

ENGINEERING
TOMORROW

Danfoss

Manual de Aplicação

Refrigeração industrial **Aplicações da Amônia e do CO₂**



Contents

	Página
Prefácio	3
1. Introdução	4
2. Controles do Compressor	6
2.1 Controle de Capacidade do Compressor	6
2.2 Controle da Temperatura de Descarga com Injeção de Líquido	10
2.3 Controle da Pressão do Câter	13
2.4 Controle do Contra-Fluxo	14
2.5 Resumo	15
2.6 Documentos de Referência	16
3. Controles do Condensador	17
3.1 Condensadores Resfriados a Ar	17
3.2 Condensadores Evaporativos	22
3.3 Condensadores Resfriados a Água	25
3.4 Resumo	27
3.5 Documentos de Referência	27
4. Controle do Nível de Líquido	28
4.1 Sistema de Controle de Nível de Líquido Pelo Lado de Alta Pressão (HP LLRS)	28
4.2 Sistema de Controle de Nível de Líquido pelo lado de Baixa Pressão (LP LLRS)	32
4.3 Resumo	36
4.4 Documentos de Referência	36
5. Controles do Evaporador	37
5.1 Controle da Expansão Direta	37
5.2 Controle da Circulação do Líquido Bombeado	42
5.3 Degelo a Gás Quente para Evaporadores a Ar com expansão direta	45
5.4 Degelo a Gás Quente para Evaporadores a Ar com circulação do Líquido Bombeado	51
5.5 Sistemas com múltiplas temperaturas	54
5.6 Controle da Temperatura do Meio	55
5.7 Resumo	57
5.8 Documentos de Referência	58
6. Sistemas de lubrificação	59
6.1 Resfriamento do óleo	59
6.2 Controle de Pressão Diferencial do Óleo	63
6.3 Sistemas de Recuperação de Óleo	66
6.4 Resumo	68
6.5 Documentos de Referência	69
7. Sistemas de segurança	70
7.1 Dispositivos de Alívio de Pressão	70
7.2 Dispositivos Limitadores de Pressão e Temperatura	74
7.3 Dispositivos de Nível de Líquido	75
7.4 Detector de refrigerantes	76
7.5 Resumo	78
7.6 Documentos de Referência	78
8. Controles da Bomba do Refrigerante	79
8.1 Proteção para Bomba com Controle de Pressão Diferencial	79
8.2 Controle da Vazão de desvio(By-Pass) da Bomba	81
8.3 Controle da Pressão da Bomba	82
8.4 Resumo	83
8.5 Documentos de Referência	83
9. Outros	84
9.1 Filtros Secadores para Sistemas Fluorados	84
9.2 Remoção de Água para Sistema de Amônia	86
9.3 Sistemas de purga de ar	88
9.4 Sistemas de Recuperação de Calor	90
9.5 Documentos de Referência	92
10. Utilização do CO ₂ em sistemas de refrigeração	93
10.1 CO ₂ como um refrigerante	94
10.2 CO ₂ como um refrigerante em sistemas industriais	95
10.3 Pressão do projeto	97
10.4 Segurança	99
10.5 Eficiência	100
10.6 Óleo em sistemas com CO ₂	100
10.7 Comparação das necessidades dos componentes em sistemas com CO ₂ , amônia e R134a	102
10.8 Água em sistemas com CO ₂	104
10.9 Removendo a água	107
10.10 Como a água entra no sistema de CO ₂ ?	111
10.11 Outros pontos a serem levados em consideração em sistemas de refrigeração com CO ₂	112
11. Sistemas de Refrigeração Industrial com CO ₂ bombeado	115
12. Métodos de controle para Sistemas com CO ₂	125
13. Projeto de uma instalação subcrítica com CO ₂	126
13.1 Solução eletrônica para o controle do nível de líquido	126
13.2 Degelo a Gás Quente para Resfriadores a Ar com circulação por Líquido Bombeado	127
14. Componentes de CO ₂ subcríticos da Danfoss	129
15. Uma linha completa de produtos de aço inoxidável	131
16. Apêndice	133
16.1 Sistemas Típicos de Refrigeração	133
17. Controles liga/ desliga (ON/OFF) e modulantes	138
17.2 Controle modulante	140
Documentos de Referência - Ordem Alfabética	146

Prefácio

O manual de aplicação é projetado para ser usado como um documento de referência. O manual tem como objetivo proporcionar respostas às várias questões relacionadas com o controle do sistema de refrigeração industrial e em responder a estas questões, os princípios dos diferentes métodos de controle são introduzidos seguidos por alguns exemplos de controle, abrangendo produtos da Danfoss Refrigeração Industrial. A capacidade e desempenho não estão relacionados e parâmetros operacionais de cada aplicação devem ser considerados propriamente antes de adotar qualquer disposição particular. Nem todas as válvulas são exibidas e os desenhos de aplicação não devem ser usados para fins de construção.

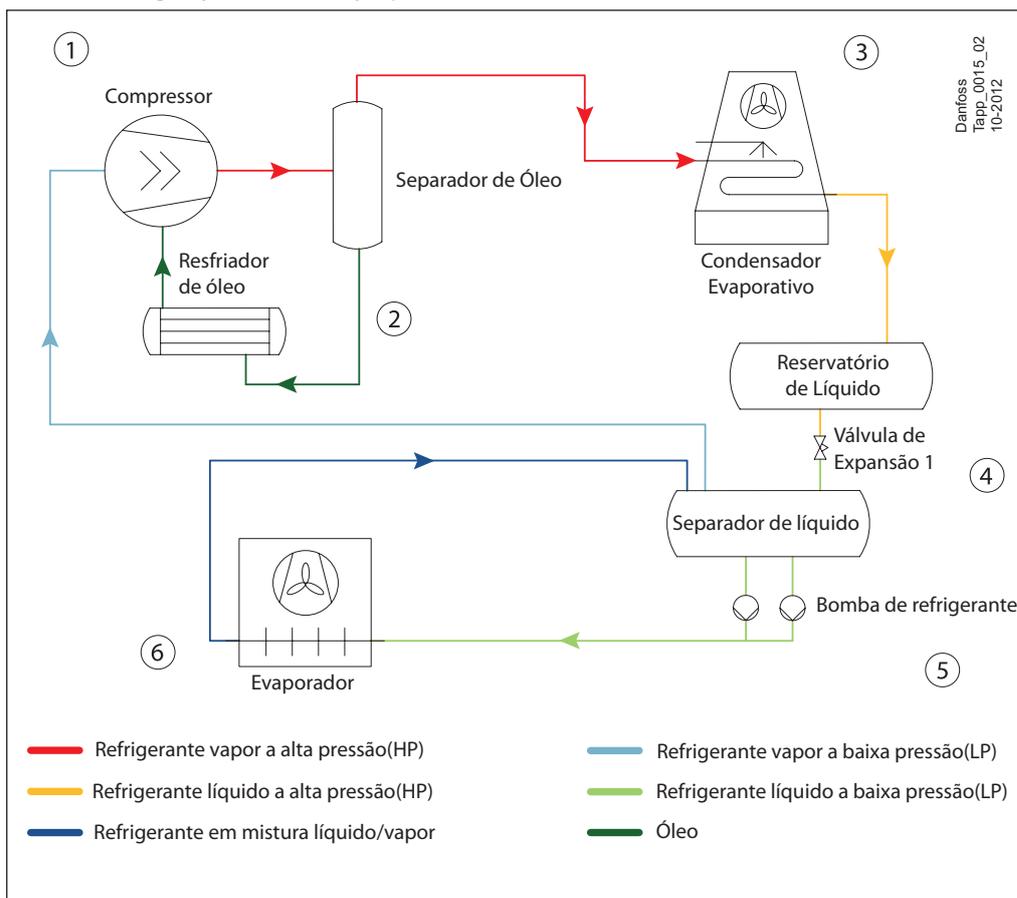
Para o projeto final da instalação será necessário utilizar outras ferramentas, tais como o catálogo do fabricante e o programa de cálculo (por exemplo: o catálogo de Refrigeração Industrial da Danfoss e o programa DIRcalc).

O DIRCalc é um programa de cálculo e seleção de válvulas para refrigeração industrial Danfoss. DIRcalc é fornecido sem custo. Entre em contato com sua empresa local de vendas da Danfoss.

Não hesite em entrar em contato com a Danfoss se houver qualquer dúvida sobre os métodos de controle, sobre a aplicação, ou sobre os e controles descritos neste guia de aplicação.

1. Introdução

Sistema de Refrigeração com Circulação por Bomba



① Controle do Compressor

Por quê?

- Primário: para controlar a pressão de sucção;
- Secundário: operação confiável do compressor (partidas/paradas, etc.)

Como?

- Controlando a capacidade do compressor de acordo com a carga de refrigeração através do desvio do gás quente do lado HP (alta pressão) de volta para o lado LP (baixa pressão), controle ON/OFF (liga/desliga) de estágios do compressor ou controlando a velocidade de rotação do compressor;
- Instalando válvula de retenção na linha de descarga para evitar o contra-fluxo do refrigerante para o compressor;
- Mantendo as pressões e temperaturas na sucção e descarga do compressor dentro da faixa de trabalho.

② Controle de óleo

Por quê?

- Manter a temperatura e a pressão de óleo ideal para garantir uma operação confiável do compressor.

Como?

- Pressão: mantendo e controlando o diferencial de pressão por todo o compressor para que possa ocorrer a circulação de óleo, mantendo a pressão do cárter (somente para compressores de pistão);
- Temperatura: pelo desvio de um pouco de óleo do circuito do resfriador de óleo; controle do ar ou da água de resfriamento do resfriador de óleo;
- Nível: fazendo o retorno do óleo nos sistemas com amônia e nos sistemas de baixa temperatura com fluorados.

1. Introdução
(continuação)**③ Controle do Condensador****Por quê?**

- Manter a pressão de condensação acima do valor mínimo aceitável para garantir vazão suficiente através dos dispositivos de expansão;
- Assegurar uma distribuição correta do refrigerante pelo sistema.

Como?

- Executando a operação on/off (liga/desliga) ou o controle de velocidade dos ventiladores do condensador, controlando a vazão da água de resfriamento, deixando os condensadores inundados em líquido refrigerante.
-

④ Controle do Nível de Líquido**Por quê?**

- Assegurar a correta vazão de refrigerante líquido do lado de alta pressão para o lado de baixa pressão, de acordo com a demanda efetiva;
- Assegurar uma operação segura e confiável dos dispositivos de expansão.

Como?

- Controlando o grau de abertura do dispositivo de expansão de acordo com a alteração do nível do líquido.
-

⑤ Controle da Bomba de Refrigerante**Por quê?**

- Permitir que a bomba opere sem problemas, mantendo a vazão dentro da faixa permissível de operação;
- Manter constante a pressão diferencial através da bomba em alguns sistemas.

Como?

- Projetando um circuito de desvio de modo que a vazão possa ser mantida acima do mínimo permissível;
 - Desligando a bomba se ela não conseguir atingir pressão diferencial suficiente.
 - Instalando uma válvula reguladora de pressão.
-

⑥ Controle do Sistema de Evaporação**Por quê?**

- Primário: Manter uma temperatura constante do meio utilizado;
- Secundário: otimizar a operação dos evaporadores;
- Para sistemas de expansão direta: garantir que nenhum líquido refrigerante dos evaporadores entre na linha de sucção do compressor.

Como?

- Mudando a taxa de vazão do refrigerante nos evaporadores de acordo com a demanda;
 - Fazendo o degelo dos evaporadores.
-

⑦ Sistemas de Segurança**Por quê?**

- Evitar deixar os vasos de pressão desprotegidos;
- Proteger o compressor contra danos causados por golpe de ariete (de líquido), sobrecarga, falta lubrificação e alta de temperatura, etc;
- Proteger a bomba contra danos por cavitação.

Como?

- Instalando válvulas de alívio de segurança nos vasos e em outros locais necessários;
 - Desligando o compressor e a bomba de refrigerante se a pressão de sucção/descarga ou se o diferencial de pressão estiver fora da faixa permissível;
 - Desligando o sistema ou parte do sistema quando o nível no separador de líquido ou no tanque de líquido exceder o valor permissível.
-

2. Controles do Compressor

O compressor é o “coração” do sistema de refrigeração. Ele tem duas funções básicas:

1. Manter a pressão no evaporador de modo que o refrigerante líquido possa evaporar na temperatura requerida.
2. Comprimir o fluido refrigerante de modo que o mesmo possa ser condensado numa temperatura normal.

A função básica do controle do compressor, portanto, é a de ajustar a capacidade do compressor à demanda efetiva do sistema de refrigeração, de modo que a temperatura de

evaporação requerida possa ser mantida. Se a capacidade do compressor for maior que a demanda, a pressão e temperatura de evaporação serão mais baixas que as requeridas e vice-versa.

Além disto, não se deve permitir a operação do compressor fora de sua faixa de temperatura e pressão aceitáveis com objetivo de se tentar otimizar suas condições de operação.

2.1 Controle de Capacidade do Compressor

Em um sistema de refrigeração o compressor é normalmente selecionado para que seja capaz de satisfazer a maior carga possível de resfriamento. No entanto, durante operação normal, muitas vezes a carga de resfriamento é inferior à carga de resfriamento de projeto. Isto significa que é sempre necessário controlar a capacidade do compressor para que ela seja adequada à carga efetiva do calor a ser removido. Há diversas formas comuns de controlar a capacidade do compressor:

1. Controle por Estágios.

Isto significa desativar cilindros em um compressor de vários cilindros, abrir e fechar as válvulas de sucção de um compressor parafuso ou fazer a parada e partida de alguns compressores em um sistema com vários compressores. Este sistema é simples e conveniente. Além disto, a eficiência diminui muito pouco durante o período em que o sistema está em carga parcial. É especialmente aplicável a sistemas com diversos compressores alternativos com vários cilindros.

2. Controle da válvula de deslizamento (“slide valve”).

O dispositivo mais comum utilizado para controlar a capacidade de um compressor parafuso é a válvula de deslizamento (“slide valve”), a qual é acionada por pressão de óleo. A atuação desta válvula impede que parte do gás na sucção seja comprimido. A “slide valve” permite uma modulação suave e contínua da capacidade do compressor, de 100% para 10%, mas a eficiência diminui quando a operação é em carga parcial.

3. Controle de velocidade variável.

Esta solução é aplicável a todos os tipos de compressores e é eficiente. Para variar a velocidade do compressor pode ser usado um motor elétrico de duas velocidades ou um conversor de frequência. O motor elétrico de duas velocidades controla a capacidade do compressor operando em alta velocidade quando a carga térmica for alta (por exemplo, período de resfriamento) e em baixa velocidade quando a carga térmica for baixa (por exemplo, período de armazenamento). O conversor de frequência pode variar a velocidade de rotação continuamente para satisfazer a demanda efetiva. O conversor de frequência observa limites para mínima e máxima velocidade, controle de temperatura e pressão, a proteção do motor do compressor, assim como os limites de corrente e torque. Conversores de frequência oferecem baixa corrente de partida.

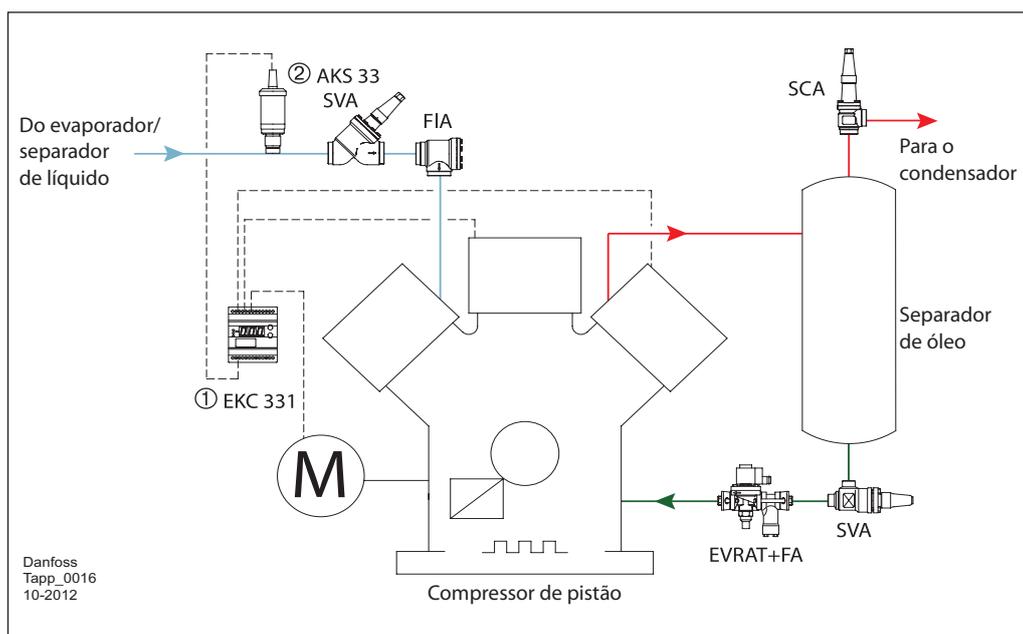
4. Desvio de gás quente.

Esta solução é aplicável a compressores com capacidades fixas e é mais facilmente encontrado na refrigeração comercial. Para controlar a capacidade de refrigeração, parte do fluxo de gás quente na linha de descarga é desviado para o lado de baixa pressão. Isto ajuda a diminuir a capacidade de refrigeração de duas formas: diminuindo o fornecimento de refrigerante líquido e liberando algum calor para o circuito de baixa pressão.

Exemplo de aplicação 2.1.1:
Controle por estágios da
capacidade do compressor

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante vapor a baixa pressão (LP)
- Óleo

- ① Controlador por Estágio
- ② Transmissor de Pressão



A solução para o controle em estágios da capacidade do compressor pode ser encontrada utilizando um controlador por estágios EKC 331 ①. O EKC 331 é um controlador de quatro estágios com até quatro relés de saída. Ele controla o aumento/ redução da capacidade dos compressores, o liga/desliga dos pistoes ou do motor elétrico do compressor de acordo com o sinal de pressão do transmissor de pressão AKS 33 ou AKS 32R instalado na tubulação de sucção. Com base no controle de zona neutra, o EKC 331 é capaz de controlar, por estágios, um sistema composto por até quatro compressores iguais ou, alternativamente, dois compressores controlados por capacidade (cada um deles com uma válvula de carga).

A versão EKC 331T aceita um sinal de um sensor de temperatura PT 1000, que pode ser necessário para sistemas secundários.

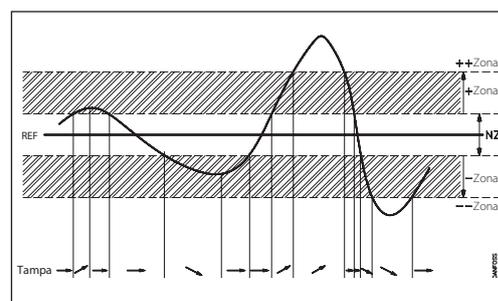
Controle de Zona Neutra

A zona neutra é estabelecida próxima ao valor de referência onde não ocorra carga/descarga. Fora da zona neutra (nas áreas hachuradas "+zona" e "- zona") ocorrerá o aumento / redução de carga

à medida que a pressão medida for desviando dos valores ajustados de zona neutra(NZ).

Se o controle ocorrer fora da área hachurada (chamada de ++zona e -zona), as mudanças na capacidade de ativação do controlador de alguma forma ocorrerá mais rapidamente do que se estivesse dentro da área hachurada.

Para obter mais detalhes, consulte o manual do EKC 331 (T) da Danfoss.



Dados técnicos

	Transmissor de pressão - AKS 33	Transmissor de pressão - AKS 32R
Refrigerantes	Todos os refrigerantes, inclusive o R717	Todos os refrigerantes, inclusive o R717
Faixa de operação [bar]	-1 a 34	-1 a 34
Pressão máxima de trabalho PB [bar]	55 (dependendo da faixa de operação)	60 (dependendo da faixa de operação)
Faixa de temperatura de operação [°C]	-40 a 85	
Faixa de temperatura compensada [°C]	baixa pressão(LP): -30 a +40 / alta pressão(HP): 0 a +80	
Sinal nominal de saída	4 a 20 mA	10 a 90% do fornecimento da tensão

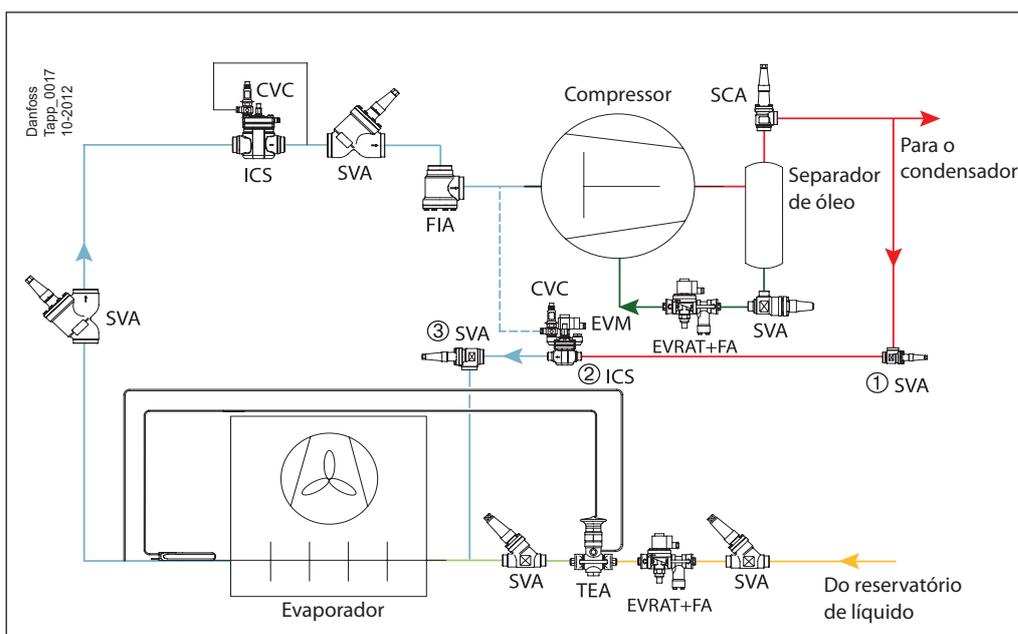
	Transmissor de pressão - AKS 3000	Transmissor de pressão - AKS 32
Refrigerantes	Todos os refrigerantes, inclusive o R717	Todos os refrigerantes, inclusive o R717
Faixa de operação [bar]	0 a 60 (dependendo da faixa)	-1 a 39 (dependendo da faixa)
Pressão máxima de trabalho PB [bar]	100 (dependendo da faixa de operação)	60 (dependendo da faixa de operação)
Faixa de temperatura de operação [°C]	-40 a 80	-40 a 85
Faixa de temperatura compensada [°C]	baixa pressão(LP): -30 a +40 / alta pressão(HP): 0 a +80	baixa pressão(LP): -30 a +40 / alta pressão(HP): 0 a +80
Sinal nominal de saída	4 a 20 mA	1 a 5V ou 0 a 10V

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 2.1.2:
Controle da capacidade do compressor por desvio de gás quente (hot gas by-pass)

- Refrigerante vapor a alta pressão (HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão (HP)
- Refrigerante vapor a baixa pressão (LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão (LP)
- Óleo

- ① Válvula de bloqueio
- ② Regulador de capacidade
- ③ Válvula de bloqueio



O desvio do gás quente pode ser utilizado para controlar a capacidade de refrigeração para compressores que não possuem sistema para controle de capacidade. A válvula servo operada por piloto ICS ② juntamente com uma válvula piloto CVC é utilizada para controlar a vazão de gás quente a ser desviado de acordo com a pressão na linha

de sucção. A CVC é uma válvula piloto controlada por contrapressão que abre a ICS e aumenta a vazão de gás quente quando a pressão de sucção estiver abaixo do valor ajustado. Desta forma, a pressão de sucção na entrada do compressor é mantida constante, portanto a capacidade de refrigeração satisfaz a carga efetiva de resfriamento.

