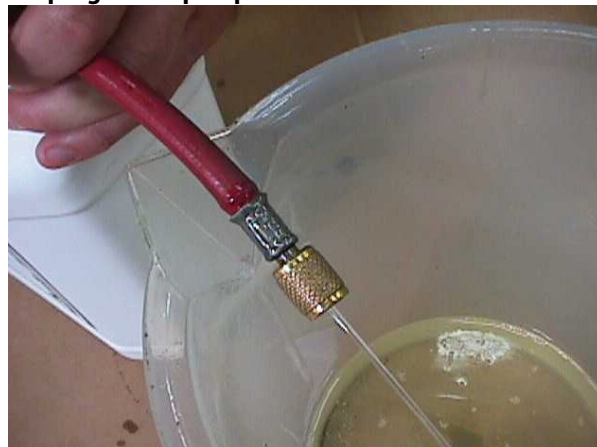
La seguente procedura descrive come aggiungere il lubrificante ai compressori installati nell'impianto.

#### 1. Passi iniziali e attrezzature necessarie



- Pompate il lato bassa pressione del compressore fino a raggiungere la pressione atmosferica. Prestare attenzione per evitare una condizione di vuoto e prevenire l'ingresso di aria e umidità nel compressore durante il processo di riempimento.
- Utilizzare un contenitore di lubrificante sigillato e una pompa per l'olio manuale. Il tubo della pompa sarà dotato di raccordi a cartella di 1/4" e dovrà includere un depressore a valvola sull'estremità, il quale aprirà la valvola sulla presa di servizio Schrader del compressore.
- Il tipo di lubrificante approvato è stampato sulla targhetta del compressore. Controllare che il riferimento sulla latta dell'olio corrisponda al tipo di lubrificante sulla targhetta dei dati del compressore. Controllare che il riferimento sulla latta dell'olio corrisponda al tipo di lubrificante sulla targhetta dei dati del compressore.

#### 2. Spurgo della pompa e del flessibile



- La pompa a mano (simile a quella mostrata) viene inserita nel contenitore dell'olio - assicurarsi che la pompa sia pulita - all'ultimo momento per esporre il contenuto all'atmosfera il meno possibile (utilizzare un adattatore, se disponibile, per ridurre ulteriormente l'esposizione del lubrificante all'atmosfera).

## Procedura di retrofit del sistema (continua)

- Con un paio di pompaggi, sfiatare tutta l'aria dalla pompa e dal tubo flessibile. Lo spurgo della pompa è necessario per rimuovere dal flessibile il lubrificante saturo di umidità rimasto al suo interno dopo l'ultimo uso.
- Collegare il tubo flessibile alla presa Schrader del compressore subito dopo lo spurgo per evitare contaminazione da umidità.

### 3. Pompaggio del lubrificante nel compressore



- Pompare la quantità di lubrificante stimata o fino a quando la spia del liquido non visualizza il livello corretto.

**Nota:** quando una quantità eccessiva di lubrificante è trafilata da un compressore non dotato di una spia del liquido, il livello dell'olio non può essere misurato o visualizzato. L'unico modo per assicurare una carica corretta è spurgare il compressore e ricaricarlo con nuovo lubrificante.

In tal caso, il compressore deve essere rimosso dall'installazione.

#### Ulteriori raccomandazioni

- Dopo aver aggiunto l'olio, lasciare che il compressore funzioni a pieno carico per 20 minuti e riesaminare il livello dell'olio nella spia del liquido. Il livello deve essere visibile tra  $\frac{1}{4}$  e  $\frac{3}{4}$ .
- Fare attenzione a non aggiungere più olio del necessario. Le seguenti condizioni avverse possono verificarsi se troppo olio è presente:
  - Guasto di valvole e pistoni o evolventi delle spirali a causa di colpo di liquido
  - Eccessivo carry over di olio
  - Perdita di prestazioni dell'evaporatore a causa del livello dell'olio accumulato nel lato basso del sistema.

### Step 5 - Procedura di pompaggio con pompa a vuoto e disidratazione

Quando si effettua un retrofit, dopo aver sostituito i componenti del sistema (per es. il filtro deidratatore, la valvola di espansione, ecc...) e reinstallato il compressore, il circuito frigorifero deve essere completamente evacuato.

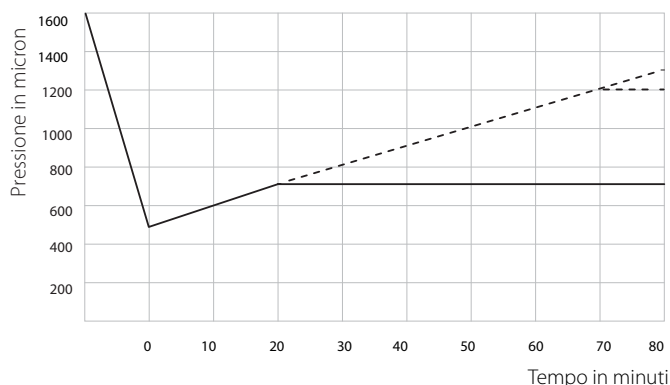
Questa sezione illustra la migliore prassi per effettuare la disidratazione sotto vuoto di un sistema. Il contenuto di umidità di un circuito frigorifero è difficile da misurare. Pertanto, attenersi a questa procedura è il modo migliore per ottenere un livello di umidità sicuro e accettabile prima della messa in servizio.