Dados técnicos

	Válvula servo operada por piloto - ICS
Material	Corpo: Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717 e R744
Faixa de temperatura do meio [°C]	-60 a +120
Pressão máxima de trabalho [bar]	52
DN [mm]	20 a 150

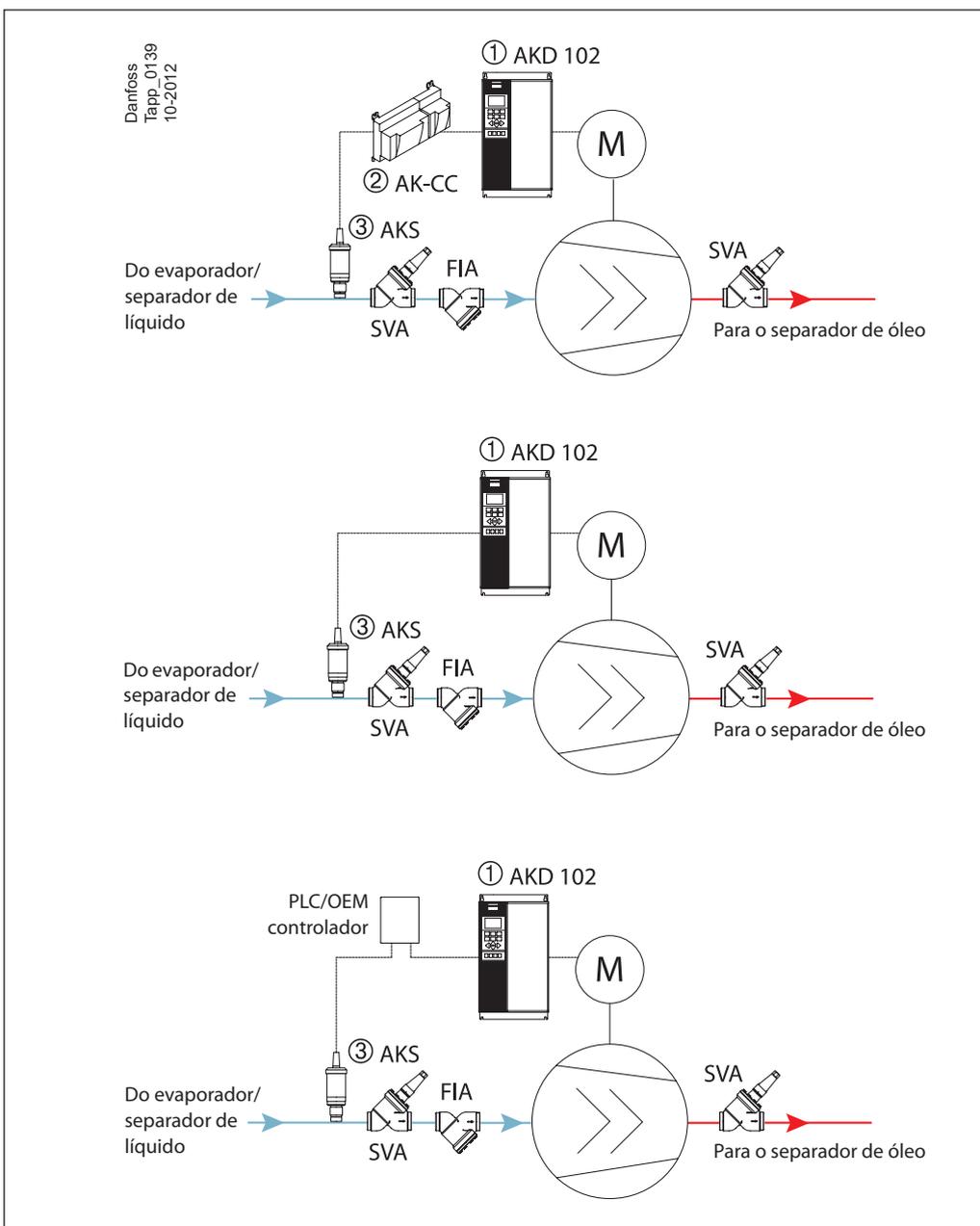
	Válvula piloto - CVC baixa pressão (LP)
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	Lado de alta pressão: 28 Lado de baixa pressão: 17
Faixa de pressão [bar]	-0.45 a 7
K _v valor [m ³ /h]	0,2

	Válvula piloto - CVC pressão extra alta (XP)
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	Lado de alta pressão: 52 Lado de baixa pressão: 28
Faixa de pressão [bar]	4 a 28
K _v valor [m ³ /h]	0,2

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 2.1.3:
Controle de variação da
velocidade do compressor

Danfoss
Tapp. 0139
10-2012



— Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
— Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)

- ① Conversor de frequência
- ② Controlador
- ③ Transdutor de Pressão

O controle por conversor de frequência oferece as seguintes vantagens:

- Economia de energia
- Melhor controle e qualidade do produto
- Redução do nível de ruído do compressor
- Vida mais longa para o compressor
- Instalação simples
- Controle completo e programação amigável

Dados técnicos

	Conversor de frequência AKD 102		Conversor de frequência VLT FC 102 / FC 302
Classificação em kW	1,1 kW a 45 kW	1,1 kW a 250 kW	Até 1200 kW
Tensão	200-240 V	380-480 V	200-690 V

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

2.2
Controle da Temperatura de Descarga com Injeção de Líquido

Os fabricantes de compressores geralmente recomendam limitar a temperatura de descarga abaixo de um certo valor para evitar o superaquecimento do óleo, prolongando assim a vida útil dos compressores e impedindo o mal funcionamento devido a temperaturas muito altas do óleo.

Há diversas formas de reduzir a temperatura de descarga. Uma forma é a utilização, em compressores alternativos, de cabeçotes resfriados a água, outro método é a injeção de líquido pelo qual o refrigerante líquido da saída do condensador ou do tanque é injetado na linha de sucção, no resfriador intermediário ou na entrada lateral do compressor parafuso.

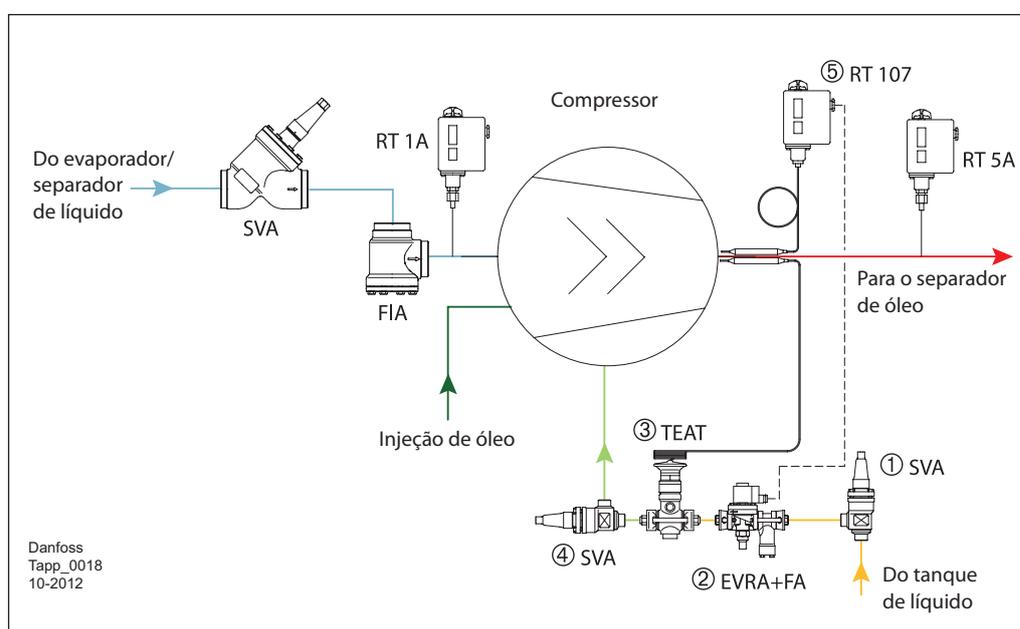
A partir do diagrama logaritmico p-h é possível notar que a temperatura de descarga pode ser alta quando:

- o compressor opera numa alta pressão diferencial.
- o compressor recebe na sucção vapor com alto grau de superaquecimento.
- o compressor funciona com o controle de capacidade por desvio de gás quente (hot gas by-pass).

Exemplo de aplicação 2.2.1: Controle da temperatura de descarga com injeção de líquido com a válvula de injeção termostática

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)
- Óleo

- ① Válvula de bloqueio
- ② Válvula solenoide EVRA+FA
- ③ Válvula de injeção termostática TEAT
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Termostato RT 107



Quando a temperatura de descarga subir acima do valor de ajuste do termostato diferencial RT 107 ⑤. O RT 107 energizará a válvula solenoide EVRA ② a qual permitirá o início da injeção de líquido na entrada lateral do compressor parafuso.

A válvula de injeção termostática TEAT ③ controla a vazão de líquido injetado de acordo com a temperatura de descarga impedindo que esta temperatura de descarga aumente ainda mais.

Dados técnicos

	Termostato - RT
Refrigerantes	R717 e refrigerantes fluorados
Proteção	IP 66/54
Temp. máx. do bulbo [°C]	65 a 300
Temp. ambiente [°C]	-50 a 70
Faixa de ajuste [°C]	-60 a 150
Diferencial Δt [°C]	1,0 a 25,0

	Válvula de injeção termostática - TEAT
Refrigerantes	R717 e refrigerantes fluorados
Faixa de ajuste [°C]	Temp. máx. do bulbo.: 150°C Banda P: 20°C
Pressão máxima de trabalho [bar]	20
Capacidade nominal * [kW]	3,3 a 274

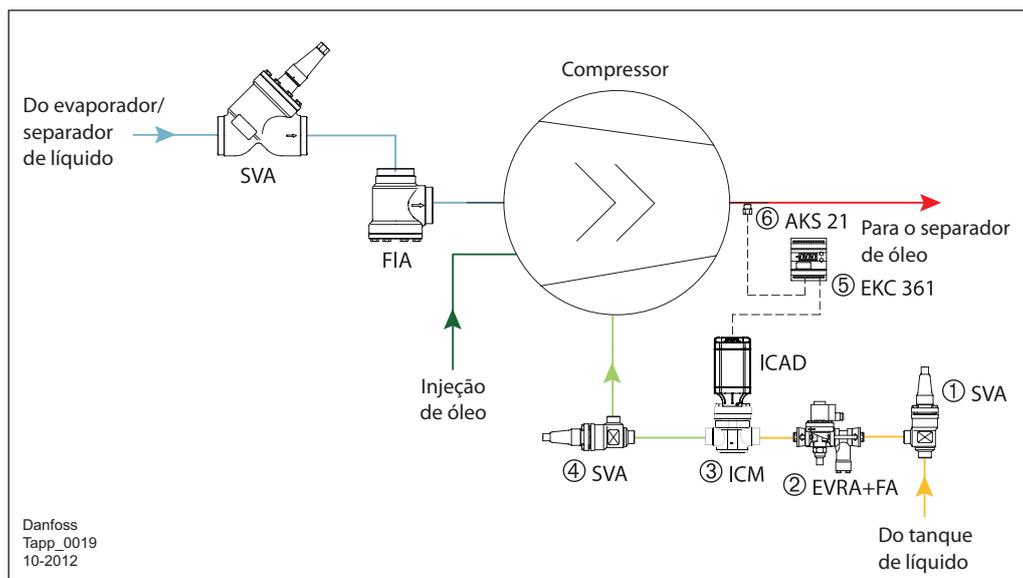
* Condições: T_a = +5°C, Δp = 8 bar, ΔT_{sub} = 4°C

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 2.2.2:
Controle da Temperatura de Descarga com Injeção de líquido com válvula motorizada

- █ Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- █ Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- █ Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- █ Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)
- █ Óleo

- ① Válvula de bloqueio
- ② Válvula solenoide EVRA+FA
- ③ Válvula motorizada ICM(ICAD)
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Controlador EKC361
- ⑥ Sensor de temperatura AKS21(PT1000)



Uma solução para o controle de injeção de líquido de forma eletrônica pode ser obtida por meio de uma válvula motorizada ICM ③. Um sensor de temperatura AKS 21 PT 1000 ⑥ registrará a temperatura de descarga e transmitirá o sinal para o controlador

de temperatura do meio EKC 361 ⑤. O EKC 361 controla o atuador do ICAD que regula o grau de abertura da válvula motorizada ICM a fim de limitar e manter a temperatura de descarga.

Dados técnicos

	ICM para expansão
Material	Corpo: Aço especial para a baixa temperatura
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717 e R744
Faixa de temperatura do meio [°C]	-60 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	52 bar
DN [mm]	20 a 80
Capacidade nominal* [kW]	72 a 22.700

* Condições: T_e = -10°C, Δp = 8,0 bar, ΔT_{sub} = 4K

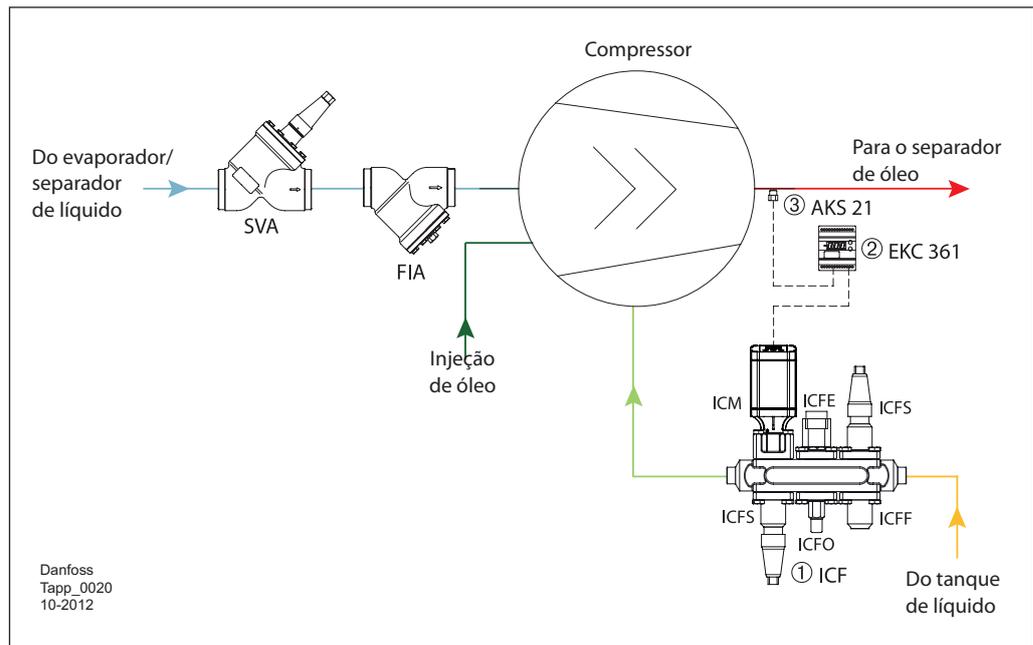
	Atuador - ICAD
Faixa de temperatura do meio [°C]	-30 a 50 (ambiente)
Sinal de entrada de controle	0/4-10mA ou 0/2-10
Tempo de abertura-fechamento com velocidade máxima selecionada	3 a 45 segundos dependendo do tamanho da válvula

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 2.2.3:
Uma solução compacta para o controle da temperatura de descarga com injeção de líquido com ICF

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)
- Óleo

- ① Estação de válvula com:
-
- Válvula de bloqueio
 - Filtro
 - Válvula solenoide
 - Operador manual
 - Válvula motorizada
 - Válvula de bloqueio
- ② Controlador
- ③ Sensor de temperatura



Para a injeção de líquido, a Danfoss pode fornecer uma solução de controle mais compacta, a válvula ICF ①. Até seis módulos distintos podem ser montados no mesmo corpo. Esta solução opera da mesma maneira que apresentado no exemplo 2.2.2, e é muito compacto e fácil de instalar.

Dados técnicos

	Estação de válvulas de controle ICF
Material	Corpo: Aço especial para a baixa temperatura
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717 e R744
Faixa de temperatura do meio [°C]	-60 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	52 bar
DN [mm]	20 a 40

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

2.3
Controle da Pressão
do Cárter

Durante a partida ou após o degelo, a pressão de sucção deve ser controlada, caso contrário ela poderá ser muito alta e o motor do compressor será sobrecarregado.

carga parcial, por exemplo, desativando alguns dos pistões para compressores alternativos com vários pistões ou desviando algum gás de sucção para compressores parafusos com "slide valve", etc.

O motor elétrico do compressor pode ser danificado por esta sobrecarga.

2. Controle da pressão do cárter para compressores alternativos. A pressão de sucção poderá ser mantida em um certo nível através da instalação, na linha de sucção, de uma válvula reguladora controlada por contrapressão que não abrirá até que a pressão na linha de sucção tenha caído abaixo do valor de ajuste.

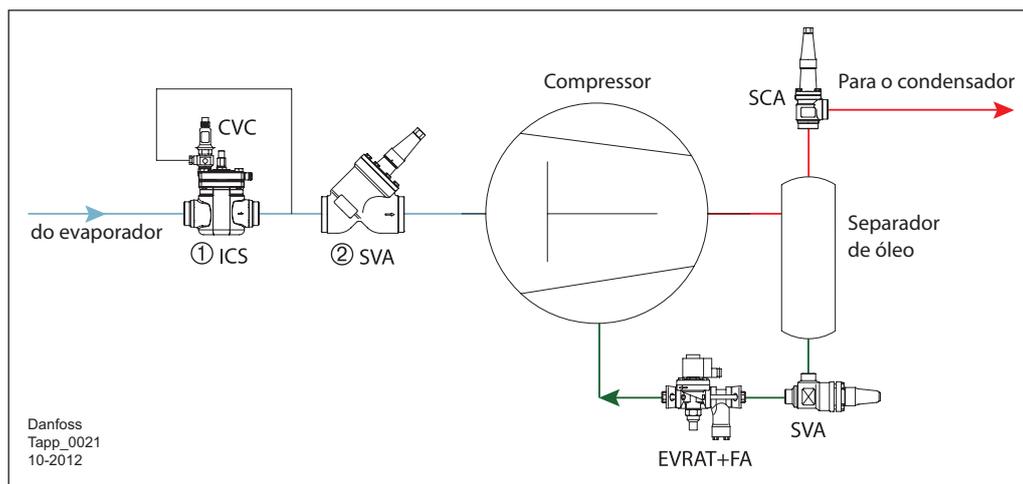
Há duas formas de solucionar este problema:

1. Dê a partida no compressor com carga parcial. Os métodos de controle de capacidade podem ser utilizados para partir o compressor com

Exemplo de aplicação 2.3.1:
Controle de pressão do cárter com ICS e CVC

- Refrigerante vapor a alta pressão (HP)
- Refrigerante vapor a baixa pressão (LP)
- Óleo

- ① Regulador de pressão do cárter ICS (CVC)
- ② Válvula de bloqueio



Para possibilitar o controle da pressão do cárter durante a partida, após o degelo, ou em outros casos quando a pressão de sucção se elevar demasiadamente, a válvula servo operada por piloto ICS ① com a válvula piloto CVC controlada por contrapressão sendo instalada na linha de

sucção. A ICS não abrirá até que a pressão de sucção a jusante caia abaixo do valor de ajuste da válvula piloto CVC. Desta forma, o vapor de alta pressão na linha de sucção pode ser aliviado para o cárter gradualmente, o que assegura uma capacidade controlável do compressor.

Dados técnicos

	Válvula servo operada por piloto – ICS
Material	Corpo: Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717 e R744
Faixa de temperatura do meio [°C]	-60 a +120
Pressão máxima de trabalho [bar]	52
DN [mm]	20 a 150
Capacidade* [kW]	11 a 2440

* Condições: T_e = -10°C, T_i = 30°C, Δp = 0,2 bar, ΔT_{sub} = 8K

	Válvula piloto - CVC baixa pressão (LP)
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	Lado de alta pressão: 28 Lado de baixa pressão: 17
Faixa de pressão [bar]	-0,45 a 7
K _v , valor [m³/h]	0,2

	Válvula piloto - CVC pressão extra alta (XP)
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	Lado de alta pressão: 52 Lado de baixa pressão: 28
Faixa de pressão [bar]	4-28
K _v , valor [m³/h]	0,2

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

2.4
Controle do Contra-Fluxo

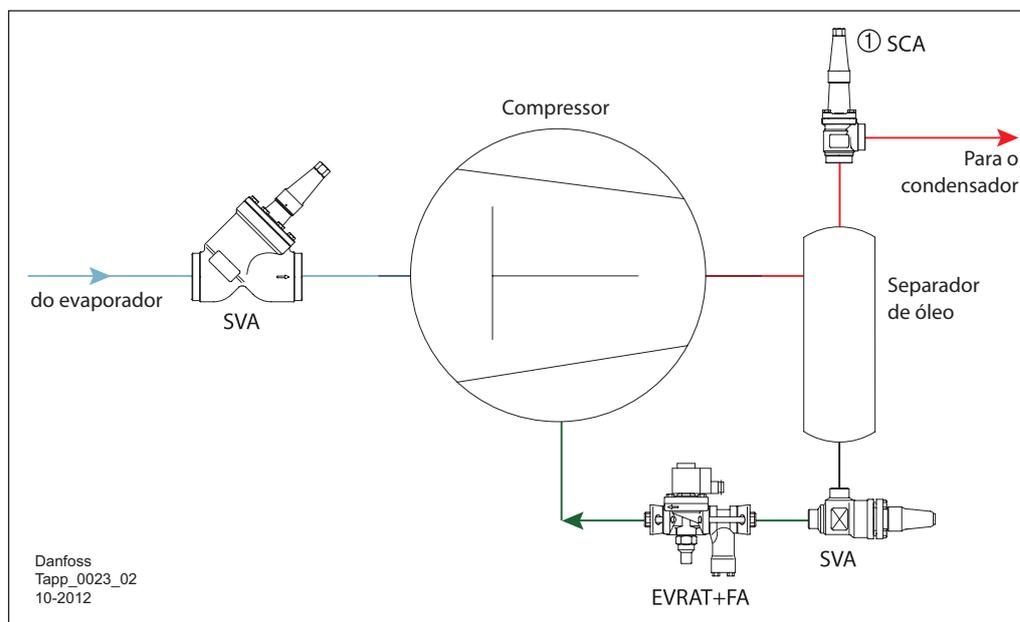
O contra-fluxo do refrigerante do condensador e a condensação de refrigerante no separador de óleo e no compressor deverão ser evitados em todo momento. Para os compressores de pistão, o contra-fluxo pode resultar em golpe de líquido. Para os compressores parafuso, o contra-fluxo pode causar rotação contrária e danificar os

mancais do compressor. Além disso, durante as paradas de curta duração, deverá ser evitada a migração do frio para o separador de óleo e também para o compressor. Para evitar este contra-fluxo, é necessário instalar uma válvula de retenção na saída do separador de óleo.

Exemplo de aplicação 2.4.1:
Controle do contra-fluxo

- Refrigerante vapor a alta pressão (HP)
- Refrigerante vapor a baixa pressão (LP)
- Óleo

① Válvula conjugada de bloqueio e de retenção



A válvula conjugada de bloqueio e de retenção SCA ① pode funcionar como uma válvula de retenção quando o sistema está em operação normal, como também permite isolar a linha de descarga para serviços de manutenção como uma válvula de bloqueio. Esta solução combinada de válvula de bloqueio/retenção é mais fácil instalar e tem uma resistência ao escoamento inferior quando comparada a solução que adota uma válvula de bloqueio normal mais uma da válvula de retenção simples.

2. Considere as condições de trabalho tanto na capacidade nominal e na parcial. A velocidade na condição nominal deverá estar próxima do valor recomendado para o produto, ao mesmo tempo em que a velocidade na condição da carga parcial deverá ser maior do que a velocidade mínima recomendada.

Para maiores detalhes sobre como selecionar as válvulas, consulte o catálogo de produto.

Ao selecionar uma válvula conjugada de bloqueio e de retenção, é importante observar:

1. Selecione uma válvula de acordo com a capacidade e não o tamanho da tubulação.

Dados técnicos

	Válvula conjugada de bloqueio e de retenção - SCA
Material	Corpo: aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura. Fuso: aço inoxidável polido
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns não inflamáveis, inclusive R717.
Faixa de temperatura do meio [°C]	-60 a 150
Pressão diferencial de abertura [bar]	0.04 (mola 0,3 bar disponível como peça de reposição)
Pressão máxima de trabalho [bar]	52
DN [mm]	15 a 125

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

2.5
Resumo

Solução		Aplicação	Benefícios	Limitações
Controle de Capacidade do Compressor				
Controle da capacidade do compressor por etapas(estágios)		Aplicável a compressor com vários pistões, compressor parafuso com múltiplas entradas de sucção e sistemas com diversos compressores operando em paralelo.	Simples. Quase tão eficiente tanto sob carga parcial quanto em carga total.	O controle não é contínuo, especialmente quando houver somente alguns estágios. Flutuações na pressão de sucção.
Controle da capacidade do compressor por desvio de gás quente utilizando a ICS e CVC		Aplicável a compressor com capacidades fixa.	Eficaz para controlar continuamente a capacidade de acordo com a carga requerida. O gás quente pode ajudar o retorno do óleo do evaporador.	Não é eficiente em carga parcial. Alto consumo de energia.
Controle da capacidade por variação da velocidade do compressor.		Aplicável a todos os compressores que trabalham em velocidades reduzidas	Baixa corrente de partida Economia de energia Baixo nível de ruído Vida mais longa para o compressor Instalação simples	O compressor deve poder trabalhar em velocidades baixas
Controle da Temperatura de Descarga com Injeção de Líquido				
Solução mecânica para Controle da Temperatura de Descarga com Injeção de líquido com TEAT, EVRA(T) e RT		Aplicável a sistemas onde as temperaturas de descarga possam ser muito altas.	Simples e eficaz.	A injeção de líquido refrigerante pode ser perigosa para o compressor. Não tão eficiente quanto o resfriador intermediário.
Solução eletrônica para o controle da Temperatura de Descarga com injeção de líquido com EKC 361 e ICM		Aplicável a sistemas onde as temperaturas de descarga possam ser muito altas.	Flexível e compacto. Possível de monitorar e controlar.	Não aplicável a refrigerantes inflamáveis. A injeção de líquido refrigerante pode ser perigosa para o compressor. Não tão eficiente quanto o resfriador intermediário.
Solução eletrônica para o controle da Temperatura de Descarga com injeção de líquido com EKC361 e ICF				
Controle da Pressão do Cárter				
Controle de pressão do cárter com ICS e CVC		Aplicável a compressores alternativos, normalmente utilizados para sistemas pequenos e médios.	Simples e confiável. Eficaz na proteção de compressores alternativos na partida ou após o degelo com gás quente.	Possibilita perda de pressão constante na linha de sucção.
Controle da pressão do cárter com ICS e CVP				
Controle do Contra-Fluxo				
Controle do contra-fluxo com SCA		Aplicável a todas as instalações de refrigeração	Simples. Fácil de instalar. Baixa resistência ao escoamento.	Possibilita perda de pressão constante na linha de descarga.

**2.6
Documentos de Referência**

Para uma ordem alfabética de todos os documentos de referência ir para a página 146

Folheto / Manual Técnico

Tipo	N° da Literatura
AKD 102	PD.R1.B
AKS 21	RK0YG
AKS 33	RD5GH
CVC	PD.HN0.A
CVP	PD.HN0.A
EKC 331	RS8AG
EKC 361	RS8AE
EVRA(T)	PD.BM0.B

Tipo	N° da Literatura
ICF	PD.FT1.A
ICM	PD.HT0.B
ICS	PD.HS2.A
REG	PD.KM1.A
SCA	PD.FL1.A
SVA	PD.KD1.A
TEAT	PD.AU0.A

Instruções do produto

Tipo	N° da Literatura
AKD 102	MG11L
AKS 21	RI14D
AKS 32R	PI.SB0.A
AKS 33	PI.SB0.A
CVC-XP	PI.HN0.A
CVC-LP	PI.HN0.M
CVP	PI.HN0.C
EKC 331	RI8BE
EKC 361	RI8BF
EVRA(T)	PI.BN0.L

Tipo	N° da Literatura
ICF	PI.FT0.C
ICM 20-65	PI.HT0.A
ICM 100-150	PI.HT0.B
ICS 25-65	PI.HS0.A
ICS 100-150	PI.HS0.B
REG	PI.KM1.A
SCA	PI.FL1.A
SVA	PI.KD1.A
TEAT	PI.AU0.A

Para baixar a última versão da literatura, visite o site da Danfoss.

3. Controles do Condensador

Em áreas onde há grandes variações de temperatura do ar ambiente e/ou das condições de carga é necessário controlar a pressão de condensação para evitar que a mesma caia para valores muito baixos. Pressões de condensação muito baixas resultam em um diferencial de pressão insuficiente por todos os dispositivos de expansão e fazem com que o evaporador não receba uma quantidade suficiente de refrigerante. Significa que o controle da capacidade do condensador é utilizado principalmente nas zonas de climas temperados e a um menor grau nas zonas subtropicais e tropicais.

A ideia básica do controle, portanto, é a de ajustar a capacidade do condensador quando a temperatura ambiente for baixa, de forma que a pressão de condensação possa ser mantida acima do nível mínimo aceitável.

Este controle da capacidade de condensação pode ser obtido ou regulando a vazão de ar ou água que circula através do condensador ou reduzindo a área efetiva da superfície de troca de calor.

Diferentes soluções podem ser projetadas para diferentes tipos de condensadores:

- 3.1 Condensadores resfriados a ar
- 3.2 Condensadores evaporativos
- 3.3 Condensadores resfriados a água

3.1 Condensadores Resfriados a Ar

Um condensador resfriado a ar consiste de tubos montados dentro de um bloco de aletas. O condensador pode ser horizontal, vertical ou em forma de V. O ar ambiente é insuflado através da superfície trocadora de calor por ventiladores axiais ou centrífugos.

Condensadores resfriados a ar são utilizados em sistemas de refrigeração industrial onde a umidade relativa do ar é alta. O controle de pressão de condensação para condensadores resfriados a ar pode ser realizado das seguintes formas:

3.1.1 - Controle por Estágios de Condensadores Resfriados a Ar

O primeiro método utilizado foi o de instalar um número necessário de dispositivos de controles de pressão, equivalente ao pressostato Danfoss RT-5, e ajustá-los em diferentes condições de liga e desliga de ventiladores de acordo com a pressão a ser mantida.

Inicialmente isso foi usado juntamente com um controlador de estágio com o número exigido de contatos para o número de ventiladores. Entretanto este sistema reagia com muita rapidez e foi necessário utilizar temporizadores para retardar o liga desliga dos ventiladores.

O segundo método de controle dos ventiladores foi pelo uso de um controlador de pressão de zona neutra equivalente ao tipo RT-L da Danfoss.

O terceiro método é o atual controlador por estágios, EKC-331 da Danfoss.

3.1.2 - Controle de Velocidade dos Ventiladores de condensadores resfriados a ar

Este método de controle do ventilador do condensador tem sido utilizado por muitos anos, porém o objetivo principal foi a redução do nível de ruído por motivos de preservação do meio ambiente.

Atualmente, este tipo de instalação é muito mais comum, e pode ser utilizado o conversor de frequência AKD da Danfoss.

3.1.3 - Controle de área dos condensadores resfriados a ar

Para o controle da capacidade de condensadores resfriados a ar através do controle da área de troca térmica do condensador, é necessário um tanque de líquido. Este tanque de líquido deve ter um volume suficiente para ser capaz de acomodar as variações na quantidade de refrigerante no condensador.

desvio entre a linha de descarga do compressor e o tanque de líquido. Na tubulação entre o condensador e o tanque deve ser instalada uma válvula de retenção NRVA, com objetivo de impedir que o líquido retorne do recipiente para o condensador.

O controle da área do condensador pode ser executado de duas formas:

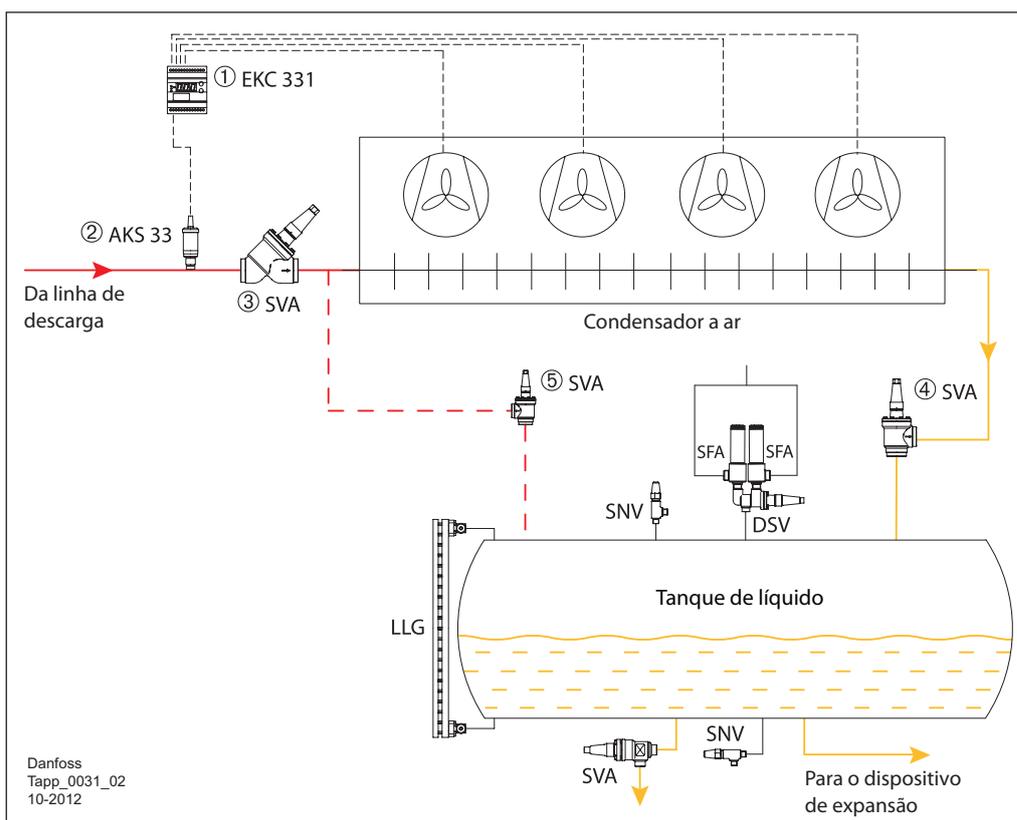
1. Com a válvula principal servo-operada por piloto ICS ou PM, pilotada através de válvula piloto de pressão constante CVP alta pressão(HP), montada na linha de descarga do compressor na entrada do condensador, e uma outra válvula principal servo-operada por piloto ICS, agora pilotada por válvula piloto de pressão diferencial CVPP alta pressão(HP), montado em uma tubulação de

2. Com uma válvula principal ICS pilotada através de válvula piloto de pressão constante CVP alta pressão(HP) montada na tubulação entre o condensador e o tanque de líquido, e uma outra válvula principal ICS agora pilotada através de um piloto de pressão diferencial CVPP alta pressão(HP) montada numa tubulação de desvio entre a linha de gás quente do compressor e o tanque. Este sistema é utilizado principalmente em refrigeração comercial.

Exemplo de aplicação 3.1.1:
Controle de estágio dos ventiladores. Controlador por estágios EKC 331

— Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
— Refrigerante líquido a alta pressão(HP)

- ① Controlador por Estágio
- ② Transmissor de pressão
- ③ Válvula de bloqueio
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Válvula de bloqueio



EKC 331 ① é um controlador de quatro estágios com saída para até quatro relés. Ele controla a ativação dos ventiladores de acordo com o sinal de pressão de condensação do transmissor de pressão AKS 33 ② ou AKS 32R. Com base no controle da zona neutra o EKC 331 ① é capaz de controlar a capacidade de condensação de modo que a pressão de condensação seja mantida acima do nível mínimo exigido.

Para obter mais informações sobre o controle de zona neutra, consulte a seção 2.1.

A linha de desvio onde a SVA ⑤ está instalada é um tubo de equalização que ajuda a equilibrar a pressão no tanque de líquido com a pressão de entrada do condensador de modo que o líquido refrigerante no condensador possa ser drenado para este tanque.

Em algumas instalações, o EKC 331T é utilizado. Neste caso, o sinal de entrada pode ser de um sensor de temperatura PT 1000, por exemplo, O AKS 21. O sensor de temperatura é normalmente instalado na saída do condensador.

Observação! A solução com o EKC 331T + o sensor de temperatura PT1000 não é tão precisa quanto a solução com o EKC 331 + transmissor de pressão porque a temperatura do ponto de saída do condensador pode não refletir totalmente a pressão de condensação real, devido ao subresfriamento do líquido ou à presença de gases não condensáveis no sistema de refrigeração. Se o subresfriamento for demasiado baixo, pode ocorrer flash-gas quando os ventiladores ligarem.

Dados técnicos

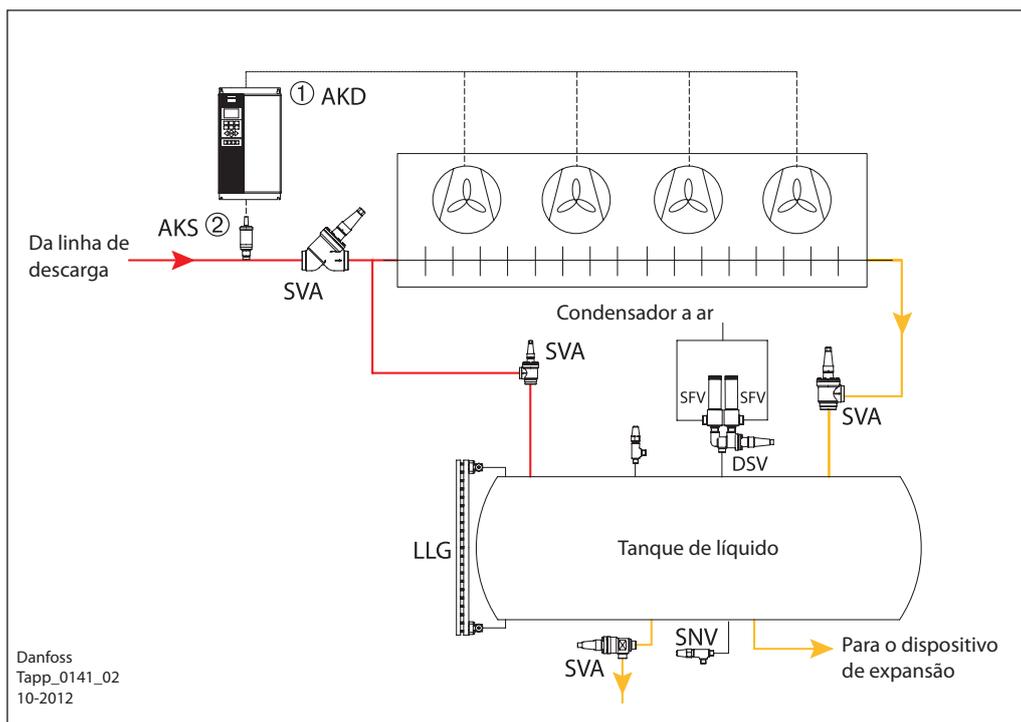
	Transmissor de pressão - AKS 33	Transmissor de pressão - AKS 32R
Refrigerantes	Todos os refrigerantes, inclusive o R717	Todos os refrigerantes, inclusive o R717
Faixa de operação [bar]	-1 a 34	-1 a 34
Pressão máxima de trabalho PB [bar]	55 (dependendo da faixa de operação)	60 (dependendo da faixa de operação)
Faixa de temperatura de operação [°C]	-40 a 85	
Faixa de temperatura compensada [°C]	baixa pressão(LP): -30 a +40 / alta pressão(HP): 0 a +80	
Sinal nominal de saída	4 a 20 mA	10 a 90% do fornecimento da tensão

	Transmissor de pressão - AKS 3000	Transmissor de pressão - AKS 32
Refrigerantes	Todos os refrigerantes, inclusive o R717	Todos os refrigerantes, inclusive o R717
Faixa de operação [bar]	0 a 60 (dependendo da faixa)	-1 a 39 (dependendo da faixa)
Pressão máxima de trabalho PB [bar]	100 (dependendo da faixa de operação)	60 (dependendo da faixa de operação)
Faixa de temperatura de operação [°C]	-40 a 80	-40 a 85
Faixa de temperatura compensada [°C]	baixa pressão(LP): -30 a +40 / alta pressão(HP): 0 a +80	baixa pressão(LP): -30 a +40 / alta pressão(HP): 0 a +80
Sinal nominal de saída	4 a 20 mA	1 a 5V ou 0 a 10V

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 3.1.2:
 Controle de Velocidade dos Ventiladores dos Condensadores Resfriados a Ar

- ① Conversor de frequência AKD
- ② Transdutor de Pressão AKS



O controle por conversor de frequência oferece as seguintes vantagens:

- Economia de energia
- Melhor controle e qualidade do produto
- Redução do nível de ruído
- Vida mais longa
- Instalação simples
- Controle completo e programação amigável

Dados técnicos

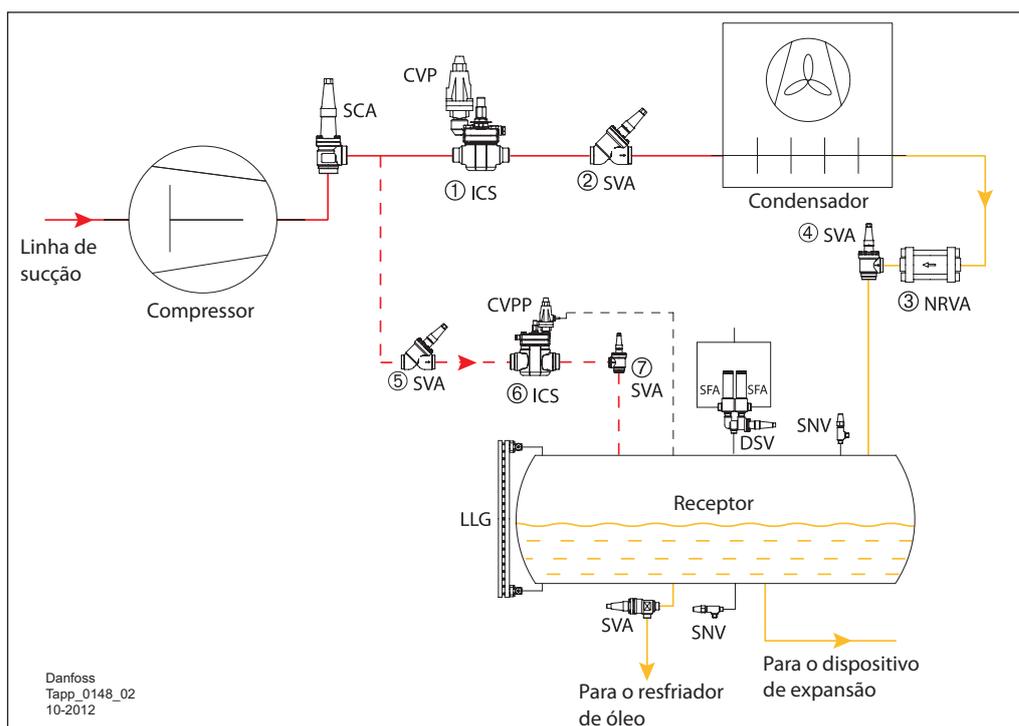
	Conversor de frequência AKD 102		Conversor de frequência VLT FC 102 / FC 302
Classificação em kW	1,1 kW a 45 kW	1,1 kW a 250 kW	Até 1200 kW
Tensão	200-240 V	380-480 V	200-690 V

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 3.1.3:
O controle da área de condensadores resfriados a ar

— Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
— Refrigerante líquido a alta pressão(HP)

- ① Regulador de pressão ICS(CVP)
- ② Válvula de bloqueio
- ③ Válvula de retenção NRVA
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Válvula de bloqueio
- ⑥ Regulador de pressão diferencial
- ⑦ Válvula de bloqueio



Esta solução de controle mantém a pressão do tanque de líquido em um nível suficientemente alto durante temperaturas ambientes baixas.

A válvula servo operada por piloto ICS ① abre-se quando a pressão de descarga atingir a pressão estabelecida na válvula piloto CVP. A válvula servo operada por piloto ICS fecha quando a pressão cai abaixo da pressão estabelecida na válvula piloto CVP.

A válvula servo operada por piloto ICS ⑥ com o piloto de pressão diferencial constante CVPP mantém pressão suficiente no tanque de líquido.

Esse regulador de pressão diferencial ⑥ poderia também ser uma válvula de alívio de pressão OFV(overflow valve).

A válvula de retenção NRVA ③ garante elevada pressão no condensador pelo retorno de líquido dentro do condensador. Isto requer um tanque de líquido suficientemente grande. A válvula de retenção NRVA também evita que o fluxo do líquido do tanque de líquido retorne para o condensador, quando o último estiver mais frio durante os períodos de desligamento do compressor.

Dados técnicos

	Válvula servo operada piloto - ICS
Material	Corpo: Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717 e R744
Faixa de temperatura do meio [°C]	-60 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	52
DN [mm]	20 a 150
Capacidade nominal* [kW]	Na linha de descarga: 20 a 3950 Nas linhas de líquidos alta pressão(HP): 179 a 37.000

* Condições: R717, T_{liq}=30°C, P_{disch}=12bar, ΔP=0,2bar, T_{disch}=80°C, T_e=-10°C

	Válvula piloto de pressão diferencial-CVPP
Refrigerantes	Todos os refrigerantes não inflamáveis comuns incl. R717
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	CVPP baixa pressão(LP): 17 CVPP alta pressão(HP): até 40
Faixa de ajuste [bar]	CVPP baixa pressão(LP): 0 a 7 CVPP alta pressão(HP): 0 a 22
K _v , valor m ³ /h	0,4

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

*Dados técnicos
(continua)*

	Válvula piloto de pressão constante - CVP
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717 e R744
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	CVP baixa pressão(LP): 17 CVP alta pressão(HP): até 40 CVP pressão extra alta(XP): 52
Faixa de pressão [bar]	CVP baixa pressão(LP): -0,66 a 7 CVP alta pressão(HP): -0,66 a 28 CVP pressão extra alta(XP): 25 a 52
K, valor m ³ /h	CVP baixa pressão(LP): 0,4 CVP alta pressão(HP): 0,4 CVP pressão extra alta(XP): 0,2

	Válvula de alívio de pressão OFV(overflow value)
Material	Corpo: aço
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 150
Pressão máxima de trabalho [bar]	40
DN mm	20/25
Faixa de pressão diferencial de abertura [bar]	2 a 8

3.2 Condensadores Evaporativos

O condensador evaporativo é um condensador resfriado a ar ambiente combinado com a pulverização de água através de orifícios e defletores de ar em contra-fluxo com o ar. A água evapora e o efeito de evaporação dos pingos de água aumenta a capacidade de condensação.

Os condensadores evaporativos atuais são envoltos por um carcaça de aço ou plástico com ventiladores axiais ou centrífugos na parte inferior ou superior do condensador.

A superfície de troca de calor no fluxo de ar úmido é composta por tubos de aço.

Acima dos orifícios de pulverização de água (no ar seco) é comum ter um dessuperaquecedor feito de tubos de aço com aletas para reduzir a temperatura do gás quente antes que este alcance o trocador de calor na região de fluxo de ar úmido. Desta

forma a formação decorrente de calcificação (depósito de cálcio) na superfície da tubulação do trocador de calor principal é muito reduzida.

O consumo de água neste tipo de condensador é bastante inferior ao de um condensador normal resfriado a água. O controle da capacidade de um condensador evaporativo pode ser obtido ou pelo uso de ventiladores de duas velocidades ou através da instalação de ventiladores com variadores de velocidade, e, em condições de temperaturas ambientes muito baixas, através do desligamento da bomba de circulação de água.

O uso de condensadores evaporativos está limitado em áreas com umidade relativa alta. A prevenção contra danos de congelamento em locais frios (temperaturas ambientes < 0°C) deve ser efetuada removendo-se a água no condensador evaporativo.

3.2.1 - Controle de Condensadores Evaporativos

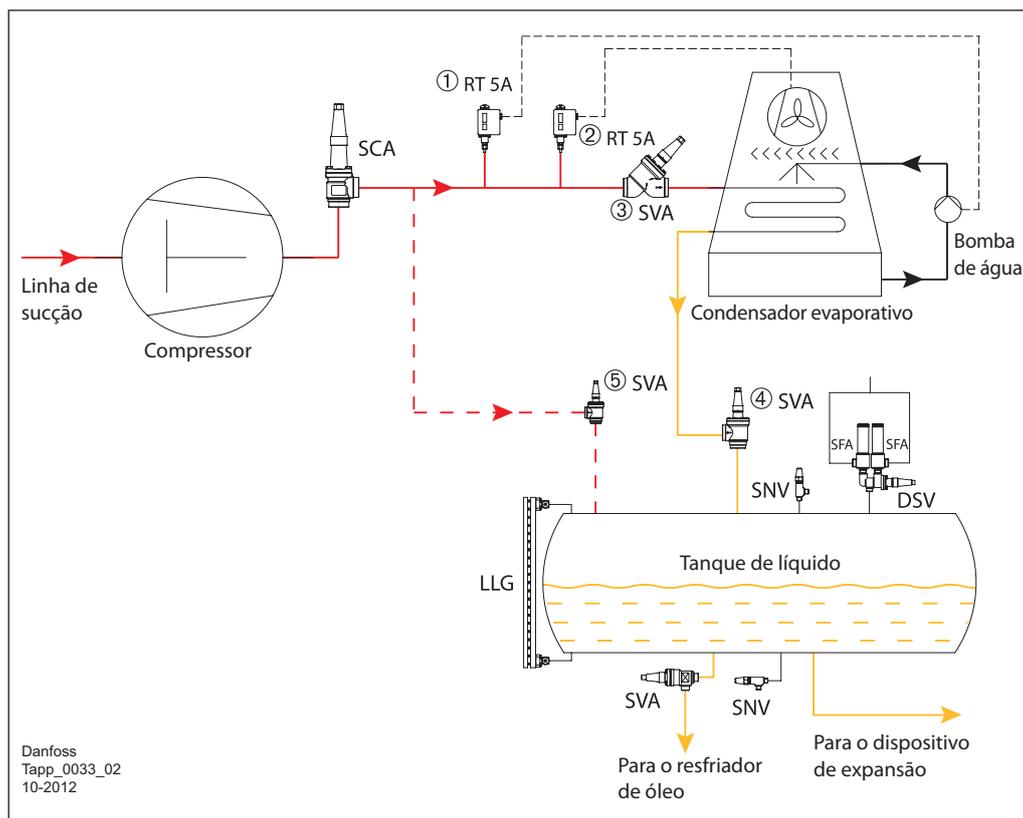
O controle da pressão de condensação ou da capacidade dos condensadores evaporativos pode ser obtido de duas formas:

1. Controladores de pressão (pressostatos) RT ou KP para o controle do ventilador e da bomba de água (conforme mencionado anteriormente).
2. Controladores de pressão de zona neutra (pressostatos) RT-L para o controle do ventilador e da bomba de água.
3. Controlador por estágios para o controle de ventiladores com duas velocidades e da bomba de água.
4. Conversores de frequência para o controle da velocidade do ventilador e controle da bomba de água.
5. Chave de fluxo Saginomiya para alarme no caso de falha na circulação de água.