L'umidità ostacola il corretto funzionamento del compressore e dell'impianto di refrigerazione. L'aria e l'umidità riducono la durata utile del compressore e aumentano la pressione di condensazione.

Causano inoltre un'eccessiva pressione e temperatura di mandata, che possono alterare le proprietà lubrificanti dell'olio. L'aria e l'umidità aumentano anche il rischio di formazione di acido, con ramatura pesante e danni all'isolamento del motore. Tutti questi fenomeni possono causare la rottura meccanica o un guasto elettrico del compressore. Per eliminare questi fattori, si raccomanda un pompaggio con pompa a vuoto secondo la procedura descritta di seguito.

#### Procedura

Ove possibile (se valvole di intercettazione sono presenti), il compressore deve essere isolato dal sistema. È indispensabile collegare la pompa a vuoto sia al lato LP sia la lato HP per raggiungere tutte le parti dell'impianto.



1. Dopo il rilevamento di una perdita,
2. Svuotare il circuito frigorifero in condizioni di vuoto pari a  $500 \mu\text{m Hg}$  (0,67 mbar).
3. Quando un livello di vuoto di  $500 \mu\text{m Hg}$  è stato raggiunto, il circuito deve essere isolato dalla pompa.
4. Attendere 30 min.
5. Se la pressione aumenta rapidamente, allora il circuito non è a tenuta. Individuare e riparare le perdite. Ricominciare dallo step 1.
6. Se la pressione aumenta lentamente, il circuito contiene umidità. "Romper" il vuoto con azoto e ripetere i passaggi 2 - 3 - 4.

# Procedura di retrofit del sistema

## Compressore dotato di valvole di intercettazione

7. Collegare il compressore al sistema aprendo le valvole.
8. Ripetere 2 - 3 - 4 (e 5 o 6, se necessario)
9. Rompere il vuoto con azoto
10. Ripetere 2 - 3 - 4 sull'intero circuito

## Compressore senza valvole di intercettazione

7. Rompere il vuoto con azoto
8. Ripetere 2 - 3 - 4 (e 5 o 6, se necessario)

Un vuoto di 500  $\mu\text{m Hg}$  (0,67 mbar) deve essere raggiunto e mantenuto per 4 ore. Questo assicurerà che il circuito sia a tenuta e completamente deidratato. Questa pressione deve essere misurata nel sistema di refrigerazione, non con il manometro della pompa a vuoto.

## Pompa a vuoto

È necessario utilizzare una pompa a vuoto a due stadi con zavorratore (gas ballast, vuoto statico di 0,04 mbar) con una capacità in linea con il volume del sistema. Si consiglia di utilizzare linee di collegamento di grande diametro e di collegarle alle valvole di intercettazione, non alla presa Schrader del compressore. Questo per evitare perdite di carico eccessive.

## Livello di umidità

Al momento della messa in esercizio, il contenuto di umidità nel sistema può essere fino a 100 ppm. Durante il funzionamento, il filtro deidratatore deve ridurre il contenuto a un livello compreso tra 20 e 50 ppm.

## Punti da ricordare

- Durante l'evacuazione iniziale del sistema, la riduzione della pressione a meno di 500  $\mu\text{m Hg}$  comporta il rischio di congelare l'umidità presente nell'impianto (l'umidità liquida intrappolata nelle piccole tasche ghiaccerà e non evaporerà). Il basso vuoto raggiunto può essere erroneamente interpretato come un sistema privo di umidità mentre, invece, il ghiaccio è ancora presente. Tale rischio diventa elevato quando si utilizza una pompa a vuoto relativamente grande per un circuito di basso volume.
- Una singola evacuazione con pompa a vuoto a 0,33 mbar (250  $\mu\text{m Hg}$ ) non assicura un livello di umidità sufficientemente basso.
- Una bassa temperatura ambiente (al di sotto di 10°C) intorno all'apparecchiatura impedisce la rimozione dell'umidità.
- Prendere contromisure e accendere la resistenza del carter del compressore.
- L'adozione della procedura sovramenzionata è ancora più importante se si usa HFC e olio poliesteri invece dei più tradizionali HCFC (R22) o CFC e olio minerale.

## Avvertimento

Non utilizzare un megaohmetro né ricollegare l'alimentazione elettrica al compressore mentre è sotto vuoto. Questo può causare danni all'avvolgimento del motore. Non mettere mai in funzione un compressore sotto vuoto, in quanto il motore del compressore potrebbe bruciarsi.