Exemplo de aplicação 3.2.1:
Controle por estágios do
condensador evaporativo
com pressostato RT

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Água

- ① Controlador de pressão
- ② Controlador de pressão
- ③ Válvula de bloqueio
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Válvula de bloqueio



Esta solução de ajuste mantém a pressão de condensação, assim como a pressão no tanque de líquido em um nível suficientemente alto sob baixa temperatura ambiente.

Quando a pressão na entrada do condensador cair abaixo do valor de ajuste do pressostato RT 5A ②, este desligará o ventilador para diminuir a capacidade de condensação.

Em temperatura ambiente extremamente baixa, quando a pressão de condensação cair abaixo do valor de ajuste do RT 5A ① mesmo após todos os ventiladores terem sido desligados, o RT 5A ① desligará a bomba de água.

Quando a bomba estiver desligada, o condensador e a tubulação de água deverão ser drenados para evitar a formação de depósito de cálcio (calcificação) e congelamento.

Dados técnicos

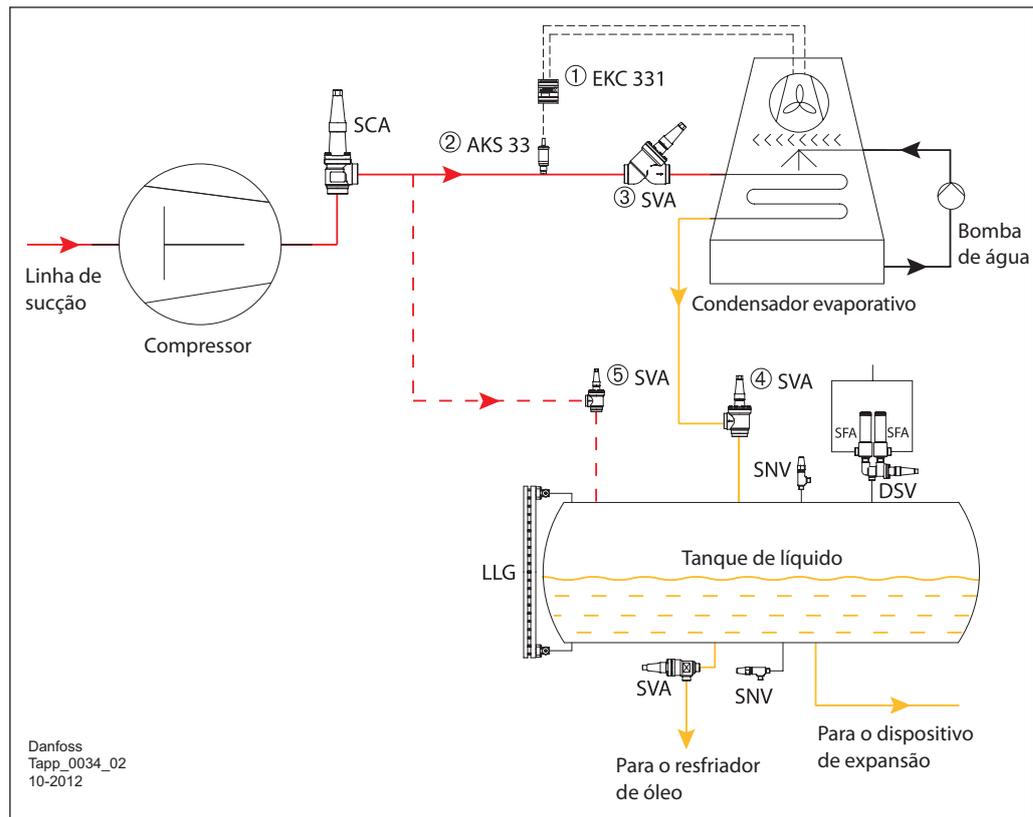
	Pressostato alta pressão(HP) - RT 5A
Refrigerantes	R717 refrigerantes fluorados
Proteção	IP 66/54
Temp. ambiente [°C]	-50 a 70
Faixa de ajuste [bar]	RT 5A: 4 a 17
Pressão máxima de trabalho [bar]	22
Pressão máxima de teste [bar]	25

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 3.2.2:
Controle de estágios do
condensador evaporativo
com controlador por estágios
EKC 331

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Água

- ① Controlador por Estágio
- ② Transmissor de pressão
- ③ Válvula de bloqueio
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Válvula de bloqueio



Esta solução funciona da mesma forma daquela apresentada no exemplo 3.2.1, porém operada por controlador por estágios EKC 331 ①. Para obter mais informações sobre o EKC 331, consulte a página 7.

Uma solução do ajuste de capacidade para os condensadores evaporativos pode ser obtida utilizando um controlador por estágios EKC 331 e um transmissor de pressão AKS. O controle sequencial para a bomba d'água deve ser escolhido conforme descrito acima. Controle sequencial significa que as etapas sempre serão ativadas e desativadas na mesma ordem.

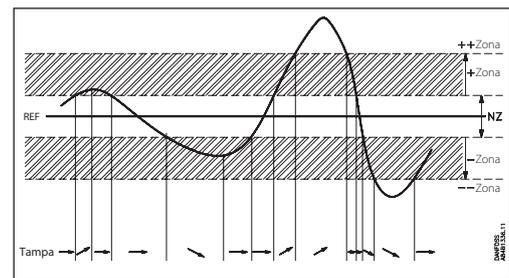
A versão EKC 331T aceita um sinal de um sensor de temperatura PT 1000, que pode ser necessário para sistemas secundários.

Controle de Zona Neutra
A zona neutra é estabelecida próxima ao valor de referência onde não ocorra aumento/redução da carga. Fora da zona neutra (nas áreas hachuradas "+zone" e "-zone") ocorrerá o aumento / redução de carga à

medida que a pressão medida for desviando dos valores ajustados de zona neutra.

Se o controle ocorrer fora da área hachurada (chamada de ++zona e --zona), as mudanças na capacidade de ativação do controlador de alguma forma ocorrerão mais rapidamente do que se estivesse dentro da área hachurada.

Para obter mais detalhes, consulte o manual do EKC 331 (T) da Danfoss.



Dados técnicos

	Transmissor de pressão - AKS 33	Transmissor de pressão - AKS 32R
Refrigerantes	Todos os refrigerantes, inclusive o R717	Todos os refrigerantes, inclusive o R717
Faixa de operação [bar]	-1 a 34	-1 a 34
Pressão máxima de trabalho PB [bar]	55 (dependendo da faixa de operação)	60 (dependendo da faixa de operação)
Faixa de temperatura de operação [°C]	-40 a 85	
Faixa de temperatura compensada [°C]	baixa pressão(LP): -30 a +40 / alta pressão(HP): 0 a +80	
Sinal nominal de saída	4 a 20 mA	10 a 90% do fornecimento de tensão

	Transmissor de pressão - AKS 3000	Transmissor de pressão - AKS 32
Refrigerantes	Todos os refrigerantes, inclusive o R717	Todos os refrigerantes, inclusive o R717
Faixa de operação [bar]	0 a 60 (dependendo da faixa)	-1 a 39 (dependendo da faixa)
Pressão máxima de trabalho PB [bar]	100 (dependendo da faixa de operação)	60 (dependendo da faixa de operação)
Faixa de temperatura de operação [°C]	-40 a 80	-40 a 85
Faixa de temperatura compensada [°C]	baixa pressão(LP): -30 a +40 / alta pressão(HP): 0 a +80	baixa pressão(LP): -30 a +40 / alta pressão(HP): 0 a +80
Sinal nominal de saída	4 a 20 mA	1 a 5V ou 0 a 10V

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

3.3 Condensadores Resfriados a Água

O condensador resfriado a água era, originalmente, um trocador de calor casco e tubos, mas hoje é mais comum o uso do moderno projeto de trocador de calor a placas (para amônia, fabricado de aço inoxidável).

Condensadores resfriados a água não são usados com muita frequência, pois em vários lugares é proibido a utilização de grandes quantidades de água que estes tipos de condensadores consomem (controle do consumo de água e / ou alto custo da água).

Hoje em dia os condensadores resfriados a água são comuns em sistemas compactos para resfriamento de

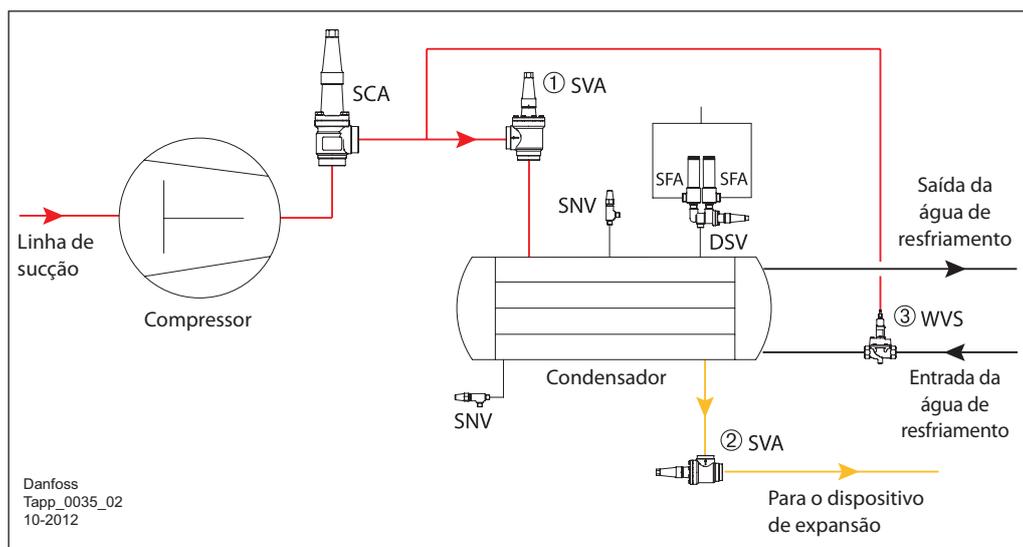
líquido ("chillers"), sendo a água de resfriamento proveniente de uma torre de resfriamento e recirculada. Ele também pode ser utilizado como um condensador de recuperação de calor para o fornecimento de água quente.

O controle da pressão de condensação pode ser obtido pelo controle da vazão de água de resfriamento efetuado através da instalação de uma válvula automática controlada pela pressão de condensação ou por uma válvula motorizada controlada por um controlador eletrônico.

Exemplo de aplicação 3.3.1: Controle da vazão de água com válvula de água para condensadores resfriados a água

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Água

- ① Válvula de bloqueio
- ② Válvula de bloqueio
- ③ Válvula de água



Esta solução mantém a pressão de condensação em um nível constante. A pressão de condensação do refrigerante é direcionada através de um tubo capilar para a parte superior da válvula de água WVS ③, e ajusta a abertura da WVS ③ de forma correspondente. A válvula de água WVS é um regulador -P.

Dados técnicos

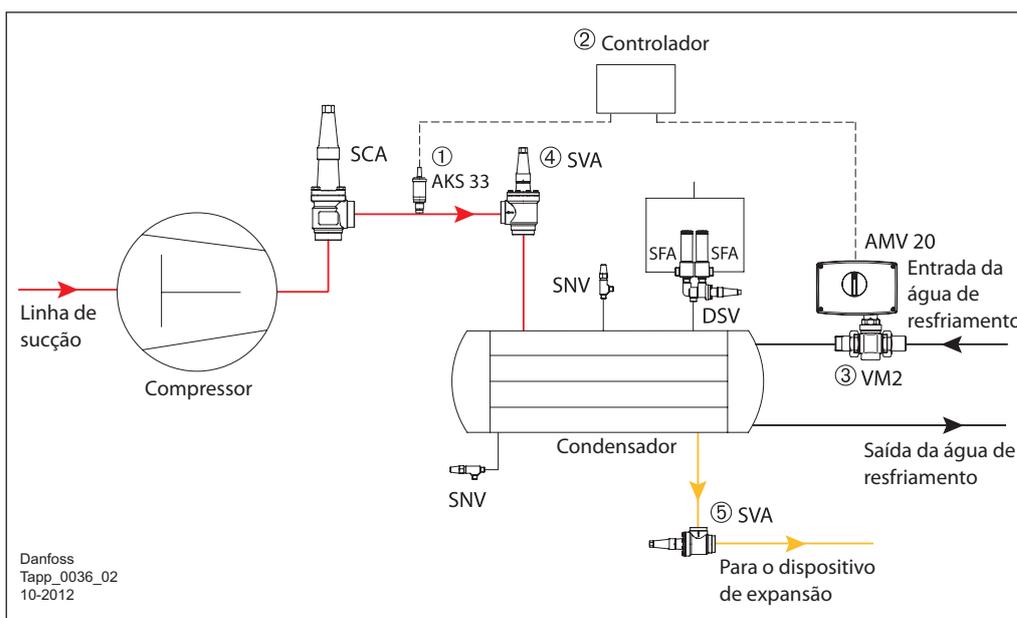
	Válvula de água -WVS
Materials	Corpo da válvula: ferro fundido Fole: alumínio e aço protegido contra corrosão
Refrigerantes	R717, CFC, HCFC, HFC
Meio	Água fresca, salmoura neutra
Faixa de temperatura do meio [°C]	-25 a 90
Pressão de fechamento ajustável [bar]	2.2 a 19
Pressão máxima de trabalho do lado do refrigerante [bar]	26,4
Pressão máxima de trabalho do lado do líquido [bar]	10
DN [mm]	32 a 100

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 3.3.2:
Controle da vazão de água com válvula motorizada para condensadores resfriados a água

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Água

- ① Transmissor de pressão
- ② Controlador
- ③ Válvula motorizada
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Válvula de bloqueio



O controlador ② recebe o sinal de pressão de condensação do transmissor de pressão AKS 33 ①, e envia um sinal de modulação correspondente para o atuador controlado por três pontos AMV 20 da válvula de pressão motorizada VM 2 ③. Desta forma, a vazão da água de resfriamento é ajustada e a pressão de condensação é mantida em um nível constante.

Nesta solução, o controlador pode ser configurado para controle PI ou PID.

A VM 2 e VFG 2 são válvulas de pressão balanceadas motorizadas projetadas para aquecimento urbano e também podem ser utilizadas para o controle da vazão de água em instalações de refrigeração.

Dados técnicos

	Válvula de pressão balanceada motorizada - VM 2
Material	Corpo de válvula: bronze vermelho
Meio	Circulação de água / água com solução glicólica em até 30%
Faixa de temperatura do meio [°C]	2 a 150
Pressão máxima de trabalho [bar]	25
DN [mm]	15 a 50

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

3.4
Resumo

Solução	Aplicação	Benefícios	Limitações	
Controle de Condensador Refrigerado a Ar				
Controle de estágios dos ventiladores com o controlador por estágios EKC331		Utilizado principalmente para refrigeração industrial em climas quentes e em um grau bem inferior para climas frios.	Controle em estágios do volume de ar ou com o controle da variação de velocidade do ventilador; economia de energia; Sem utilização de água.	Temperatura ambiente bem baixa; O controle por estágios do ventilador pode emitir ruído.
Controle de Velocidade dos Ventiladores dos Condensadores Resfriados a Ar		Aplicável a todos os condensadores que trabalham em velocidades reduzidas	Baixa corrente de partida Economia de energia Baixo nível de ruído Vida mais longa para o condensador Instalação simples	Temperaturas ambiente muito baixas:

Controle de Condensador Evaporativo

Controle por estágios do condensador evaporativo com pressostato RT		Refrigeração industrial com grande requisito de capacidade.	Grande redução de consumo de água em comparação com os condensadores resfriados a água e relativamente de fácil controle de capacidade; Economia de energia.	Economia de energia. Não aplicável em países com alta umidade relativa; em climas frios devem ser tomadas precauções especiais para que a água nos tubos seja drenada durante os períodos de inatividade da bomba de água.
Controle de estágios do condensador evaporativo com controlador por estágios EKC 331		Refrigeração industrial com grande requisito de capacidade.	Grande redução de consumo de água em comparação com os condensadores resfriados a água e relativamente de fácil controle de capacidade; Possível de ser controlado remotamente.	Economia de energia. Não aplicável em países com alta umidade relativa; em climas frios devem ser tomadas precauções especiais para que a água nos tubos seja drenada durante os períodos de inatividade da bomba de água.

Controle de Condensador Resfriados a Água

Controle da vazão de água com válvula de água		Chillers, condensadores / recuperadores de calor	Fácil de controlar a capacidade	Não aplicável quando a disponibilidade de água é um problema.
Controle da vazão de água com válvula motorizada		Chillers, condensadores / recuperadores de calor	Fácil de controlar a capacidade do condensador e a recuperação de calor; Possibilidade de ser controlado remotamente.	Este tipo de instalação é mais cara que uma instalação normal; n Não aplicável quando a disponibilidade de água é um problema.

3.5
Documentos de Referência

Para uma ordem alfabética de todos os documentos de referência ir para a página 146

Folheto / Manual Técnico

Tipo	Nº da Literatura
AKD 102	PD.R1.B
AKS 21	RK0YG
AKS 33	RD5GH
AMV 20	ED95N
CVP	PD.HN0.A
CVPP	PD.HN0.A

Tipo	Nº da Literatura
ICS	PD.HS2.A
NRVA	PD.FK0.A
RT 5A	PD.CB0.A
SVA	PD.KD1.A
VM 2	ED97K
WVS	PD.DA0.A

Instruções do produto

Tipo	Nº da Literatura
AKD 102	MG11L
AKS 21	RI14D
AKS 32R	PI.SB0.A
AKS 33	PI.SB0.A
AMV 20	EI96A
CVP, CVPP	PI.HN0.C
CVP-XP	PI.HN0.J

Tipo	Nº da Literatura
ICS 25-65	PI.HS0.A
ICS 100-150	PI.HS0.B
NRVA	PI.FK0.A
RT 5A	RI5BC
SVA	PI.KD1.A
VM 2	VIHBC
WVS	PI.DA0.A

Para baixar a última versão da literatura, visite o site da Danfoss.

4. Controle do Nível de Líquido

O controle do nível do líquido é um elemento importante no projeto de sistemas de refrigeração industrial. O sistema controla a injeção de líquido para manter um nível constante de líquido.

Dois importantes princípios distintos podem ser utilizados ao se projetar um sistema de controle de nível:

- Sistema de controle de nível de líquido pelo lado de alta pressão (HP LLRS).
- Sistema de controle de nível de líquido pelo lado de baixa pressão (LP LLRS).

Os sistemas de controle de nível de líquido pelo lado de alta pressão são tipicamente caracterizados pelo seguinte:

1. Foco no nível do líquido do lado de condensação do sistema.
2. Carga crítica de refrigerante.
3. Tanque de líquido pequeno ou até sem tanque.
4. Aplicável principalmente a “chillers” e outros sistemas com pequenas cargas de refrigerante (por exemplo, congeladores pequenos).

Os sistemas de controle de nível de líquido pelo lado de baixa pressão são caracterizados pelo seguinte:

1. Foco no nível do líquido do lado de evaporação do sistema.
2. Normalmente o tanque de líquido é grande.
3. Alta (suficiente) carga de refrigerante.
4. Aplicável principalmente a sistemas descentralizados.

Ambos os princípios podem ser obtidos utilizando componentes mecânicos e eletrônicos.

4.1 Sistema de Controle de Nível de Líquido Pelo Lado de Alta Pressão (HP LLRS)

Ao projetar um HP LLRS, os seguintes pontos devem ser levados em consideração:

Logo que o líquido estiver “formado” no condensador ele será alimentado ao evaporador (lado de baixa pressão).

O líquido que sai do condensador terá pouco ou nenhum sub-resfriamento. Isto é importante e deve ser considerado quando o líquido flui para o lado de baixa pressão. Se houver perda de pressão na tubulação ou nos componentes, poderá ocorrer flash-gas e causar redução da capacidade de fluxo.

A carga de refrigerante deve ser precisamente calculada para assegurar que tenha uma quantidade de refrigerante adequado no sistema. Uma sobrecarga aumenta o risco de inundação no evaporador ou no separador de líquido e pode causar a aspiração do líquido para dentro do compressor (golpe de líquido). Se a carga no sistema for insuficiente o evaporador será prejudicado por

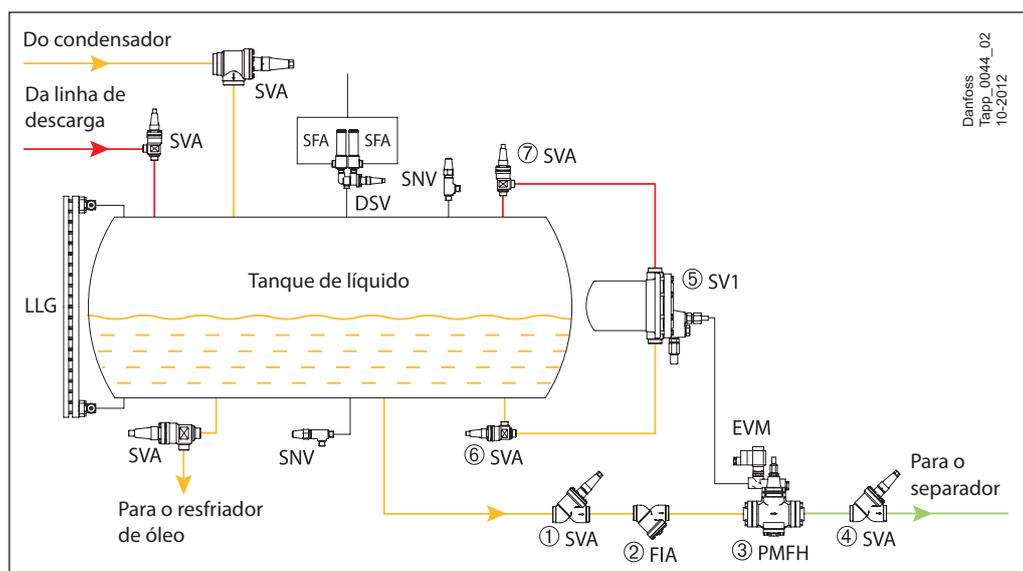
falta de alimentação. O tamanho do vaso do lado de baixa pressão (separador de líquido / evaporador casco e tubos) deve ser cuidadosamente projetado para acomodar o refrigerante sob todas as condições sem causar golpe de líquido.

Devido aos motivos acima, os HP LLRS são especialmente adequados para sistema que necessitem de pouca carga de refrigerante, tal como “chillers” ou pequenos freezers. Normalmente as unidades “chillers” não precisam de tanques de líquido. Como consequência do acima descrito, os LLRS de HP são especialmente apropriados para sistemas que requeiram uma carga de refrigerante pequena, p.ex., unidades de resfriamento líquido, ou congeladores pequenos. Unidades de resfriamento líquido não necessitam de tanques de líquido, no entanto, se um tanque de líquido é necessário a fim de instalar pilotos e fornecer refrigerante para um resfriador de óleo, o tanque de líquido pode ser fisicamente pequeno.

Exemplo de aplicação 4.1.1:
Solução mecânica para o controle de nível de líquido a alta pressão (HP)

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)

- ① Válvula de bloqueio
- ② Filtro
- ③ Válvula principal servo operada por piloto
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Válvula bóia
- ⑥ Válvula de bloqueio
- ⑦ Válvula de bloqueio



Danfoss
Tapp_0044_02
10-2012

Em grandes HP LLRS a válvula de bóia SV1 ⑤ ou SV3 é utilizada como uma válvula piloto para uma válvula principal PMFH ③. Conforme ilustrado acima, quando o nível de líquido no tanque de líquido aumentar acima do nível ajustado, a válvula de bóia SV1 ⑤ fornece um sinal para que a válvula principal PMFH abra.

A função do tanque de líquido neste caso é fornecer um sinal mais estável para facilitar o funcionamento da bóia do SV1 ⑤.

Dados técnicos

	PMFH 80 - 1 a 500
Material	Ferro fundido nodular especial para baixa temperatura
Refrigerantes	R717, HFC, HCFC e CFC
Faixa de temperatura do meio [°C]	-60 a + 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	28
Pressão máxima de teste [bar]	42
Capacidade nominal * [kW]	139-13900

* Condições: R717, +5/32°C, T₁= 28°C

	Válvula de bóia - SV1 e SV3
Material	Caraça: aço Tampa: Ferro fundido especial para baixa temperatura Flutuador: aço inoxidável
Refrigerantes	R717, HFC, HCFC e CFC
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a + 65
Faixa P [mm]	35
Pressão máxima de trabalho [bar]	28
Pressão máxima de teste [bar]	36
K _v valor [m ³ /h]	0,06 para SV 1 0,14 para SV 3
Capacidade nominal * [kW]	SV1: 25 SV3: 64

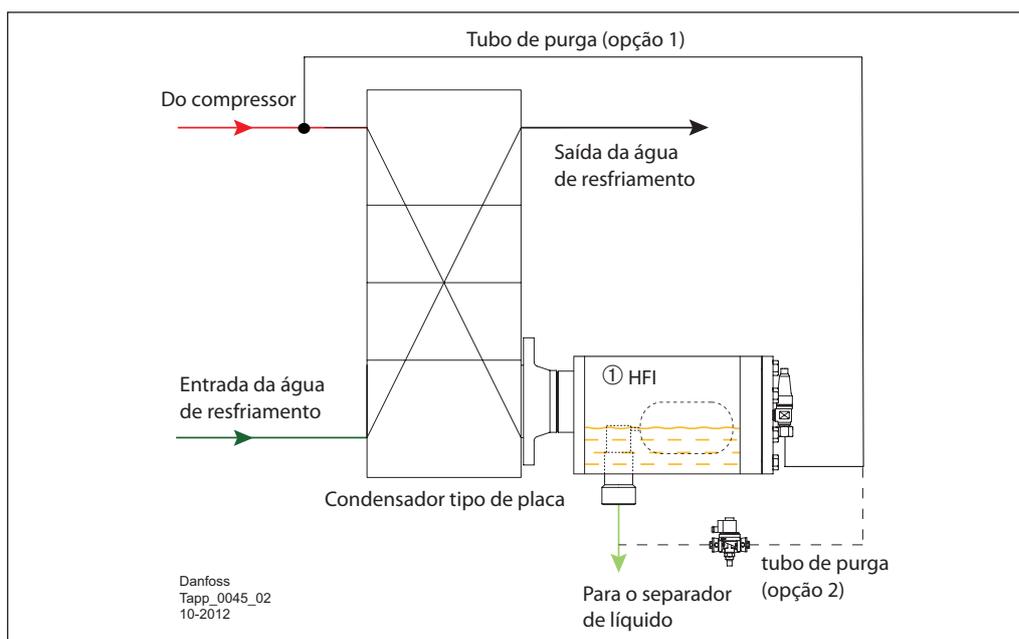
* Condições: R717, +5/32°C, T₁= 28°C

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 4.1.2:
Solução mecânica para o controle de nível de líquido alta pressão(HP) com HFI

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)
- Água

① Válvula bóia de alta pressão(HP)



Se o condensador for do tipo trocador de calor de placas, poderá ser utilizada a válvula de bóia mecânica HFI ① para controlar o nível do líquido.

A HFI é uma válvula de bóia de alta pressão de ação direta; portanto não será necessária nenhuma pressão diferencial para sua ativação.

É possível que seja necessário um WaterIt para conectar uma linha de equalização(tubo de purga) pelo lado da alta pressão(HP) ou da baixa pressão(LP) (Opção 1 ou 2), como mostrado no desenho, para remover o vapor refrigerante do compartimento da bóia pois isto pode evitar que o líquido penetre neste compartimento e, conseqüentemente, evitar que a válvula HFI abra.

A opção 1 é a solução mais simples. A opção 2 requer a instalação de uma válvula solenoide na linha de equalização(tubo de purga).

Se o HFI não está montado diretamente sobre os condensadores é necessário conectar em uma linha de equalização(tubo de purga).

Dados técnicos

	HFI,
Material	Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura.
Refrigerantes	R717 e outros refrigerantes não inflamáveis. Para refrigerantes com densidade maior que 700 kg/m ³ , consulte a Danfoss.
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 80
Pressão máxima de trabalho [bar]	25 bar
Pressão máxima de teste [bar]	50 bar (sem bóia)
Capacidade nominal * [kW]	400 a 2400

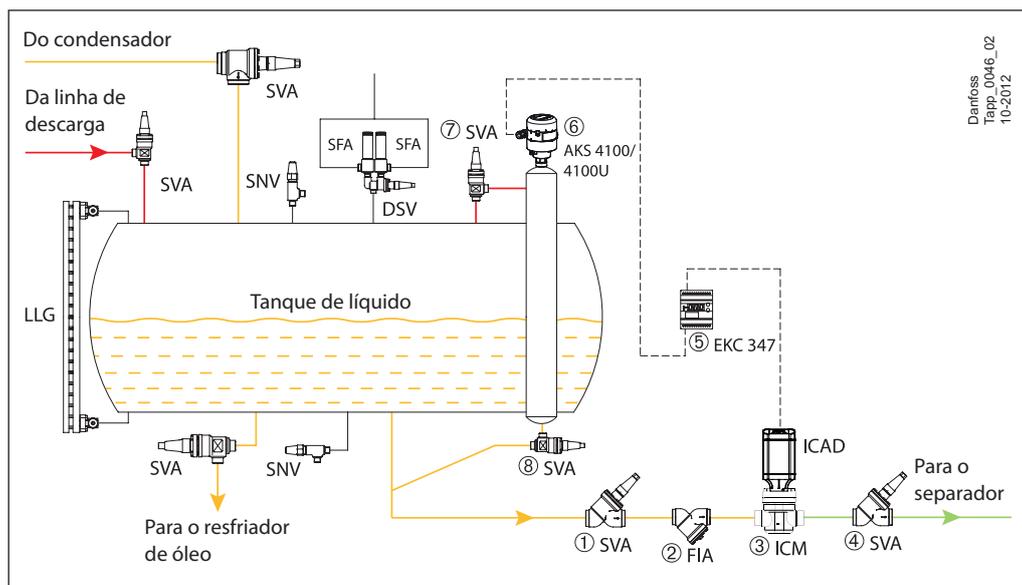
* Condições: R717, -10/35°C

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 4.1.3:
Solução eletrônica para o controle de nível de líquido a alta pressão (HP)

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)

- ① Válvula de bloqueio
- ② Filtro FIA
- ③ Válvula motorizada ICM(ICAD)
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Controlador EKC347
- ⑥ Transmissor de nível AKS4100/4100U
- ⑦ Válvula de bloqueio
- ⑧ Válvula de bloqueio



Danfoss
Tapp_0046_02
10-2012

Ao projetar uma solução LLRS eletrônica o sinal de nível do líquido pode ser fornecido por um AKS 38, que é uma chave de nível liga/desliga(ON/OFF) ou um AKS 4100/4100U que é um transmissor de nível (4-20 mA).

O sinal eletrônico é enviado para o controlador de nível de líquido EKC 347 que controla a válvula de injeção.

A injeção do líquido pode ser controlada de diversas formas:

- Por meio de uma válvula moduladora motorizada tipo ICM com um atuador ICAD.
- Por meio de uma válvula de expansão de modulação por largura de pulso tipo AKVA. A válvula AKVA deve ser utilizada somente quando a pulsação da válvula for aceitável.

- Por meio de uma válvula de regulagem REG atuando como uma válvula de expansão e uma válvula solenoide EVRA para permitir o controle liga/desliga(ON/OFF).

- O sistema ilustrado é um AKS 4100/4100U ⑥ transmissor de nível que envia um sinal de nível para um controlador de nível de líquido EKC 347 ⑤. A válvula motorizada ICM ③ atua como uma válvula de expansão.

Dados técnicos

	Válvula motorizada - ICM para expansão
Material	Corpo: Aço especial para a baixa temperatura
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717 e R744
Faixa de temperatura do meio [°C]	-60 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	52
DN [mm]	20 a 80
Capacidade nominal* [kW]	73 a 22,700

* Condições: R717, T_e = -10°C, Δp = 8,0 bar, ΔT_{sub} = 4K;

	Transmissor de nível - AKS 4100/4100U
Material	Rosca e tubo: aço inoxidável Parte superior: alumínio fundido
Refrigerantes	R717, R22, R404a, R134a, R718, R744
Faixa de temperatura do meio [°C]	-60 a 100
Pressão de processo	-1 bar g a 100 bar g (-14,5 psig a 1450 psig)
Faixa de medição [mm]	800 a 8000

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

4.2 Sistema de Controle de Nível de Líquido pelo lado de Baixa Pressão (LP LLRS)

Ao projetar um LP LLRS, os seguintes pontos devem ser levados em consideração:

O nível de líquido no vaso do lado de baixa pressão (separador de líquido / evaporador casco e tubos) é mantido em nível constante. Isto é seguro para o sistema, uma vez que um nível de líquido muito elevado no separador de líquido pode provocar golpe de líquido ao compressor, e um nível muito baixo pode provocar a cavitação das bombas de refrigerante em um sistema de circulação por bomba.

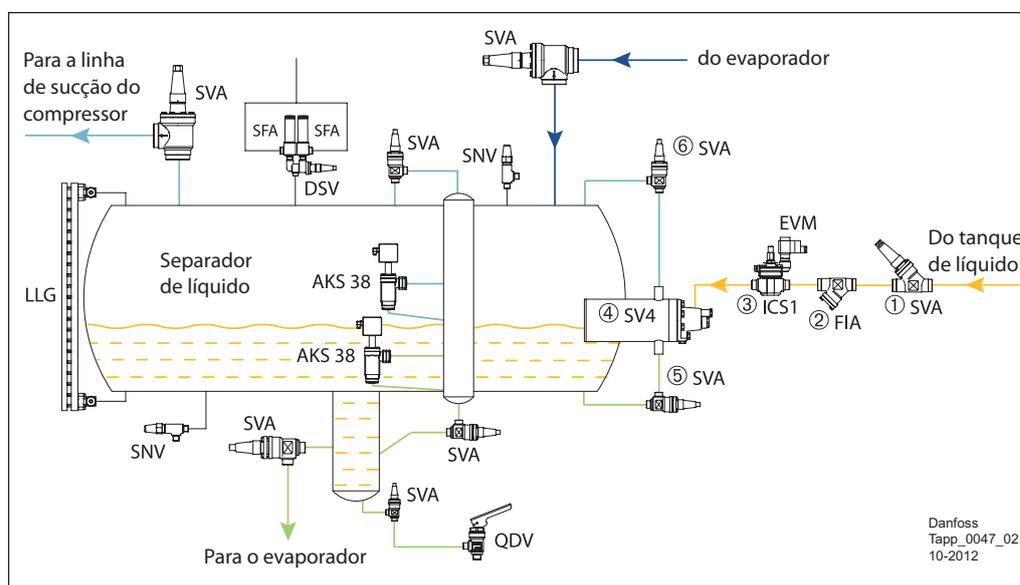
O tanque deve ser grande o suficiente para acumular o líquido refrigerante proveniente dos evaporadores quando o conteúdo do refrigerante em alguns evaporadores pode variar de acordo com a carga de resfriamento, alguns evaporadores são desligados para manutenção ou parte dos evaporadores são drenados para o descongelamento.

Como resultado do acima exposto, os LP LLRS são especialmente adequados para os sistemas descentralizados, em que há muitos evaporadores, e a carga de refrigerante é grande, tais como em frigoríficos. Com LP LLRS, esses sistemas podem funcionar de forma segura mesmo que a carga refrigerante seja impossível de ser calculada.

Concluindo, os HP LLRS são adequados para sistemas compactos como chillers; a vantagem é o custo reduzido (tanque de líquido pequeno ou até sem tanque). Ao mesmo tempo em que os LP LLRS são adequadas para os sistemas descentralizados com vários evaporadores e tubulação longa, como um frigorífico grande; a vantagem é ser mais seguro e confiável.

Exemplo de aplicação 4.2.1: Solução mecânica para o controle de nível de líquido baixa pressão(LP)

- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
 - Mistura de líquido/vapor refrigerante
 - Refrigerante vapor a baixa pressão (LP)
 - Refrigerante líquido a baixa pressão (LP)
- ① Válvula de bloqueio
 - ② Filtro FIA
 - ③ Válvula solenoide ICS1(EVM)
 - ④ Válvula bóia LP SV4
 - ⑤ Válvula de bloqueio
 - ⑥ Válvula de bloqueio



As válvulas de bóia SV "monitoram" o nível do líquido em vasos de baixa pressão. Se a capacidade for pequena, as válvulas SV ④ podem atuar diretamente como uma válvula de expansão no vaso de baixa pressão, conforme mostrado.

Dados técnicos

	SV 4-6
Material	Corpo: aço Tampa: Ferro fundido nodular especial aprovado para serviço a baixa temperatura (nodular) Bóia: aço inoxidável
Refrigerantes	R717, HFC, HCFC e CFC
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a +120
Faixa P [mm]	35
Pressão máxima de trabalho [bar]	28
Pressão máxima de teste [bar]	42
K _v valor [m ³ /h]	0,23 para SV 4 0,31 para SV 5 0,43 para SV 6
Capacidade nominal * [kW]	SV4: 102 SV5: 138 SV6: 186

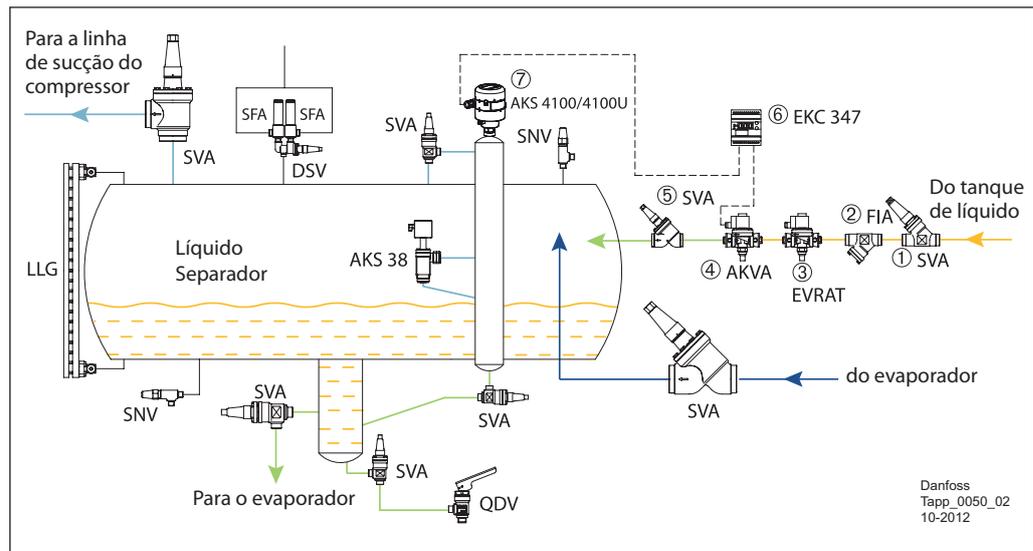
* Condições: R717, +5/32°C, ΔT_{sub} = 4K.

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 4.2.4: Solução eletrônica para o controle de nível de líquido baixa pressão(LP)

- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)

- ① Válvula de bloqueio
- ② Filtro FIA
- ③ Válvula solenoide EVRAT
- ④ Válvula de expansão operada eletronicamente AKVA
- ⑤ Válvula de bloqueio
- ⑥ Controlador EKC347
- ⑦ Transmissor de nível AKS4100/4100U



Esta solução é similar à solução 4.2.3. Entretanto, com este exemplo, a válvula motorizada ICM é substituída por uma válvula de expansão de modulação por largura de pulso AKVA. A servo válvula EVRAT ③ é usada como uma válvula solenoide adicional para assegurar 100% de fechamento (estanqueidade) durante períodos fora de ciclo de pulsação.

O controlador de nível de líquido EKC 347 ⑥ também provê saídas a relé para limites superiores e inferiores e para nível de alarme. Entretanto recomenda-se que a chave de nível AKS 38 seja instalada como um alarme de alto nível.

Dados técnicos

	AKVA
Material	AKVA 10: aço inoxidável AKVA 15: ferro fundido AKVA 20: ferro fundido
Refrigerantes	R717
Faixa de temperatura do meio [°C]	AKVA 10: -50 ta +60 AKVA 15/20: -40 a +60
Pressão máxima de trabalho [bar]	42
DN [mm]	10 a 50
Capacidade nominal* [kW]	4 a 3150

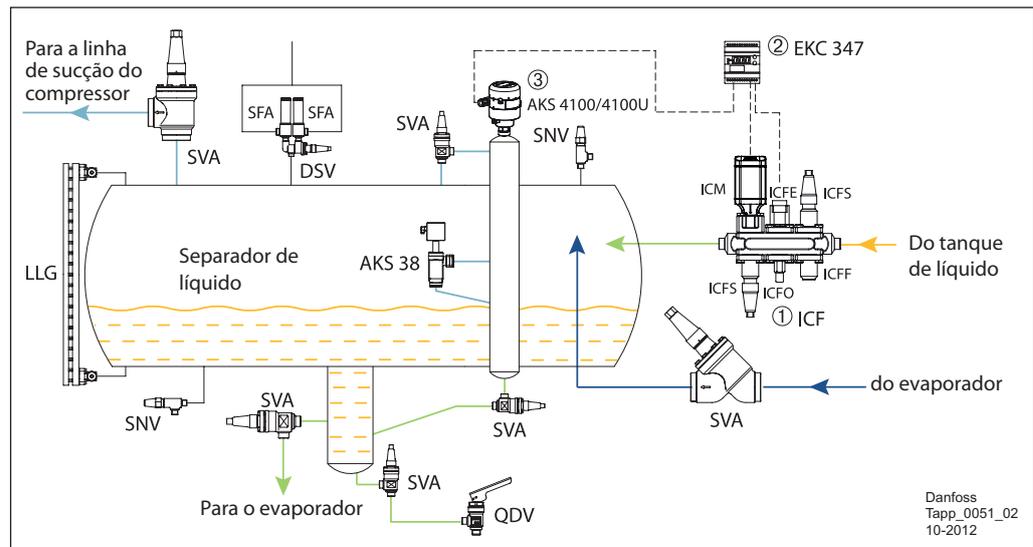
* Condições: R717, +5/32°C, ΔT_{sub} = 4K.

Exemplo de aplicação 4.2.5: Solução eletrônica para o controle de nível de líquido baixa pressão(LP)

- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão (LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão (LP)

- ① Estação de válvula ICF, incluindo:
 - Válvula de bloqueio ICFS
 - Filtro ICFF
 - Válvula solenoide ICFE
 - Operador manual
 - Válvula motorizada ICM
 - Válvula de bloqueio ICFS

- ② Controlador EKC347
- ③ Transmissor de nível AKS4100/4100U



A Danfoss pode fornecer uma solução que utilize uma válvula bem compacta ICF ①. Até seis módulos distintos podem ser montados no mesmo corpo, com muita facilidade.

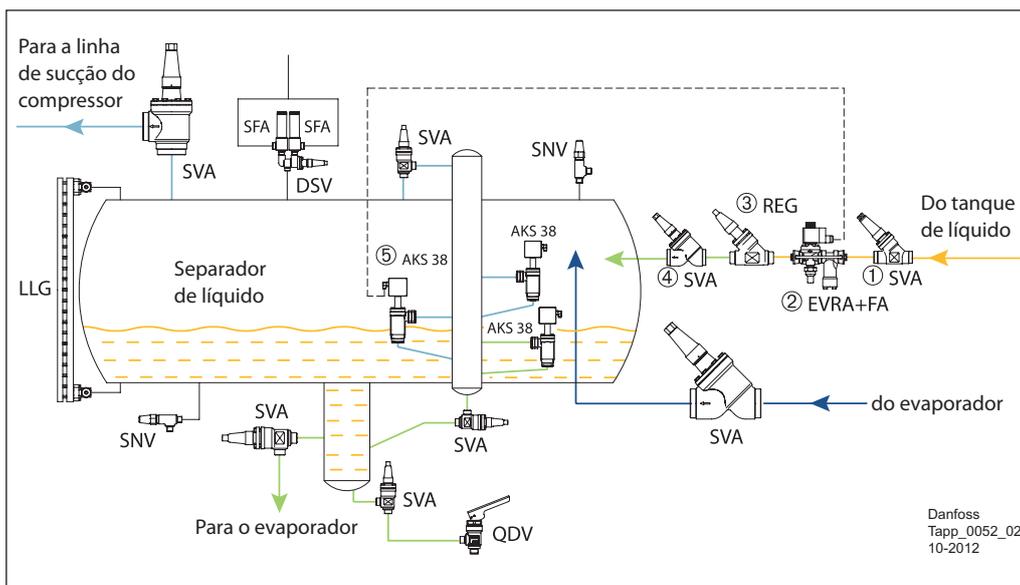
O módulo ICM atua como uma válvula de expansão e o módulo ICFE é uma válvula solenoide. Esta solução funciona de forma idêntica ao exemplo 4.2.3. Também existe solução alternativa com válvula ICF para a aplicação 4.2.4. Consulte a literatura sobre a ICF para maiores informações.

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 4.2.6: Solução eletrônica para o controle de nível de líquido baixa pressão(LP)

- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)

- ① Válvula de bloqueio
- ② Válvula solenoide EVRA(FA)
- ③ Válvula de regulagem manual REG
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Chave de nível AKS38



Esta solução controla a injeção de líquido utilizando o controle liga/desliga(ON/OFF). A chave de nível - AKS 38 ⑤, controla a energização da válvula solenoide EVRA ②, de acordo com o nível de líquido no separador. A válvula de regulagem manual REG ③ atua como uma válvula de expansão.

Dados técnicos

	AKS 38
Material	Carcaça: ferro fundido com cromato de zinco
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns não inflamáveis, inclusive o R717.
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a +65
Pressão máxima de trabalho [bar]	28
Faixa de medição [mm]	12,5 a 50

	REG
Material	Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura.
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns não inflamáveis, inclusive o R717.
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a +150
Pressão máxima de trabalho [bar]	52
DN [mm]	6 a 65
K _v valor [m ³ /h]	0,17 a 81,4 para válvulas totalmente abertas

	EVRA
Refrigerantes	R717, R22, R134a, R404a, R410a, R744, R502
Faixa de temperatura do meio [°C]	-40 a +105
Pressão máxima de trabalho [bar]	42
Capacidade nominal * [kW]	21,8 a 2368
K _v valor [m ³ /h]	0,23 a 25.0

* Condições: R717, -10/+25°C, Δp = 0.15 bar

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

**4.3
Resumo**

Solução		Aplicação	Benefícios	Limitações
Solução mecânica para alta pressão: SV1/3 + PMFH		Aplicável a sistemas com cargas refrigerantes pequenas, por ex. "Chillers".	Puramente mecânico. Ampla faixa de capacidade.	Impossível de ser operado remotamente, a distância entre a SV e o PMFH fica limitada a vários metros. Um pouco lento em resposta.
Solução mecânica para alta pressão: HFI,		Aplicável a sistemas com pequenas cargas refrigerantes e com condensadores tipo a placas.	Puramente mecânico. Solução simples. Especialmente adequado para o trocador de calor a placas.	Impossível utilizar o resfriamento do óleo por termosifão.
Solução eletrônica para alta pressão: AKS 4100/4100U+ EKC 347 + ICM		Aplicável a sistemas com cargas refrigerantes pequenas, por ex. "Chillers".	Flexível e compacto. Possível de ser monitorado e controlado remotamente. Abrange uma grande faixa de capacidade.	Não aplicável a refrigerantes inflamáveis.
Solução mecânica para baixa pressão: SV4-6		Aplicável a sistemas pequenos	Puramente mecânico. Solução simples de baixo custo.	Capacidade limitada.
Solução mecânica para baixa pressão: SV 4-6 + PMFL		Especificamente aplicável a sistemas descentralizados, tais como em frigoríficos.	Puramente mecânico. Ampla faixa de capacidade.	Impossível de ser operado remotamente, a distância entre a SV e o PMFH fica limitada a vários metros. Um pouco lento em resposta.
Solução eletrônica para baixa pressão: AKS 4100/4100U + EKC 347 + ICM		Especificamente aplicável a sistemas descentralizados, tais como em frigoríficos.	Flexível e compacto. Possível de ser monitorado e controlado remotamente. Cobre uma grande faixa de capacidade.	Não aplicável a refrigerantes inflamáveis.
Solução eletrônica para baixa pressão: AKS 4100/4100U + EKC 347 + AKVA		Especificamente aplicável a sistemas descentralizados, tais como em frigoríficos.	Flexível e compacto. Possível de ser monitorado e controlado remotamente. Ampla faixa de capacidade. Mais rápido que a válvula motorizada. Válvula segura contra falha (NC).	Não aplicável a refrigerantes inflamáveis. Os sistemas precisam admitir pulsações.
Solução eletrônica para baixa pressão: AKS 4100/4100U + EKC 347 + ICF		Especificamente aplicável a sistemas descentralizados, tais como em frigoríficos.	Flexível e compacto. Possível de ser monitorado e controlado remotamente. Cobre uma grande faixa de capacidade. Fácil de instalar.	Não aplicável a refrigerantes inflamáveis.
Solução eletrônica para baixa pressão: AKS 38 + EVRA + REG		Especificamente aplicável a sistemas descentralizados, tais como em frigoríficos.	Simple. Baixo custo.	Apenas 40 mm para o ajuste de nível. Muito dependente de ajuste da válvula REG. Não aplicável a sistemas com grande flutuação de capacidade.