## Step 6 - Carica del refrigerante

Le miscele refrigeranti zeotropiche e "quasi azeotropiche" come R407C e R404A devono essere sempre caricate allo stato liquido. Per la carica iniziale, il compressore deve essere arrestato e le valvole di servizio devono essere chiuse.

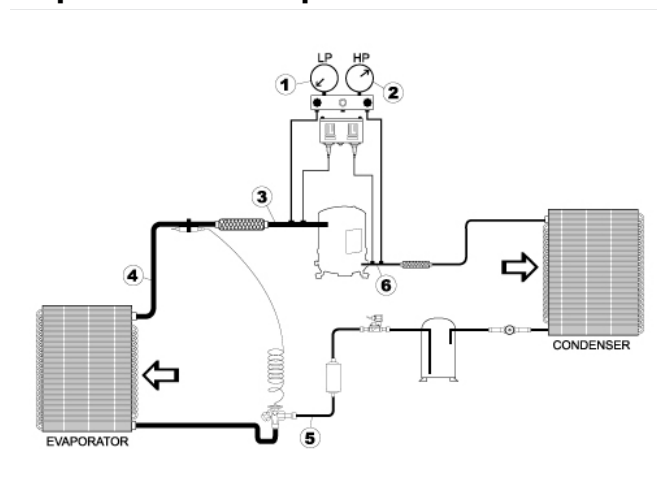
Introdurre la massima carica di refrigerante possibile nel sistema prima di avviare il compressore.

Aggiungere quindi lentamente il refrigerante in fase liquida sul lato bassa pressione, il più lontano possibile dal compressore in funzione.

## Avvertimento

- Se si utilizza un'elettrovalvola nella linea del liquido, il vuoto sul lato bassa pressione deve essere rotto prima di collegare l'alimentazione al sistema.
- La quantità di carica di refrigerante deve essere idonea sia per l'inverno sia per l'estate. Per informazioni sui limiti della carica, fare riferimento alla sezione "Controllo del fluido refrigerante e limiti della carica" nel manuale del compressore.

## Step 7 - Controllo dopo l'avviamento



Misurare e verificare:

1. Pressione di aspirazione al compressore
2. Pressione di mandata al compressore
3. Temperatura di aspirazione al compressore (per es.: surriscaldamento totale)
4. Temperatura di aspirazione all'uscita dell'evaporatore (per es.: surriscaldamento evaporatore)
5. Temperatura del liquido all'ingresso della valvola di espansione (per es.: sottoraffreddamento del liquido)
6. Temperatura di mandata all'uscita del compressore

Verificare che i dati misurati siano all'interno del campo previsto/accettabile e all'interno del campo di funzionamento dei componenti del sistema

L'uso di refrigerante con un glide di temperatura elevato comporta speciali misure. Gli effetti e come gestirli sono l'argomento del prossimo capitolo:



## 4. Retrofit di impianti con refrigeranti con glide di temperatura

Di Norbert Blatz, Global Application Excellence Manager, e John Broughton, Global Application Expert, Commercial Refrigeration

Come conseguenza della legislazione sugli F-gas e la riduzione del GWP dei refrigeranti, numerosi nuovi tipi di refrigeranti sintetici sono ora presenti sul mercato. La maggior parte è costituita da miscele zeotropiche con un significativo glide di temperatura.

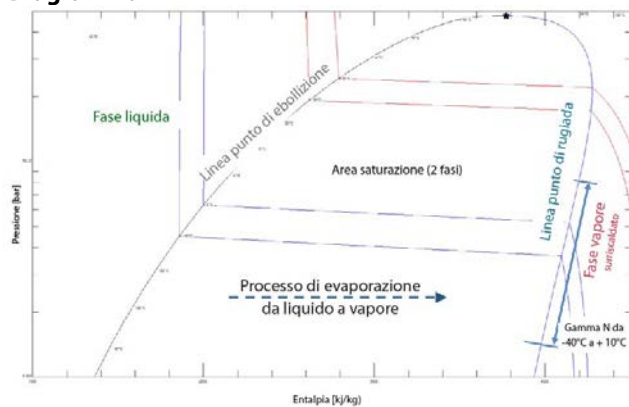
Per visualizzare le differenze con i refrigeranti azeotropici (non-glide) abbiamo scelto il diagramma log(p)/h e il diagramma p/t.

Tutti i diversi tipi di stati, in condizioni diverse, possono essere trovati in un diagramma log(p)/h. L'asse x si riferisce all'entalpia specifica mentre l'asse y mostra la pressione, in genere su scala logaritmica.

Partiamo dallo stato liquido a sinistra e attraversiamo il punto di ebollizione spostandoci verso destra, fino all'avviamento del processo di evaporazione e l'ingresso nella zona di saturazione. Nella fase di saturazione, sono presenti sia lo stato liquido sia lo stato gassoso (vapore). Più energia si aggiunge, più aumenta l'entalpia e più il liquido evapora, fino a raggiungere il punto di rugiada, quando tutto il liquido sarà passato allo stato gassoso (vapore). Quando attraversa il punto di rugiada, il vapore si surriscalda.