**4.4
Documentos de Referência**

Para uma ordem alfabética de todos os documentos de referência ir para a página 146

Folheto / Manual Técnico

Tipo	Nº da Literatura	Tipo	Nº da Literatura
AKS 38	PD.GD0.A	PMFH/L	PD.GE0.C
AKS 4100/4100U	PD.SC0.C	ICF	PD.FT1.A
AKVA	PD.VA1.B	REG	PD.KM1.A
EKC 347	PS.G00.A	SV 1-3	PD.GE0.B
EVRA(T)	PD.BM0.B	SV 4-6	PD.GE0.D
ICM	PD.HT0.B		

Instruções do produto

Tipo	Nº da Literatura	Tipo	Nº da Literatura
AKS 38	PI.GD0.A	ICM 100-150	PI.HT0.B
AKS 4100/4100U	PI.SC0.D / PI.SC0.E	PMFH/L	PI.GE0.D / PI.GE0.A
AKVA	PI.VA1.C / PI.VA1.B	ICF	PI.FT0.C
EKC 347	PI.RP0.A	REG	PI.KM1.A
EVRA(T)	PI.BN0.L	SV 1-3	PI.GE0.C
ICM 20-65	PI.HT0.A	SV 4-6	PI.GE0.B

Para baixar a última versão da literatura, visite o site da Danfoss.

5. Controles do Evaporador

O evaporador é uma parte do sistema de refrigeração onde o calor efetivo é transferido do meio que se deseja resfriar (por ex., ar, salmoura ou produto diretamente) para o refrigerante.

Portanto, a função principal do sistema de controle do evaporador é a de obter a temperatura desejada do meio. Além disto, o sistema de controle também deve manter o evaporador sempre operando eficientemente e livre de problemas.

Especificamente, os seguintes métodos de controle são necessários aos evaporadores:

- As Seções 5.1 e 5.2 sobre sistemas de controle de alimentação de líquido descrevem dois tipos distintos para fornecimento de líquido: de expansão direta (DX) e re-circulação de líquido bombeado.
- As seções 5.3 e 5.4 sobre Degelo mostram o que é necessário para evaporadores de ar operando em temperaturas abaixo de 0°C.

- A seção 5.5 sobre controle de múltiplas temperaturas de transição para evaporadores que precisam operar sob diferentes níveis de temperatura.
- A seção 5.6 sobre controle da temperatura do meio quando for necessário que a temperatura do meio seja mantida em um nível constante com grande precisão.

Quando apresentamos o controle de temperatura do meio e o degelo, os evaporadores de expansão direta (DX) e os de circulação de líquido bombeado são discutidos separadamente, porque há algumas diferenças nos sistemas de controle.

5.1 Controle da Expansão Direta

Para projetar o sistema de fornecimento de líquido para evaporadores de expansão direta, os seguintes requisitos deverão ser satisfeitos:

- O líquido refrigerante fornecido ao evaporador deve ser completamente evaporado. Isto é necessário para proteger o compressor contra golpe de líquido.
- A temperatura do meio ajustada deve ser mantida dentro da faixa desejada.

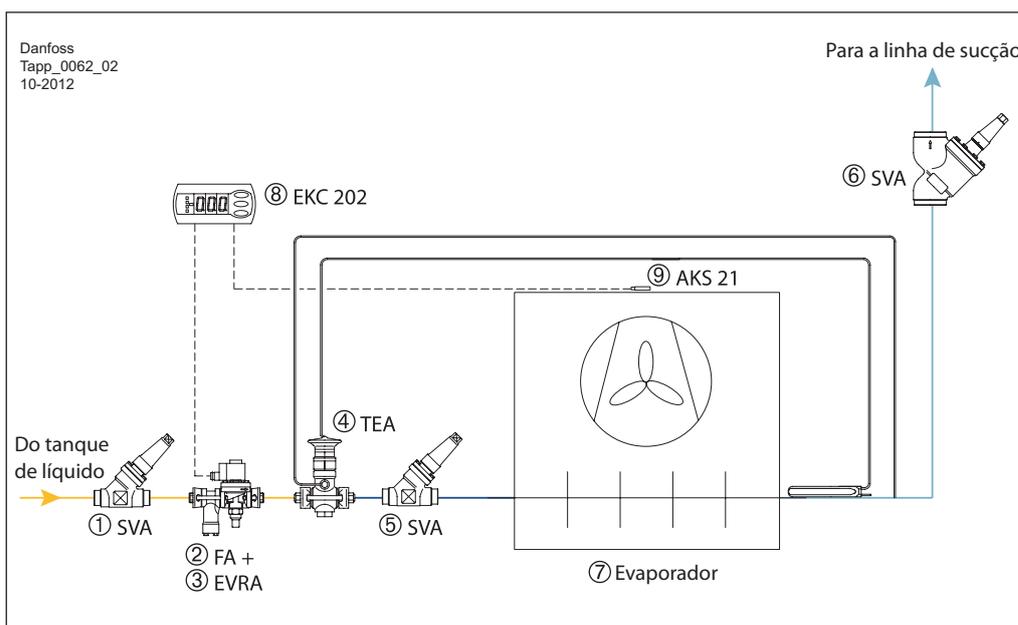
A injeção de líquido é controlada por uma válvula de expansão controlada por superaquecimento que mantém o superaquecimento na saída do evaporador dentro da faixa desejada. Esta válvula de expansão pode ser uma válvula de expansão termostática ou por uma válvula de expansão eletrônica.

O controle de temperatura é normalmente obtido pelo controle liga/desliga(ON/OFF) que ativa e desativa o fornecimento de líquido para o evaporador de acordo com a temperatura do meio.

Exemplo de aplicação 5.1.1:
Controle do Evaporador de expansão direta, com válvula de expansão termostática

- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)

- ① Válvula de bloqueio na entrada de líquido
- ② Filtro FA
- ③ Válvula solenoide EVRA
- ④ Válvula de injeção termostática
- ⑤ Válvula de bloqueio na entrada do evaporador
- ⑥ Válvula de bloqueio na linha de sucção
- ⑦ Evaporador
- ⑧ Termostato digital EKC202
- ⑨ Sensor de temperatura AKS21



Exemplo de aplicação 5.1.1 mostra uma instalação típica para um evaporador de expansão direta sem degelo por gás quente.

A injeção de líquido é controlada por uma válvula de expansão termostática TEA ④, que mantém o superaquecimento do refrigerante na saída do evaporador em um nível constante. A TEA é projetada para Amônia. A Danfoss também fornece válvulas de expansão termostática para refrigerantes fluorados.

A temperatura do meio é controlada pelo controlador de temperatura EKC 202 ⑧, que controla a atuação liga/desliga(ON/OFF) da válvula solenoide EVRA ③ de acordo com o sinal de temperatura do meio do sensor de temperatura PT 1000 AKS 21 ⑨.

Esta solução também pode ser aplicada aos evaporadores de expansão direta com degelo natural ou elétrico.

O degelo natural é obtido pela parada do fluxo de refrigerante para o evaporador, mantendo o ventilador operando. O degelo elétrico é obtido interrompendo o fluxo do refrigerante para o evaporador e parando o ventilador e ao mesmo tempo que é ligada a resistência elétrica dentro do bloco aletado do evaporador.

Controlador de Temperatura EKC 202

O termostato digital controlará todas as funções do evaporador, inclusive o termostato, ventilador, descongelamento e alarmes.

Para obter mais detalhes, consulte o manual do EKC 202 da Danfoss.

Dados técnicos

	Válvula de expansão termostática - TEA
Refrigerantes	R717
Faixa de temperatura de evaporação [°C]	-50 a 30
Temp. máx. do bulbo [°C]	100
Pressão máxima de trabalho [bar]	19
Capacidade nominal * [kW]	3,5 a 295

* Condições: -15°C/+32°C, ΔT_{sub} = 4°C

	Válvula solenoide - EVRA(T)
Refrigerantes	R717, R22, R134a, R404a, R410a, R744, R502
Faixa de temperatura do meio [°C]	-40 a +105
Pressão máxima de trabalho [bar]	42
Capacidade nominal * [kW]	21,8 a 2368
K _v valor [m ³ /h]	0,23 a 25.0

* Condições: R717, -10/+25°C, Δp = 0.15 bar

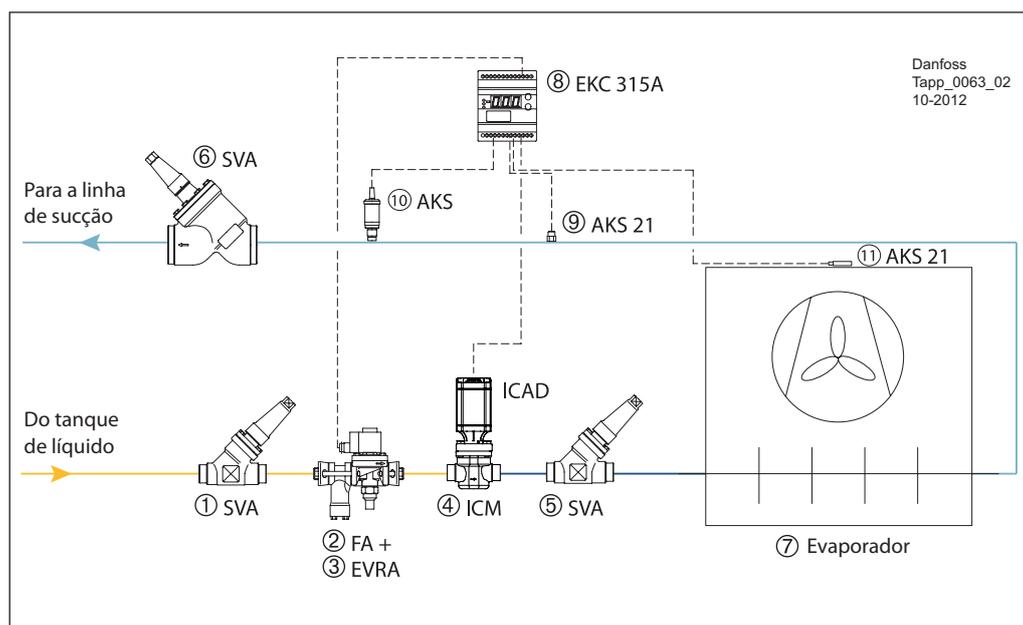
	Filtro - FA
Refrigerantes	Amônia e refrigerantes fluorados
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a +140
Pressão máxima de trabalho [bar]	28
DN [mm]	15/20
Elemento filtrante	Tela entrelaçada de aço inoxidável 150μ
K _v valor [m ³ /h]	3,3/7,0

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 5.1.2: Controle do Evaporador de expansão direta, com válvula de expansão eletrônica

- Refrigerante líquido a alta pressão (HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão (LP)

- ① Válvula de bloqueio na entrada de líquido
- ② Filtro FA
- ③ Válvula solenoide EVRA
- ④ Válvula de expansão eletrônica ICM (ICAD)
- ⑤ Válvula de bloqueio na entrada do evaporador
- ⑥ Válvula de bloqueio na linha de sucção
- ⑦ Evaporador
- ⑧ Controlador EKC315A
- ⑨ Sensor de temperatura AKS21
- ⑩ Transmissor de Pressão AKS
- ⑪ Sensor de temperatura AKS21



O exemplo de aplicação 5.1.2 mostra uma instalação típica para um evaporador de expansão direta controlado eletronicamente e sem degelo por gás quente.

A injeção de líquido é controlada pela válvula motorizada ICM ④ controlada pelo controlador de evaporador tipo EKC 315A ⑧. O controlador EKC 315A medirá o superaquecimento por meio do transmissor de pressão AKS ⑩ e de um sensor de temperatura AKS 21 ⑨ na saída do evaporador, controlando a abertura da ICM para manter o superaquecimento em um nível ideal.

Ao mesmo tempo o controlador EKC 315A opera como um termostato digital que controlará a atuação liga/desliga (ON/OFF) da válvula solenoide ③ dependendo do sinal de temperatura do meio do sensor de temperatura AKS 21 ⑪.

Em comparação com a solução 5.1.1, esta solução operará o evaporador sob um superaquecimento otimizado, constantemente adaptando o grau de abertura da válvula de expansão para assegurar a máxima capacidade e eficiência. A área de troca do evaporador será totalmente utilizada. Além disto, esta solução oferece uma alta precisão no controle da temperatura do meio.

Controlador do Evaporador EKC 315

O controlador digital controlará todas as funções do evaporador, inclusive o termostato, expansão e alarmes.

Para obter mais detalhes, consulte o manual do EKC 315 da Danfoss.

Dados técnicos

	Válvula motorizada - ICM para expansão
Material	Corpo: Aço especial para a baixa temperatura
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717 e R744
Faixa de temperatura do meio [°C]	-60 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	52
DN [mm]	20 a 80
Capacidade nominal* [kW]	73 a 22,700

* Condições: R717, T_e = -10°C, Δp = 8,0 bar, ΔT_{sub} = 4K;

	Transmissor de pressão - AKS 3000	Transmissor de pressão - AKS 32
Refrigerantes	Todos os refrigerantes, inclusive o R717	Todos os refrigerantes, inclusive o R717
Faixa de operação [bar]	0 a 60 (dependendo da faixa)	-1 a 39 (dependendo da faixa)
Pressão máxima de trabalho PB [bar]	100 (dependendo da faixa de operação)	60 (dependendo da faixa de operação)
Faixa de temperatura de operação [°C]	-40 a 80	-40 a 85
Faixa de temperatura compensada [°C]	baixa pressão (LP): -30 a +40 / alta pressão (HP): 0 a +80	LP: -30 a +40 / HP: 0 a +80
Sinal nominal de saída	4 a 20 mA	1 a 5V ou 0 a 10V

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 5.1.3: Controle do Evaporador de expansão direta com válvula de expansão eletrônica ICF

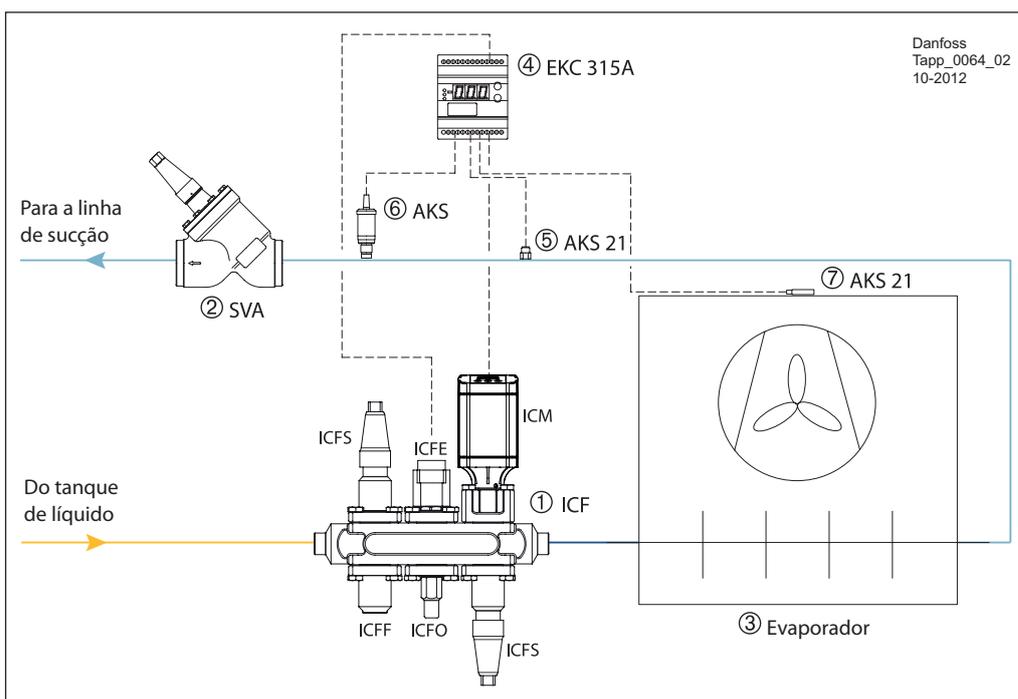
- Refrigerante líquido a alta pressão (HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão (LP)

① Estação de válvulas de controle ICF com:



- Válvula de bloqueio na entrada de líquido ICFS
- Filtro ICFF
- Válvula solenoide ICFE
- Operador manual ICFO
- Válvula motorizada ICM operada eletronicamente
- Válvula de bloqueio na entrada do evaporador ICFS

- ② Válvula de bloqueio na linha de sucção
- ③ Evaporador
- ④ Controlador EKC315A
- ⑤ Sensor de temperatura AKS21
- ⑥ Transmissor de pressão AKS
- ⑦ Sensor de temperatura AKS21



Danfoss
Tapp_0064_02
10-2012

O exemplo de aplicação 5.1.3 mostra a nova estação de válvulas de controle ICF para um evaporador de expansão direta controlado eletronicamente sem degelo por gás quente, similar ao exemplo 5.1.2.

A ICF acomodará até seis módulos distintos montados no mesmo corpo, oferecendo uma solução de controle compacta e de fácil instalação.

A injeção de líquido é controlada por uma válvula motorizada ICM que é controlada por um controlador de evaporador tipo EKC 315A ④. O controlador EKC 315A medirá o superaquecimento por meio do transmissor de pressão AKS ⑥ e de um sensor de temperatura AKS 21 ⑤ na saída do evaporador, controlando a abertura da válvula ICM para manter o superaquecimento em um nível ideal.

Ao mesmo tempo, o controlador EKC 315A opera como um termostato digital que controlará a atuação liga/desliga (ON/OFF) da válvula solenoide ICFE dependendo do sinal de temperatura do meio do sensor de temperatura AKS 21 ⑦.

De forma similar ao exemplo 5.1.1, esta solução operará o evaporador sob um superaquecimento otimizado, constantemente adaptando o grau de abertura da válvula de injeção para assegurar a máxima capacidade e eficiência. A área de troca do evaporador será totalmente utilizada. Além disto, esta solução oferece uma alta precisão no controle da temperatura do meio.

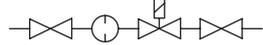
Controlador do Evaporador EKC 315

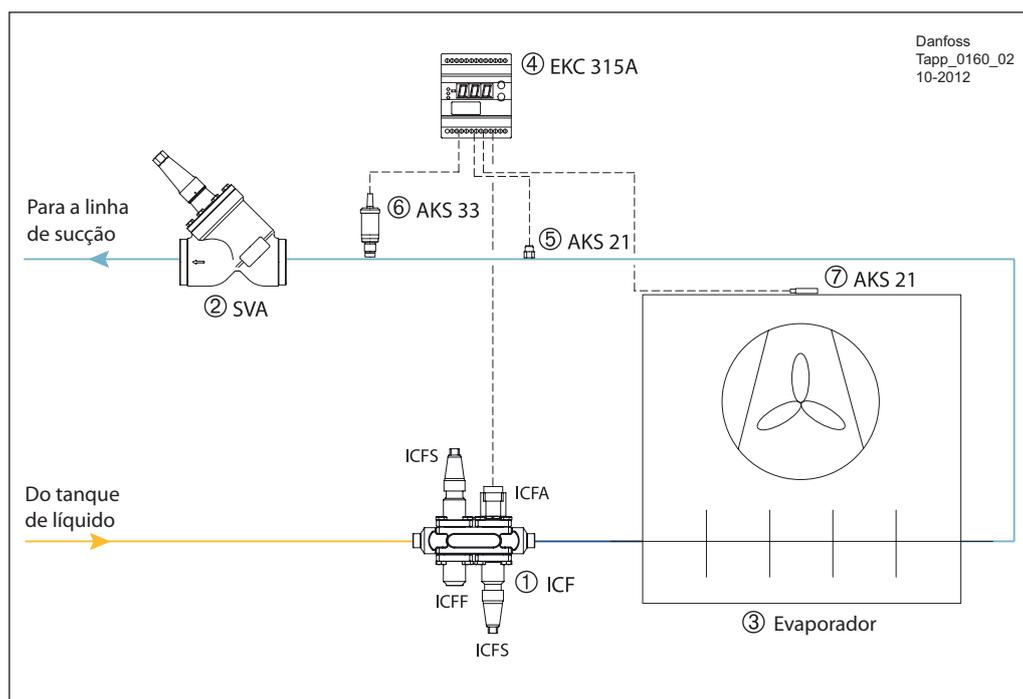
O controlador digital controlará todas as funções do evaporador, inclusive o termostato, expansão e alarmes.

Para obter mais detalhes, consulte o manual do EKC 315 da Danfoss.

Exemplo de aplicação 5.1.4: Controle do Evaporador de expansão direta, com válvula de expansão eletrônica com Controle ICF

- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)

- ① Estação de válvulas de controle ICF com:

 Válvula de bloqueio na entrada de líquido ICFS
 Filtro ICFF
 Válvula de expansão ICFA
 Válvula de bloqueio na entrada do evaporador ICFS
- ② Válvula de bloqueio na linha de sucção
- ③ Evaporador
- ④ Controlador EKC315A
- ⑤ Sensor de temperatura AKS21
- ⑥ Transmissor de pressão AKS
- ⑦ Sensor de temperatura AKS21



Danfoss
Tapp_0160_02
10-2012

O exemplo de aplicação mostra uma Estação de válvulas de controle ICF para um evaporador de expansão direta controlado eletronicamente e sem degelo por gás quente.

A ICF acomodará até seis módulos distintos montados no mesmo corpo, oferecendo uma Estação de válvulas de controle compacta e de fácil instalação.

A injeção de líquido é controlada pela válvula de expansão eletrônica ICFA, que é controlada pelo controlador do evaporador EKC 315A ④. O controlador EKC 315A medirá o superaquecimento por meio do transmissor de pressão AKS 33 ⑥ e o sensor de temperatura AKS 21 ⑤ na saída do evaporador e controlará a abertura da válvula ICFA para manter o superaquecimento em um nível ideal.

Essa solução operará o evaporador sob um superaquecimento otimizado, constantemente adaptando o grau de abertura da válvula de injeção para assegurar a máxima capacidade e eficiência. A área de superfície do evaporador será totalmente utilizada. Além disto, esta solução oferece um controle da temperatura do meio mais preciso.

Controlador do Evaporador EKC 315A
O controlador digital controlará todas as funções do evaporador, inclusive o termostato, expansão e alarmes.

Para mais detalhes, consulte o manual da Danfoss EKC 315A.

A Estação de válvulas de controle ICF mostrado aqui pode também ser substituído por uma solução de válvula convencional (válvula de bloqueio SVA, filtro FA/FIA, válvula de expansão eletrônica e uma válvula de bloqueio SVA).

O controlador EKC 315A pode ser usado com ICF e com uma solução de válvula convencional.