Il valore del surriscaldamento è misurato come la differenza di temperatura tra la temperatura del punto di rugiada e la temperatura del vapore surriscaldato alla stessa pressione, cioè all'uscita di un evaporatore a espansione secca. Come esempio, abbiamo aggiunto il campo di applicazione della gamma N delle valvole TXV di Danfoss.

Diagramma 1



All'interno dell'area di saturazione, la temperatura dipende direttamente dalla pressione. Nel caso di refrigeranti puri (nessuna miscela, per esempio R134a) e miscele azeotropiche, la temperatura sarà la stessa per tutto il processo di evaporazione. Per le miscele con glide = miscela zeotropiche, la temperatura cambia notevolmente durante il processo di evaporazione o di condensazione, mentre la pressione rimane costante.

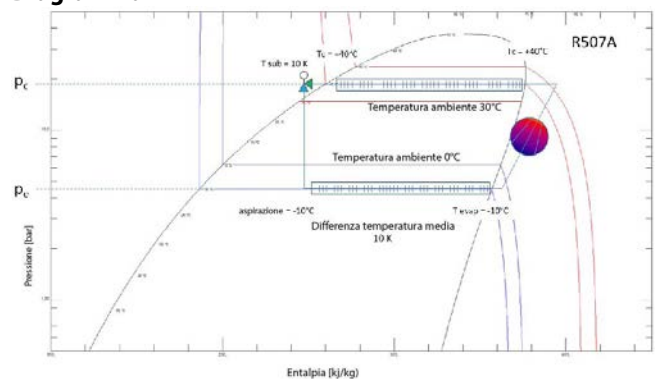
Il glide di temperatura si verifica, per usare una semplificazione, in quanto il refrigerante con la temperatura di evaporazione più bassa evaporerà per primo, mentre il refrigerante con la temperatura di evaporazione più alta evaporerà per ultimo.

Per visualizzare l'effetto del glide, abbiamo riprodotto un circuito di espansione a secco standard tramite un diagramma log (p)/h semplificato. La differenza di temperatura nello scambiatore di calore deve essere di 10 K, sia rispetto alla temperatura ambiente sia a quella ambiente fredda.

Esempio di refrigerante non-glide, miscela azeotropica R507A: La temperatura di condensazione e quella di evaporazione rimangono uguali alla stessa pressione.

$p_c$  = pressione di condensazione e  $p_e$  = pressione di evaporazione.

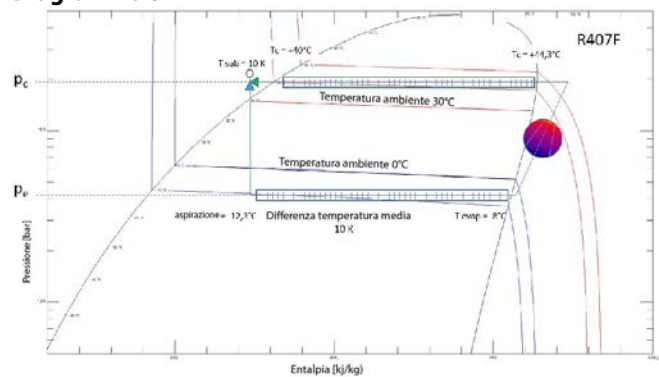
Diagramma 2



Lo stesso sistema, ma ora con un refrigerante zeotropico R407F:

Per avere una differenza di temperatura di 10 K, la temperatura di evaporazione passa da -12,3°C all'aspirazione a -8°C al punto di rugiada.

Diagramma 3



Il cambiamento nella temperatura di evaporazione e le sue conseguenze per lo scambiatore di calore e il dispositivo di espansione saranno discussi nel prossimo capitolo.

# Retrofit di impianti con refrigeranti con glide di temperatura (continua)

## L'impatto sull'applicazione dell'uso di un refrigerante con un glide di temperatura elevato.

A causa del cambiamento di temperatura, anche la differenza nella temperatura tra l'aria e lo scambiatore di calore cambierà e questo deve essere preso in considerazione durante il dimensionamento dello scambiatore di calore.

### Condensatore:

La differenza di temperatura media tra l'aria e il condensatore sarà più bassa e richiede un condensatore più grande. Durante il retrofit, la temperatura di condensazione può aumentare se il compressore avrà la stessa capacità di prima.

### Evaporatore:

La temperatura media aumenterà e avrà un impatto positivo in termini di capacità. Ma vi sono due aspetti critici da prendere in considerazione - il dispositivo di espansione e il cambiamento nella velocità di deumidificazione.

Innanzitutto, parliamo del rapporto tra il surriscaldamento e la capacità dello scambiatore di calore.

### Controllo del surriscaldamento:

La capacità di un evaporatore a pacco alettato è definita in base alla temperatura di ingresso dell'aria, DT1 e il valore di surriscaldamento.

DT1 è stato specificato come la differenza di temperatura tra l'aspirazione dell'aria e la temperatura di evaporazione al punto di rugiada. Vale a dire, aspirazione aria = 0°C, temperatura evaporazione punto di rugiada = -10°C → DT1 = 10 K.

D'altra parte, una riduzione del surriscaldamento causerà un relativo piccolo aumento della capacità.

Il raffronto tra i valori del surriscaldamento dell'evaporatore nei diagrammi 2 e 3 mostra valori diversi. La differenza di temperatura media dell'evaporatore nei diagrammi 2 e 3 è la stessa.

Ma a causa del glide con R407F nel diagramma 3, il valore di surriscaldamento richiesto è più basso. La ragione è che la temperatura di evaporazione al punto di rugiada di -8,1°C è superiore di 2 K rispetto a R507A nel diagramma 2.  $DT1 = 0^\circ\text{C} - (-8,1^\circ\text{C}) = 8,1 \text{ K}$ . Pertanto,  $\text{surriscaldamento target} = 8,1 \text{ K} \times 0,65 = 5,3 \text{ K}$ .

## Refrigeranti con glide di temperatura elevato e valvole di espansione

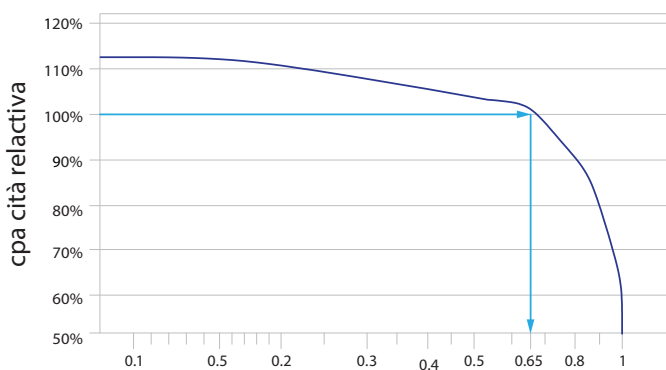
I dispositivi di espansione utilizzano pressione e temperatura per controllare il livello di surriscaldamento all'uscita dell'evaporatore.

Per il controllo del surriscaldamento, la linea del punto di rugiada (evaporazione 100%) è l'unico riferimento valido. L'elemento termostatico della valvola di espansione viene caricato con un mezzo che assicura quasi la stessa differenza di temperatura in un ampio intervallo (per la gamma N di Danfoss: da -40 °C a +10 °C).

Pertanto, è possibile determinare il surriscaldamento facendo riferimento al punto di rugiada.

Nel diagramma 2, R507A, per esempio, necessita di un valore di surriscaldamento di 6,5 K per utilizzare l'evaporatore al 100%. Questo è basato su una differenza di temperatura media di 10 K.

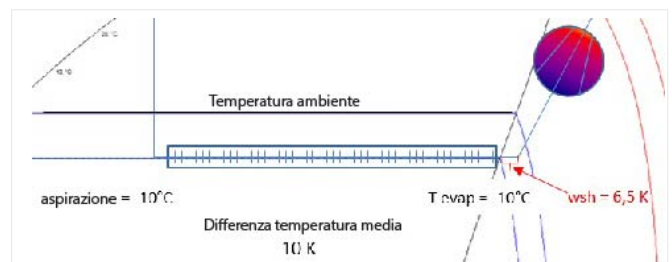
## Diagramma 4



Rapporto di surriscaldamento

Per ottenere il 100% della capacità dell'evaporatore, il surriscaldamento target è definito come il DT1 x surriscaldamento:  $10 \text{ K} \times 0,65 = 6,5 \text{ K}$ . Da un punto di vista del controllo, un valore di 0,65 è quasi ottimale e viene specificato dallo standard EN 328 come valore di riferimento per i raffreddatori ad aria. Il diagramma 4 mostra che già un piccolo aumento (SH più elevato) di questo valore causa una grande perdita nell'utilizzo della superficie dell'evaporatore.

## Diagramma 2, dettaglio



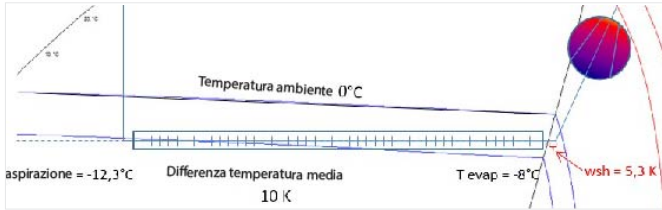
# Retrofit di impianti con refrigeranti con glide di temperatura (continua)

## Perché il surriscaldamento di una TXV può necessitare di una nuova regolazione?

### 1. A causa del glide:

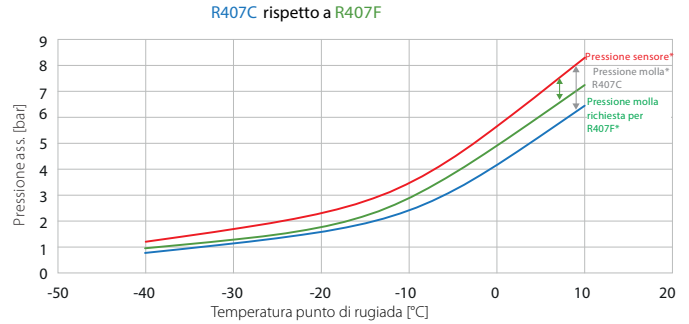
Nel diagramma 3, a causa dell'impatto del glide con R407F, la temperatura del punto di rugiada è circa  $-8,1^{\circ}\text{C}$  e lo stesso evaporatore richiede una regolazione del surriscaldamento di  $5,3\text{ K}$  per utilizzare il 100% della capacità, anche con una differenza di temperatura media di  $10\text{ K}$ .