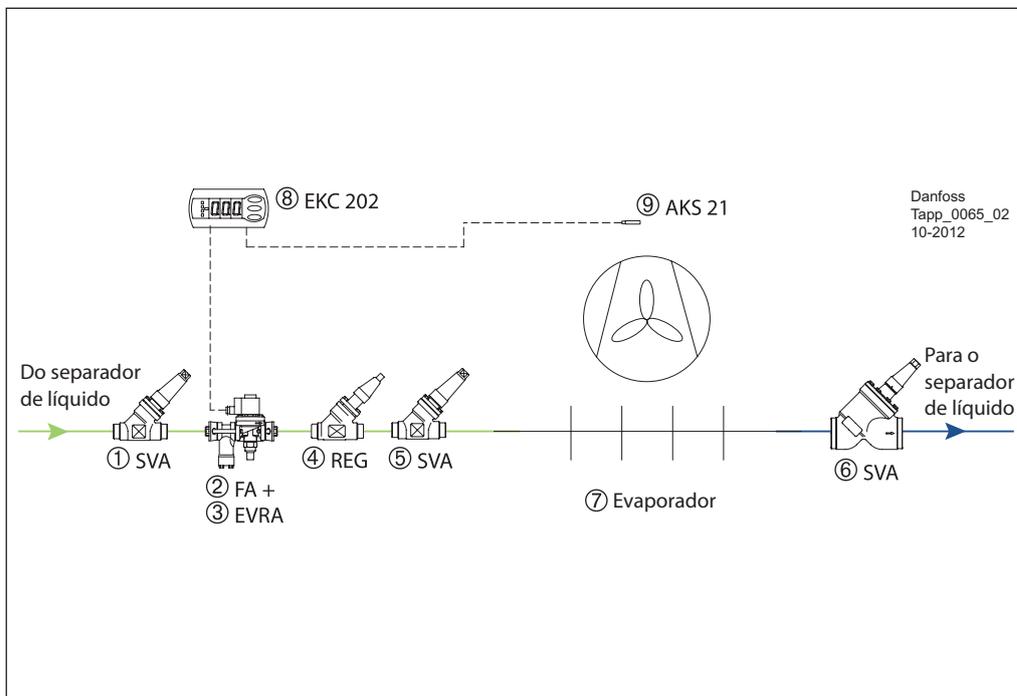
Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

5.2 Controle da Circulação do Líquido Bombeado

Exemplo de aplicação 5.2.1: Controle do Evaporador por circulação de líquido bombeado, sem degelo por gás quente.

■ Mistura de líquido/vapor refrigerante
 ■ Refrigerante líquido a baixa pressão (LP)

- ① Válvula de bloqueio na entrada de líquido
- ② Filtro FA
- ③ Válvula solenoide EVRA
- ④ Válvula de expansão manual REG
- ⑤ Válvula de bloqueio na entrada do evaporador
- ⑥ Válvula de bloqueio na linha de sucção
- ⑦ Evaporador
- ⑧ Termostato digital EKC202
- ⑨ Sensor de temperatura AKS21



O exemplo de aplicação 5.2.1 mostra uma instalação típica para evaporador com circulação por líquido bombeado sem degelo por gás quente, podendo ser aplicável também a evaporadores de circulação por líquido bombeado com degelo natural ou elétrico.

A temperatura do meio é mantida no nível desejado pelo controlador de temperatura EKC 202 ⑧, que controla a atuação liga/desliga(ON/OFF) da válvula solenoide EVRA ③ de acordo com o sinal de temperatura do meio do sensor de temperatura PT 1000 AKS 21 ⑨.

A quantidade de líquido injetado no evaporador é controlada pela abertura da válvula reguladora manual REG ④.

É importante ajustar esta válvula reguladora no grau correto de abertura. Um grau de abertura muito alto levará a uma operação frequente da válvula solenoide com um consequente desgaste. Um grau de abertura muito baixo prejudicará o evaporador por falta de alimentação de líquido refrigerante.

Controlador de Temperatura EKC 202
 O termostato digital controlará todas as funções do evaporador, inclusive o termostato, ventilador, descongelamento e alarmes.

Para obter mais detalhes, consulte o manual do EKC 202 da Danfoss.

Dados técnicos

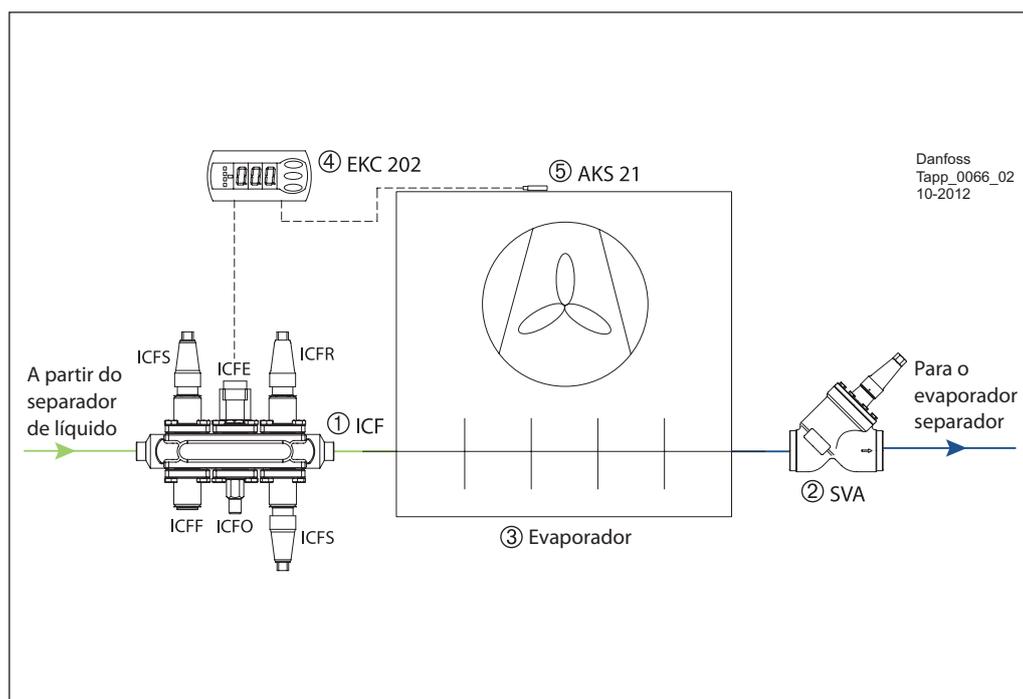
	REG
Material	Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura.
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns não inflamáveis, inclusive o R717.
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a +150
Pressão máxima de trabalho [bar]	52
DN [mm]	6 a 65
K _v valor [m ³ /h]	0,17 a 81,4 para válvulas totalmente abertas

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 5.2.2:
 Controle de circulação por líquido bombeado, Estação de válvulas de controle ICF, sem descongelamento por gás quente.

■ Mistura de líquido/vapor refrigerante
 ■ Refrigerante líquido a baixa pressão (LP)

- ① Solução de controle ICF com:
- Válvula de bloqueio na entrada de líquido
 - Filtro
 - Válvula solenoide
 - Operador manual
 - Válvula de expansão manual
 - Válvula de bloqueio na entrada do evaporador
- ② Válvula de bloqueio na linha de sucção
- ③ Evaporador
- ④ Termostato digital
- ⑤ Sensor de temperatura



O exemplo de aplicação 5.2.2 pode ser incluído na Estação de válvulas de controle ICF com operação idêntica ao exemplo 5.2.1, podendo ser aplicável também a evaporadores de circulação por líquido bombeado com degelo natural ou elétrico. A ICF acomodará até seis módulos distintos montados no mesmo corpo, oferecendo uma solução de controle compacta e de fácil instalação.

A temperatura do meio é mantida no nível desejado pelo controlador de temperatura EKC 202 ④, que controla a atuação liga/desliga (ON/OFF) da válvula solenoide ICFE na ICF de acordo com o sinal de temperatura do meio do sensor de temperatura PT 1000 AKS 21 ⑤.

A quantidade de líquido injetado no evaporador é controlada pela abertura da válvula reguladora

manual ICFR. É importante ajustar esta válvula reguladora no grau correto de abertura. Um grau de abertura muito alto levará a uma operação frequente da válvula solenoide com um conseqüente desgaste. Um grau de abertura muito baixo prejudicará o evaporador por falta de alimentação de líquido refrigerante.

Controlador de Temperatura EKC 202

O termostato digital controlará todas as funções do evaporador, inclusive o termostato, ventilador, descongelamento e alarmes.

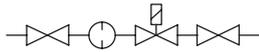
Para obter mais detalhes, consulte o manual do EKC 202 da Danfoss.

Nem todas as válvulas são exibidas.
 Não deve ser usada para fins de construção.

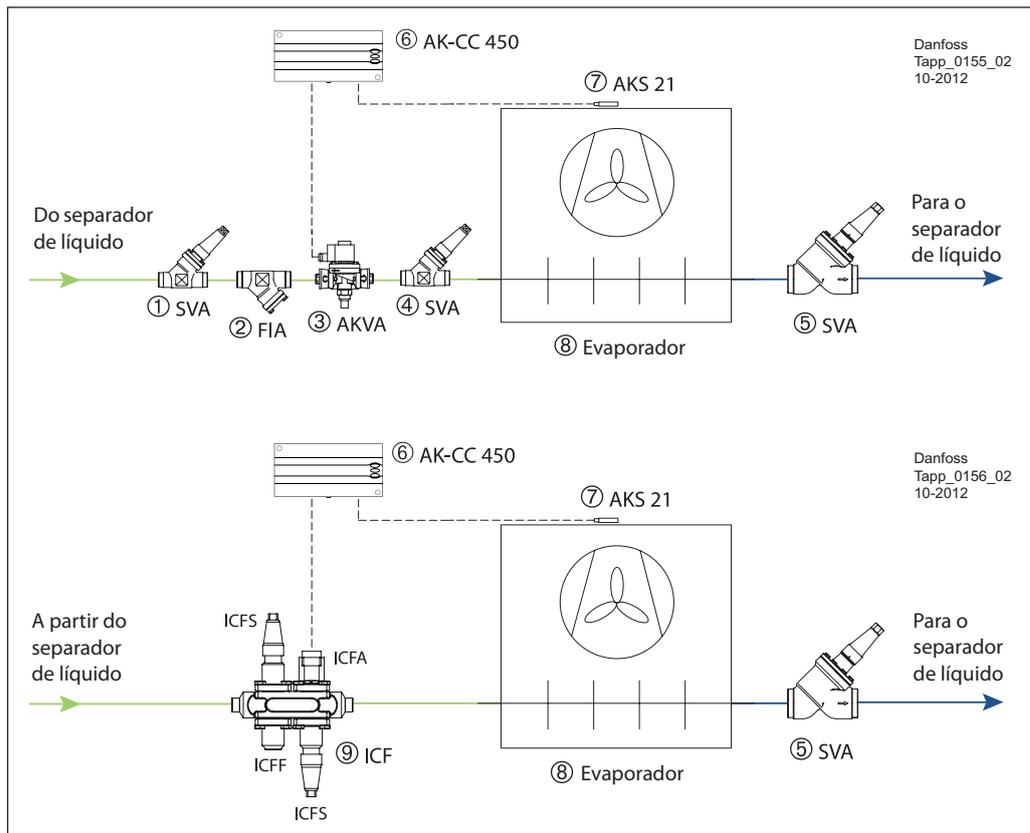
Aplicação 5.2.3:
 Controle da injeção de líquido em um evaporador de ar em um sistema inundado usando uma válvula de expansão de modulação por largura de pulso AKVA/ICFA, degelo de salmoura e elétrico

■ Mistura de líquido/vapor refrigerante
 ■ Refrigerante líquido a baixa pressão (LP)

- ① Válvula de bloqueio na linha de líquido
- ② Filtro FIA
- ③ Válvula de expansão operada eletronicamente AKVA
- ④ Válvula de bloqueio na entrada do evaporador
- ⑤ Válvula de bloqueio na linha de sucção
- ⑥ Termostato digital AK-CC450
- ⑦ Sensor de temperatura AKS21
- ⑧ Evaporador
- ⑨ Estação de válvulas de controle ICF com:



Válvula de bloqueio ICFS
 Filtro ICFF
 Válvula de expansão eletrônica ICFA e uma válvula de bloqueio ICFS



Danfoss
 Tapp_0155_02
 10-2012

Danfoss
 Tapp_0156_02
 10-2012

Em um sistema inundado tradicional, a injeção de líquido é controlada por um termostato que mede constantemente a temperatura do ar.

A válvula solenoide é aberta por vários minutos ou mais até que a temperatura do ar atinja o ponto de ajuste. Durante a injeção, a massa do fluxo de refrigerante é constante.

Esta é uma forma muito simples para controlar a temperatura do ar, mas as variações de temperatura causadas pelo termostato podem causar efeitos colaterais indesejados em algumas aplicações, tais como a desumidificação ou controle impreciso.

Em vez de injetar periodicamente, tal como descrito acima, pode-se também adaptar constantemente a injeção de líquido com a necessidade real. Isso pode ser feito com uma válvula PWM AKVA ③ ou uma ICF ⑨ e um módulo solenoide ICFA.

A temperatura do ar é constantemente medida e comparada com a temperatura de referência. Quando a temperatura atingir o ponto de ajuste, a abertura da válvula AKVA ③ é reduzida. Isto reduz o grau de abertura durante o ciclo, o que resulta em menos capacidade. A duração de um ciclo é ajustável entre 30 s. e 900 s..

Em um sistema inundado, isto significa que o fluxo médio de refrigerante é constantemente controlado e adaptado à demanda. Quando menos refrigerante é injetado, a taxa de circulação diminui.

O resultado disso é que mais refrigerante irá ser evaporado, criando uma certa quantidade de gás superaquecido no evaporador de ar.

Este é um efeito direto de uma temperatura média de superfície inferior do refrigerador de ar, resultando em uma ΔT menor entre os refrigerantes e o ar.

Esse mecanismo na injeção de líquido em um sistema inundado é muito versátil. A quantidade de líquido injetado pode ser controlada exatamente, o que aumenta a precisão e a eficiência energética do sistema.

Para obter mais detalhes, consulte o manual AK-CC 450 da Danfoss.

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

5.3 Degelo a Gás Quente para Evaporadores a Ar com expansão direta

Em aplicações onde o evaporador a ar opera sob temperaturas de evaporação abaixo de 0°C, o gelo se formará na superfície de troca de calor, com sua espessura aumentando com o tempo. O acúmulo de gelo leva a uma queda de desempenho do evaporador mediante a redução do coeficiente de transferência de calor e bloqueio da circulação de ar ao mesmo tempo. Portanto, estes evaporadores a ar devem ser descongelados periodicamente para manter seus desempenhos em um nível desejado.

Os diferentes tipos de degelo comumente utilizados na refrigeração industrial são os seguintes:

- Degelo natural
- Degelo elétrico
- Degelo por gás quente

O degelo natural é obtido pela interrupção do fluxo de refrigerante para o evaporador, mantendo o ventilador operando. Isto pode apenas ser utilizado para temperatura do ambiente acima de 0°C. O tempo resultante do degelo é longo.

O degelo elétrico é obtido interrompendo o ventilador e o fluxo do refrigerante para o evaporador e ao mesmo tempo ligando um aquecedor elétrico dentro do bloco aletado do evaporador. Com um temporizador e/ou um termostato de término de degelo, o degelo pode ser terminado quando a superfície de troca de calor estiver completamente livre de gelo. Enquanto esta solução é de fácil instalação e de baixo investimento inicial, os custos operacionais (eletricidade) são consideravelmente mais altos que os de outras soluções.

Para os sistemas de degelo por gás quente, o gás quente será injetado no evaporador para descongelar a superfície. Esta solução requer mais controles automáticos que outros sistemas, porém oferece o menor custo operacional com o passar do tempo. Um efeito positivo da injeção de gás quente no evaporador é a remoção e retorno do óleo. Para assegurar uma capacidade suficiente de gás quente, esta solução deve ser utilizada somente em sistemas de refrigeração com três ou mais evaporadores. Somente um terço da capacidade total do evaporador pode estar sob degelo de cada vez.

Exemplo de aplicação 5.3.1:
Evaporador de Expansão Direta, com sistema de descongelamento por gás quente

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)

Linha do Líquido

- ① Válvula de bloqueio na entrada de líquido
- ② Filtro FIA
- ③ Válvula solenoide EVRAT
- ④ Válvula de expansão AKVA
- ⑤ Válvula de bloqueio na entrada do evaporador

Linha de Sucção

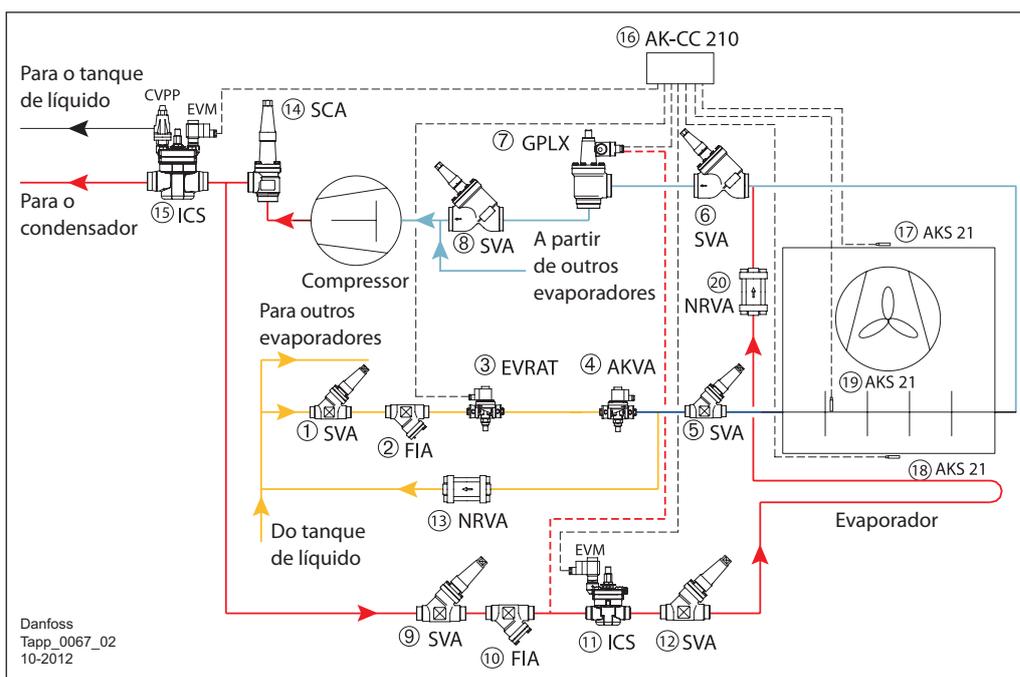
- ⑥ Válvula de bloqueio na entrada do evaporador
- ⑦ Válvula solenoide de dois estágios GPLX
- ⑧ Válvula de bloqueio na linha de sucção

Linha de gás quente

- ⑨ Válvula de bloqueio
- ⑩ Filtro
- ⑪ Válvula solenoide
- ⑫ Válvula de bloqueio
- ⑬ Válvula de retenção NRVA

Linha de descarga

- ⑭ Válvula de bloqueio conjugada com retenção na linha de descarga
- ⑮ Regulador de pressão diferencial
- ⑯ Controlador
- ⑰ Sensores de temperatura
- ⑱ Sensores de temperatura
- ⑲ Sensores de temperatura
- ⑳ Válvula de verificação



O exemplo da aplicação ilustrado acima é o de um sistema com evaporador de expansão direta com degelo por gás quente. Apesar deste método de degelo não ser comum, ele ainda é menos utilizado para sistemas de evaporador de expansão direta com Amônia e mais aplicável a sistemas fluorados.

Ciclo de Refrigeração

A válvula solenoide EVRAT ③ na linha de líquido é mantida aberta. A injeção de líquido é controlada por uma válvula de expansão de modulação por largura de pulso AKVA ④.

A válvula solenoide de dois estágios GPLX ⑦ na linha de sucção é mantida aberta, e a válvula servo-operada por sua ICS ⑪ é mantida fechada por sua solenoide piloto EVM. A válvula de retenção NRVA ⑬ impede a formação de gelo na bandeja de drenagem.

A Válvula servo operada por piloto ICS é ⑮ mantida aberta por sua solenoide piloto EVM.

Ciclo de Degelo

Após o início do ciclo de degelo, a válvula servo-operada por sua solenoide piloto de fornecimento de líquido EVRAT ③ é fechada. O ventilador é mantido funcionando por 120 a 600 segundos, dependendo do tamanho do evaporador para bombear o líquido do evaporador.

Os ventiladores são parados e a GPLX fechada. A válvula GPLX ⑦ é mantida na sua posição aberta por gás quente.

O gás quente condensa na válvula fria e produz líquido na parte superior do servo pistão. Quando as válvulas piloto mudam de posição para fechar a válvula, a pressão sobre o pistão iguala a pressão de sucção.

Esta equalização demora, porque o líquido condensado está presente na válvula. O tempo necessário a partir de quando as válvulas piloto mudam de posição para completar o fechamento da válvula depende da temperatura, da pressão, do refrigerante e do seu tamanho.

Portanto, não é possível afirmar um tempo exato de fechamento das válvulas, mas pressões mais baixas geralmente resultam em tempos de fechamento mais demorados.

É muito importante considerar o tempo de fechamento quando o degelo por gás quente é usado em evaporadores.

Um atraso adicional de 10 a 20 segundos será necessário para que o líquido no evaporador se estabilize na parte inferior sem bolhas de vapor. A válvula servo-operada por piloto ICS ⑪ é então aberta por sua válvula solenoide piloto EVM e fornece gás quente para o evaporador.

Durante o ciclo de degelo, a solenoide piloto EVM da válvula servo-operada por piloto ICS ⑮ fecha de modo que a ICS ⑮ seja controlada pela CVPP piloto de pressão diferencial. ICS ⑮ há a geração de uma pressão diferencial Δp entre a pressão do gás quente e a pressão do tanque de líquido. Esta queda de pressão assegura que o líquido que é condensado durante o degelo seja forçado para fora na linha de líquido através da válvula de retenção NRVA ⑬.

Quando a temperatura no evaporador (medida pela AKS21 ⑲) alcança o valor de ajuste, o degelo é finalizado, a válvula servo-operada por sua solenoide ICS ⑪ é fechada, a válvula servo-operada por sua solenoide piloto EVM da ICS ⑮ é aberta e a válvula solenoide de dois estágios GPLX ⑦ é aberta.

Devido à alta pressão diferencial entre o evaporador e a linha de sucção, é necessário utilizar uma válvula solenoide de dois estágios tal como a Danfoss GPLX ou Válvula solenoide reguladora de nível de líquido modulante de dois estágios operada por gás. A GPLX/ICLX terá capacidade de apenas 10 % da alta pressão diferencial, permitindo que a pressão seja equalizada antes da abertura total para assegurar uma operação suave e evitar golpes de líquido na linha de sucção.

Após a GPLX estar totalmente aberta, a EVRAT ③ abrirá para reiniciar o ciclo de refrigeração. O ventilador entra em operação após um retardo para congelar as gotículas de líquido que permaneceram na superfície do evaporador.

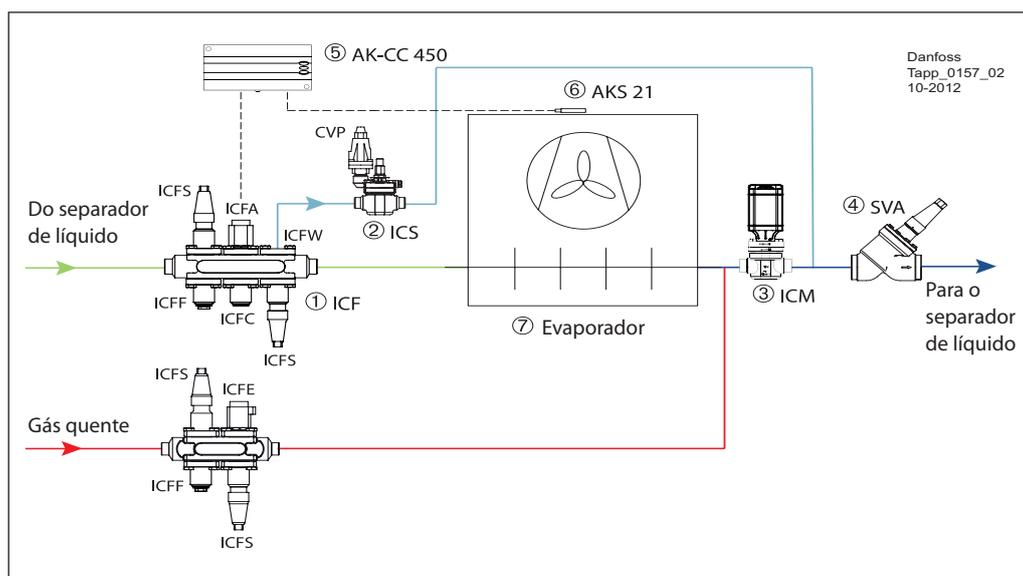
Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 5.3.2:
A injeção de líquido em um evaporador de ar em um sistema inundado usando uma solução de controle com ICF, com degelo por gás quente.