Diagramma 3, dettaglio



In un retrofit con R407F, la carica di R407C + la forza della molla/pressione causeranno un valore di surriscaldamento troppo elevato. Pertanto, è necessario ridurre la forza della molla: Ciò viene fatto ruotando la vite di regolazione SH in senso antiorario.

Diagramma 7

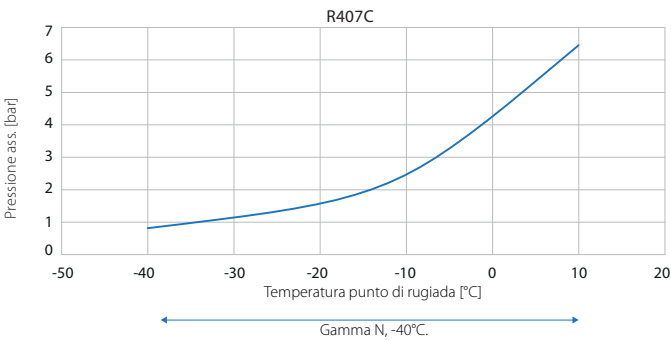


\*Semplificato per illustrare il principio

### 2. Una TXV con la carica corretta potrebbe non essere disponibile per il retrofit:

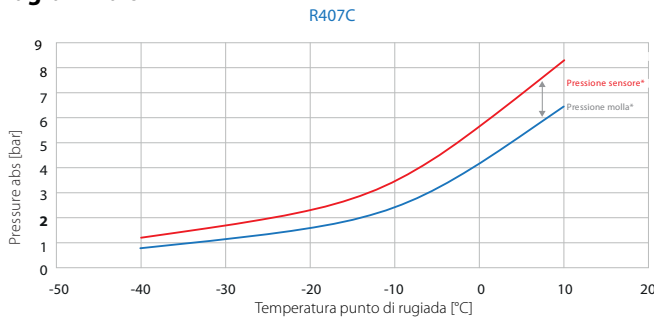
Ecco una curva del punto di rugiada, come nel diagramma 1, ma convertita in P/T (pressione/temperatura):

Diagramma 5



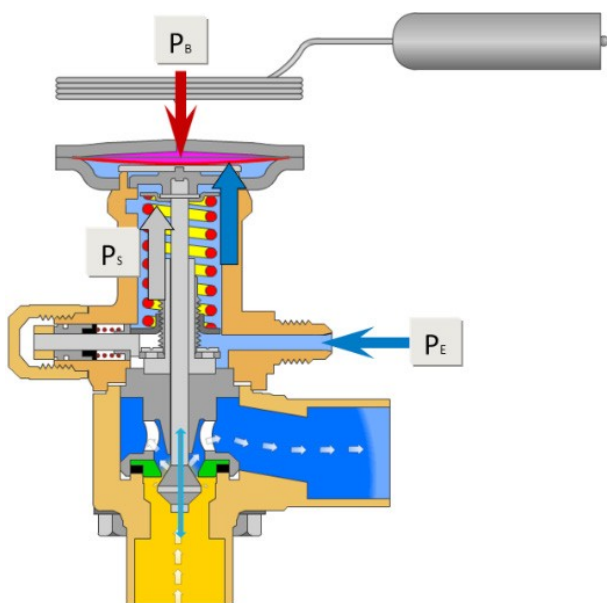
Per aumentare la temperatura del bulbo desiderata (surriscaldato) e aprire la valvola, viene aggiunta una molla che si aziona in base alla pressione del sensore: Pressione sensore + "pressione" molla = surriscaldamento

Diagramma 6

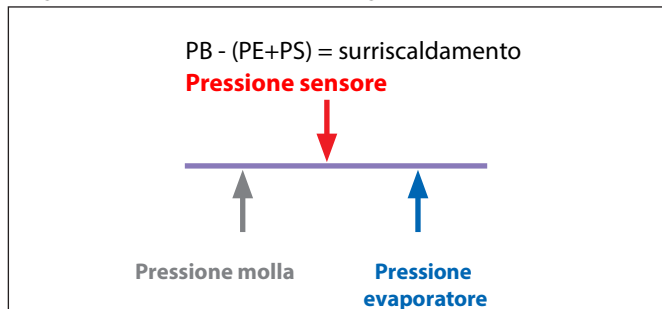


\*Semplificato per illustrare il principio

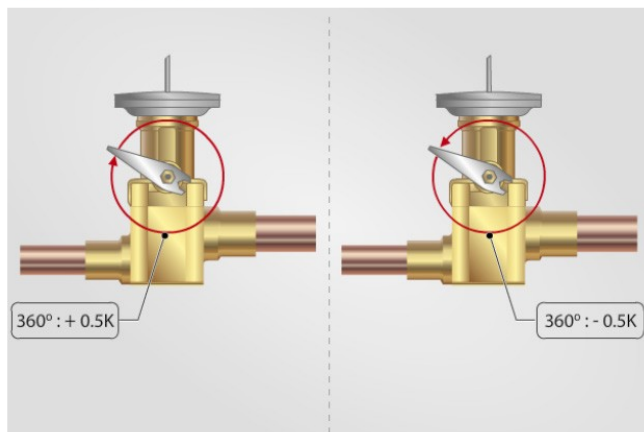
## Forze alla valvola e come ripristinare il surriscaldamento statico



La pressione del sensore  $P_B$  deve superare la pressione di evaporazione  $P_E$  + pressione della molla  $P_s$ .  
 Riducendo la pressione della molla tramite la regolazione dell'impostazione SH, è possibile utilizzare la valvola per un refrigerante per il quale non era originariamente idonea.



### TE 5~55 superheat



**Attenzione!** Se la correzione è superiore a 3 K, la qualità del controllo può peggiorare. Si consiglia di scegliere un altro tipo di carica, più vicino al valore target.

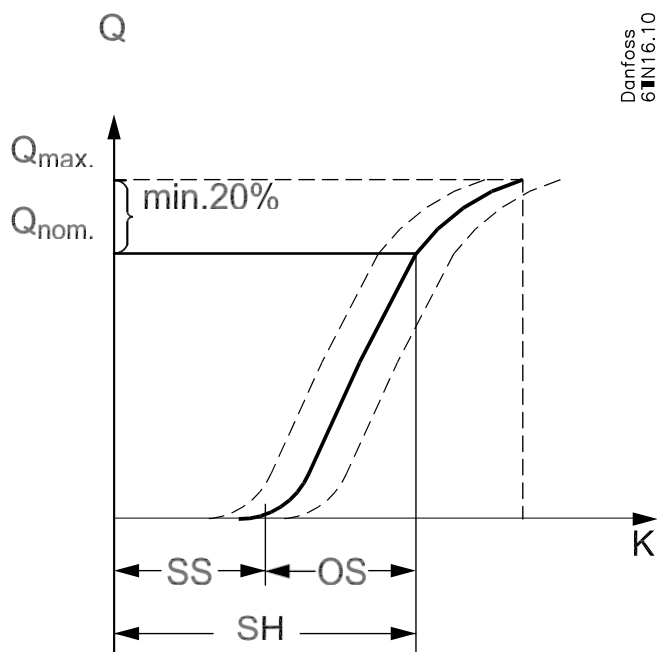
### Esempio:

Surriscaldamento statico  $SS = 4 \text{ K}/7,2^\circ\text{F}$  (impostazione di fabbrica)  
 Surriscaldamento di apertura  $OS = 4 \text{ K}/7,2^\circ\text{F}$   
 Il surriscaldamento di apertura è 4 K, cioè, dal punto in cui la valvola inizia ad aprire fino alla capacità nominale. Il surriscaldamento di apertura è determinato dal design e non può essere modificato.

Surriscaldamento totale  $SH = SS + OS$

$SH = 4 + 4 = 8 \text{ K}/14,4^\circ\text{F}$

Il surriscaldamento totale SH può essere modificato cambiando SS (utilizzando l'alberino di regolazione)



## Prestazioni dell'evaporatore con refrigeranti con glide di temperatura ed effetto sull'applicazione

A causa del glide, la temperatura in alcune aree della superficie dell'evaporatore sarà bassa e potrà aumentare potenzialmente la velocità di deumidificazione.

### Diamo un'occhiata ad alcuni esempi di valori iniziali:

(vedere diagramma 2)

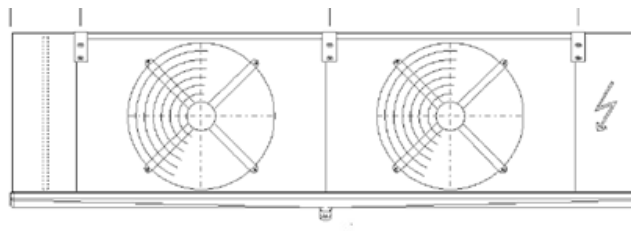
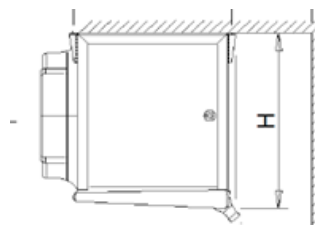
Cella frigorifera, R507A, condizioni ambiente 0°C,

80% umidità relativa, differenza di temperatura media 10 K.

La capacità frigorifera può essere di 10 kW.

È stato selezionato un tipo a soffitto, superficie 32,7 m

2, 2 ventilatori, con 6.280 m<sup>3</sup>/h.



### Risultati dettagliati

R507A	Capacità	$\Delta t_m$	DT1	T evap rugiada	Wsh	Tempo funzionamento
	10,1 kW	10 K	10 K	-10°C	6,5 K	18 h/g
Evaporatore:	2 ventilatori / 32,7 m <sup>2</sup>					
Ingresso aria:	0° C	80% umidità				
Uscita aria:	-3,8°C	95% umidità relativa				
Flusso aria:	6280 m <sup>3</sup> /h					
Deumidificazione	47,75 kg/g					

### Retrofit con R407F

#### Primo passo: L'impostazione del surriscaldamento sarà la stessa: 6,5 K

La differenza di temperatura media di 12 K ha portato a una maggiore capacità di 12,5 kW con un tempo di funzionamento più breve. Un punto negativo è la velocità deumidificazione, notevolmente aumentata. Questo può essere negativo per le merci fresche disimballate.

R407F	Capacità	$\Delta t_m$	DT1	T evap rugiada	Wsh	Tempo funzionamento
	12,5 kW	12 K	10 K	-10°C	6,5 K	14,3 h/g
Evaporatore:	2 ventilatori / 32,7 m <sup>2</sup>					
Ingresso aria:	0° C	80% umidità				
Uscita aria:	-4,7 °C	95% umidità relativa				
Flusso aria:	6280 m <sup>3</sup> /h					
Deumidificazione	60,96 kg/g					

#### Secondo passo: regolare la valvola di espansione su un valore di surriscaldamento di 5,3 K.

Il surriscaldamento è stato ridotto a 5,3 K e la temperatura di evaporazione al punto di rugiada è stata aumentata a -8,1°C per ottenere una differenza di temperatura di 10 K (vedere anche diagramma 3)

R407F	Capacità	$\Delta t_m$	DT1	T evap rugiada	Wsh	Tempo funzionamento
	10,8 kW	10 K	8,1 K	-8,1 °C	5,3 K	16,6 h/g
Evaporatore:	2 ventilatori / 32,7 m <sup>2</sup>					
Ingresso aria:	0° C	80% umidità				
Uscita aria:	-4,1 °C	95% umidità relativa				
Flusso aria:	6280 m <sup>3</sup> /h					
Deumidificazione	53,32 kg/g					

**Considerazioni importanti:**

Come mostrano questi risultati, un'applicazione in cui la deumidificazione è un parametro critico, la differenza di temperatura media deve essere inferiore a quella con singoli fluidi o miscele di refrigeranti azeotropiche.

**Effetti particolari:**

È stato notato che, in alcune applicazioni più grandi, a bassa temperatura e con refrigeranti con un glide di temperatura elevato, il refrigerante liquido non era compatibile con il compressore. È stato quindi necessario ricorrere a una procedura inversa rispetto a quanto descritto. L'impostazione del surriscaldamento è stata aumentata per proteggere il compressore. I refrigeranti a basso glide o senza glide non mostreranno questi effetti in applicazioni a bassa temperatura.

**Riassunto:**

I componenti per i refrigeranti con un glide di temperatura elevato devono essere dimensionati e selezionati in base alla differenza di temperatura media. Per via del glide, potrà essere necessario regolare nuovamente l'impostazione SH.

Un refrigerante compatibile con un certo livello di temperatura non è necessariamente compatibile con un altro livello di temperatura (per esempio, condizionamento dell'aria rispetto a bassa temperatura).

Le prestazioni di ciascuna valvola di espansione meccanica sono ottimizzate per l'utilizzo con un refrigerante specifico. Se si usa un altro refrigerante, la valvola non funzionerà necessariamente allo stesso modo o con lo stesso livello di controllo.

Se si desidera ridurre il rischio di problemi con il sistema, mantenendo il miglior controllo stabile, una nuova valvola di espansione termostatica adattata o una EEV potrebbero essere una buona opzione. Una EEV offre inoltre una maggiore flessibilità nella progettazione se il regolatore del surriscaldamento è in grado di gestire il refrigerante selezionato. Danfoss aggiorna sempre i propri regolatori per i nuovi refrigeranti a basso GWP.

**Nota:**

I refrigeranti menzionati in questo documento non indicano la preferenza per un refrigerante o un altro. Stesso dicasi per le condizioni, Scopo di questo paper è discutere gli aspetti fisici e l'impatto sui componenti e sul design del sistema in modo neutrale.

L'idoneità di una valvola di espansione Danfoss può essere determinata utilizzando lo strumento Low GWP di seguito.

<http://refrigerationandairconditioning.danfoss.com/support-center/apps-and-software/low-gwp-tool/> Vedere anche: ASERCOM, Refrigerant Glide and Effect on Performances Declaration (<http://asercom.org/guides>)