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)

- ① Estação de válvulas de controle ICF com:
-
- Válvula de bloqueio ICFS
 - Filtro ICFF
 - Válvula de expansão eletrônica ICFA e uma válvula de retenção ICFC
 - Conexão de solda ICFW
 - Válvula de bloqueio ICFS

- ② Regulador de pressão ICS(CVP)
- ③ Regulador de pressão ICM
- ④ Válvula de bloqueio na linha de sucção
- ⑤ Termostato digital AK-CC450
- ⑥ Sensor de temperatura AKS21
- ⑦ Evaporador
- ⑧ Estação de válvulas de controle ICF com:
-
- Válvula de bloqueio ICFS
 - Filtro ICFF
 - Válvula solenoide ICFE e uma válvula de bloqueio ICFS



Danfoss
Tapp_0157_02
10-2012

O exemplo de aplicação 5.3.2 mostra uma instalação para evaporadores de circulação por líquido bombeado com degelo por gás quente utilizando a nova solução de controle ICF. A ICF acomodará até seis módulos distintos montados no mesmo corpo, oferecendo uma Estação de válvulas de controle de fácil instalação.

Ciclo de Refrigeração

O módulo solenoide ICFA do ICF ① se adapta constantemente à injeção de líquido com a demanda real. A válvula motorizada ICM ③ na linha de sucção é mantida aberta e a válvula solenoide de degelo ICFE na ICF ① é mantida fechada.

Ciclo de Degelo

Após a iniciação do ciclo de degelo, é fechado o fornecimento de líquido pelo módulo solenoide ICFA da válvula ICF ①. O ventilador é mantido funcionando por 120 a 600 segundos, dependendo do tamanho do evaporador para bombear o líquido do evaporador. Os ventiladores são parados e a válvula ICM fechada. Isso é seguido por um atraso de 10 a 20 segundos para que o líquido no evaporador se estabilize na parte inferior sem bolhas de vapor. A válvula solenoide ICFE na ICF ① é então aberta e fornece gás quente ao evaporador.

Durante o ciclo de degelo, o gás quente condensado do evaporador é injetado para o lado de baixa pressão. A pressão de degelo é controlada pela ICS e CVP. ②.

Quando a temperatura no evaporador alcança o valor de ajuste, ou o degelo está terminado, a válvula solenoide ICFE na ICF ① é fechada e, após um pequeno atraso, a válvula motorizada ICM ③ é aberta.

Devido à elevada pressão diferencial entre o evaporador e a linha de sucção, é necessário aliviar a pressão lentamente, permitindo que a pressão seja equalizada antes de abrir completamente para assegurar o bom funcionamento e evitar golfadas de líquido na linha de sucção.

A vantagem de usar a válvula motorizada ICM ③ é que a pressão de descongelamento pode ser equalizada através da abertura lenta da válvula. Uma forma de baixo custo para fazer isso é usar o modo ICM liga/desliga(ON/OFF) e selecionar uma velocidade muito baixa. Também pode ser obtida utilizando o modo de modulação, com o grau e a velocidade de abertura controlados inteiramente pelo PLC.

Após a ICM estar totalmente aberta, a válvula solenoide de fornecimento de líquido ICFA na ICF ① abrirá para iniciar o ciclo de refrigeração. O ventilador entra em operação após um retardo para congelar as gotículas de líquido que permaneceram na superfície do evaporador.

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

Dados técnicos

	Válvula servo operada piloto - ICS
<i>Material</i>	Corpo: Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura
<i>Refrigerantes</i>	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717 e R744
<i>Faixa de temperatura do meio [°C]</i>	-60 a 120
<i>Pressão máxima de trabalho [bar]</i>	52
<i>DN [mm]</i>	20 a 150
<i>Capacidade nominal* [kW]</i>	Na linha de gás quente: 20 a 4000 Na Linha de Líquido sem troca de fase: 55 a 11.300

* Condições: R717, $T_{liq} = 30^{\circ}C$, $P_{disch.} = 12bar$, $\Delta P = 0.2bar$, $T_{disch.} = 80^{\circ}C$, $T_e = -10^{\circ}C$, Índice de circulação = 4

	Válvula solenoide de dois estágios operada por gás - GPLX	Válvula solenóide reguladora de nível de líquido modulante de dois estágios operada por gás - ICLX
<i>Material</i>	Corpo: Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura	Carcaça: Ferro fundido especial aprovado para serviço a baixa temperatura
<i>Refrigerantes</i>	Todos os refrigerantes comuns não inflamáveis, inclusive R717.	Todos os refrigerantes comuns não inflamáveis, inclusive R717.
<i>Faixa de temperatura do meio [°C]</i>	-60 a 150	-60 a 120
<i>Pressão máxima de trabalho [bar]</i>	40	52
<i>DN [mm]</i>	80 a 150	32 ta 150
<i>Capacidade nominal* [kW]</i>	Em linha de sucção seca: 442 a 1910 Em linha de sucção úmida: 279 a 1205	Em linha de sucção seca: 76 a 1299 Em linha de sucção úmida: 48 a 820

* Condições R717, $\Delta P = 0.05 bar$, $T_e = -10^{\circ}C$, $T_{liq} = 30^{\circ}C$, Índice de circulação = 4

	Válvula de retenção - NRVA
<i>Material</i>	Corpo: aço
<i>Refrigerantes</i>	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717
<i>Faixa de temperatura do meio [°C]</i>	-50 a 140
<i>Pressão máxima de trabalho [bar]</i>	40
<i>DN [mm]</i>	15 a 65
<i>Capacidade nominal* [kW]</i>	Na Linha de Líquido sem troca de fase: 160,7 a 2411

* Condições: R717, $\Delta P = 0.2 bar$, $T_e = -10^{\circ}C$, Índice de Recirculação = 4

	Filtro - FIA
<i>Material</i>	Corpo: aço
<i>Refrigerantes</i>	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717
<i>Faixa de temperatura do meio [°C]</i>	-60 a 150
<i>Pressão máxima de trabalho [bar]</i>	52
<i>DN [mm]</i>	15 a 200
<i>Elemento filtrante</i>	Tela entrelaçada de aço inoxidável 100/150/250/500 μ

	Válvula motorizada - ICM como válvula de controle
<i>Material</i>	Corpo: Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura
<i>Refrigerantes</i>	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717 e R744
<i>Faixa de temperatura do meio [°C]</i>	-60 a 120
<i>Pressão máxima de trabalho [bar]</i>	52
<i>DN [mm]</i>	20 a 150
<i>Capacidade nominal* [kW]</i>	Na linha de gás quente: 2,3 ta 4230 Em linha de sucção úmida: 0,85 ta 1570

* Condições: R717, $T_{liq} = 30^{\circ}C$, $P_{disch.} = 12bar$, $\Delta P = 0.2bar$, $T_{disch.} = 80^{\circ}C$, $T_e = -10^{\circ}C$, Índice de circulação = 4

Exemplo de aplicação 5.3.3:
Evaporador de expansão direta,
com sistema de degelo por gás
quente e Estação de válvulas de
controle ICF

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)

① Linha do líquido ICF, com:



- Válvula de bloqueio na entrada de líquido ICFS
- Filtro ICF
- Válvula solenoide ICFE
- Operador manual ICFO
- Válvula motorizada ICM
- Válvula de bloqueio na entrada do evaporador ICFS

② Válvula de bloqueio na saída do evaporador

③ Válvula solenoide de dois estágios GPLX

④ Válvula de bloqueio na linha de sucção

⑤ Linha de gás quente ICF, com:



- Válvula de bloqueio ICFS
- Filtro ICF
- Válvula solenoide ICFE
- Válvula de bloqueio ICFS

⑥ Válvula de retenção NRVA

⑦ Válvula de retenção NRVA

⑧ Válvula de bloqueio conjugada com retenção na linha de descarga SCA

⑨ Regulador de pressão diferencial ICS(CVPP+EVM)

⑩ Controlador AK-CC210

⑪ Controlador de superaquecimento EKC315A

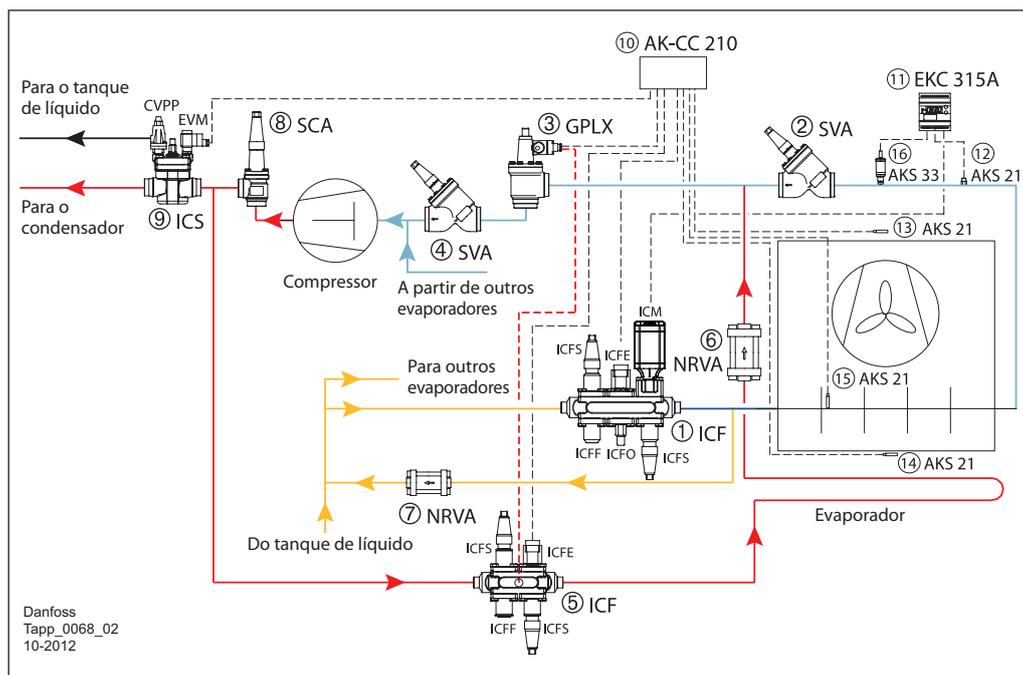
⑫ Sensores de temperatura AKS21

⑬ Sensores de temperatura AKS21

⑭ Sensores de temperatura AKS21

⑮ Sensores de temperatura AKS21

⑯ Transmissor de Pressão AKS33



Exemplo de aplicação 5.3.3 mostra uma instalação para evaporadores de expansão direta com degelo por gás quente utilizando a nova Estação de válvulas de controle ICF.

A ICF acomodará até seis módulos distintos montados no mesmo corpo, oferecendo uma solução de controle compacta e de fácil instalação.

Ciclo de Refrigeração

A válvula solenoide ICFE na ICF ① na linha de líquido é mantida aberta. A injeção de líquido é controlada por uma válvula motorizada ICM na ICF ①.

A válvula solenoide de dois estágios GPLX ③ na linha de sucção é mantida aberta, e a válvula solenoide de descongelamento ICFE na ICF ⑤ é mantida fechada.

A válvula servo operada por piloto ICS ⑨ é mantida aberta por sua solenoide piloto EVM.

Ciclo de Degelo

Após o início do ciclo de degelo, a válvula solenoide de fornecimento de líquido ICFE na ICF ① é fechada. O ventilador é mantido funcionando por 120 a 600 segundos, dependendo do tamanho do evaporador para bombear o líquido do evaporador.

Os ventiladores são parados e a GPLX fechada. A válvula GPLX ③ é mantida na sua posição aberta por gás quente.

O gás quente condensa na válvula fria e produz líquido na parte superior do servo pistão. Quando as válvulas piloto mudam de posição para fechar a válvula, a pressão sobre o pistão iguala a pressão de sucção.

Esta equalização demora, porque o líquido condensado está presente na válvula. O tempo necessário a partir de quando as válvulas piloto mudam de posição para completar o fechamento da válvula depende da temperatura, da pressão, do refrigerante e do seu tamanho.

Portanto, não é possível afirmar um tempo exato de fechamento das válvulas, mas pressões mais baixas geralmente resultam em tempos de fechamento mais demorados.

É muito importante considerar o tempo de fechamento quando o degelo por gás quente é usado em evaporadores.

Um atraso adicional de 10 a 20 segundos será necessário para que o líquido no evaporador se estabilize na parte inferior sem bolhas de vapor. A válvula solenoide ICFE na ICF ⑤ é então aberta e fornece gás quente ao evaporador.

Durante o ciclo de degelo, a válvula solenoide piloto EVM da válvula servo operada por piloto ICS ⑨ fecha de modo que a ICS ⑨ seja controlada pela CVPP piloto de pressão diferencial. Na ICS ⑨ há a geração de uma pressão diferencial Δp entre a pressão do gás quente e a pressão do tanque de líquido.

Esta queda de pressão assegura que o líquido que é condensado durante o degelo seja forçado para fora na linha de líquido através da válvula de retenção NRVA ⑦.

Quando a temperatura no evaporador (medida pela AKS 21 ⑮) alcançar o valor de ajuste, o degelo terminará, a válvula solenoide ICFE na ICF ⑤ é fechada, a válvula servo operada por sua solenoide piloto EVM da ICS ⑨ é aberta e a válvula solenoide de dois estágios GPLX ③ é aberta.

Devido à alta pressão diferencial entre o evaporador e a linha de sucção, é necessário utilizar uma válvula solenoide de dois estágios tal como a Danfoss GPLX ③ ou válvula solenoide reguladora de nível de líquido modulante de dois estágios operada por gás. A GPLX ③/ICLX terá capacidade de apenas 10 % da alta pressão diferencial, permitindo que a pressão seja equalizada antes da abertura total para assegurar uma operação suave e evitar golpes de líquido na linha de sucção.

Após a GPLX ③ a válvula solenoide de fornecimento de líquido ICFE na ICF ① abrirá para iniciar o ciclo de refrigeração. O ventilador entra em operação após um retardo para apenar as gotículas de líquido que permaneceram na superfície do evaporador.

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 5.3.4:
Evaporador de expansão direta, com sistema de degelo por gás quente com ICF/ICM completamente soldado

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)

① Linha do líquido ICF, com:



- Válvula de bloqueio na entrada de líquido ICFS
- Filtro ICFF
- Válvula solenoide ICFE
- Operador manual ICFO
- Válvula de expansão motorizada ICM
- Válvula de bloqueio na entrada do evaporador ICFS

② Válvula de bloqueio na entrada do evaporador

③ Regulador de pressão (válvula motorizada) ICM

④ Válvula de bloqueio na linha de sucção

⑤ Linha de gás quente ICF, com:



- Válvula de bloqueio ICFS
- Filtro ICFF
- Válvula solenoide ICFE
- Válvula de bloqueio ICFS

⑥ Válvula de retenção CHV

⑦ Válvula de retenção SCA

⑧ Válvula de bloqueio conjugada com retenção na linha de descarga SCA

⑨ Regulador de pressão diferencial ICS(CVPP+EVM)

⑩ Controlador

⑪ Controlador de superaquecimento EKC315A

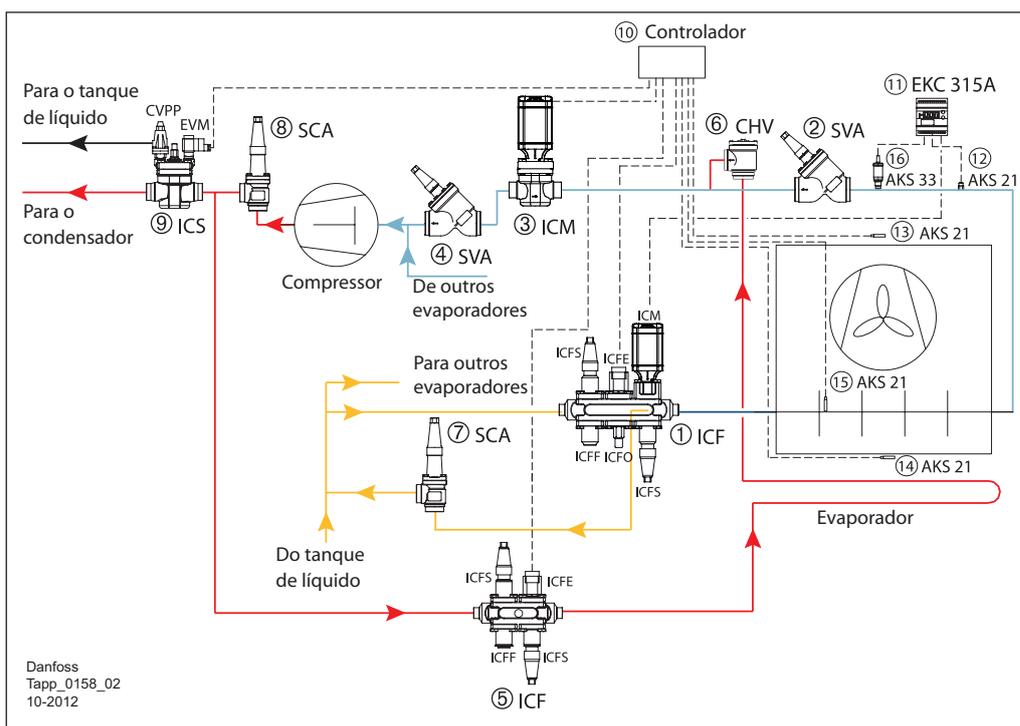
⑫ Sensores de temperatura AKS21

⑬ Sensores de temperatura AKS21

⑭ Sensores de temperatura AKS21

⑮ Sensores de temperatura AKS21

⑯ Transmissor de Pressão AKS33



O exemplo de aplicação 5.3.3 mostra uma instalação para evaporadores de expansão direta com degelo por gás quente utilizando a Estação de válvulas de controle ICF.

A ICF acomodará até seis módulos distintos montados no mesmo corpo, oferecendo uma solução de controle de fácil instalação.

Ciclo de Refrigeração

A válvula solenoide ICFE na ICF ⑤ na linha de líquido é mantida aberta. A injeção de líquido é controlada por uma válvula motorizada ICM na ICF ③.

A válvula motorizada ICM ③ na linha de sucção é mantida aberta e a válvula solenoide de descongelamento ICFE na ICF ⑤ é mantida fechada.

A válvula servo-operada por piloto ICS ⑨ é mantida aberta por sua solenoide piloto EVM.

Ciclo de Degelo

Após o início do ciclo de degelo, a válvula solenoide de fornecimento de líquido ICFE na ICF ① é fechada. O ventilador é mantido funcionando por 120 a 600 segundos, dependendo do tamanho do evaporador para bombear o líquido do evaporador.

Os ventiladores são parados e a válvula de expansão motorizada ICM é ③ fechada.

Um atraso de 10 a 20 segundos será necessário para que o líquido no evaporador se estabilize na parte inferior sem bolhas de vapor. A válvula solenoide ICFE na ICF ⑤ é então aberta e fornece gás quente ao evaporador.

Durante o ciclo de degelo, a solenoide piloto EVM da válvula servo-operada por piloto ICS ⑨ fecha de modo que a ICS ⑨ seja controlada pela CVPP piloto de pressão diferencial. ICS ⑨ há a geração de uma pressão diferencial Δp entre a pressão do gás quente e a pressão do tanque de líquido.

Esta queda de pressão assegura que o líquido que está condensado durante o degelo seja forçado para fora na linha de líquido através da válvula de retenção NRVA ⑦.

Quando a temperatura no evaporador (medida pela AKS 21) alcançar o valor de ajuste, o degelo terminará, a válvula solenoide ICFE na ICF ⑤ é fechada, a solenoide piloto EVM da ICS ⑨ é aberta e a válvula servo-operada por piloto ICM ③ é aberta.

Devido à elevada pressão diferencial entre o evaporador e na linha de sucção, é necessário aliviar a pressão lentamente, permitindo que a pressão seja equalizada antes de abrir completamente para assegurar o bom funcionamento e evitar líquido na linha de sucção.

Uma vantagem de usar a válvula motorizada ICM ③ é que a pressão de descongelamento pode ser equalizada através da abertura lenta da válvula. Uma forma de baixo custo para fazer isso é usar o modo ICM liga/desliga(ON/OFF) e selecionar uma velocidade muito baixa, ou pode ser alcançado utilizando o modo de modulação, a PLC controla totalmente o grau e a velocidade de abertura.

Após a válvula motorizada ICM ③ estar totalmente aberta, a válvula solenoide de fornecimento de líquido ICFE na ICF ① abrirá para iniciar o ciclo de refrigeração. O ventilador entra em operação após um retardo para congelar as gotículas de líquido que permaneceram na superfície do evaporador.

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

5.4

Degelo a Gás Quente para Evaporadores a Ar com circulação do Líquido Bombeado

Exemplo de aplicação 5.4.1: Evaporador de circulação por líquido bombeado, com sistema de degelo por gás quente

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)

Linha do líquido

- ① Válvula de bloqueio na entrada de líquido
- ② Filtro FIA
- ③ Válvula solenoide ICS(EVM)
- ④ Válvula de retenção NRVA
- ⑤ Válvula de expansão manual REG
- ⑥ Válvula de bloqueio na entrada do evaporador

Linha de Sucção

- ⑦ Válvula de bloqueio na saída do evaporador
- ⑧ Válvula solenoide de dois estágios GPLX
- ⑨ Válvula de bloqueio na linha de sucção

Linha de gás quente

- ⑩ Válvula de bloqueio
- ⑪ Filtro FIA
- ⑫ Válvula solenoide ICS(EVM)
- ⑬ Válvula de bloqueio
- ⑭ Válvula de retenção NRVA

Linha de alívio da pressão do degelo

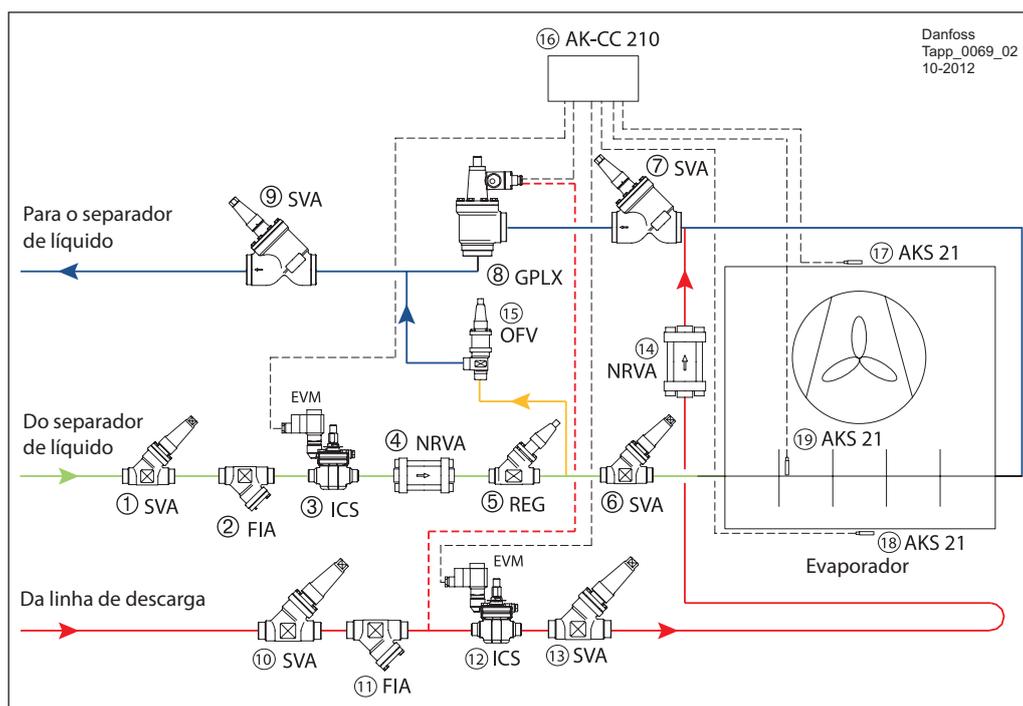
- ⑮ Válvula de alívio OFV

Controles

- ⑯ Controlador
- ⑰ Sensor de temperatura
- ⑱ Sensor de temperatura
- ⑲ Sensor de temperatura

Dados técnicos

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.



O exemplo de aplicação 5.4.1 mostra uma instalação típica para um evaporador com circulação por líquido bombeado com degelo por gás quente.

Ciclo de Refrigeração

A solenoide piloto da ICS ③ na linha de líquido é mantida aberta. A injeção de líquido é controlada pela válvula reguladora manual REG ⑤.

A válvula solenoide de dois estágios GPLX ⑧ na linha de sucção é mantida aberta e a solenoide piloto de degelo da ICS ⑫ é mantida fechada.

Ciclo de Degelo

Após o início do ciclo de degelo, a solenoide pilotode fornecimento de líquido da ICS ③ é fechada. O ventilador é mantido funcionando por 120 a 600 segundos, dependendo do tamanho do evaporador para bombear o líquido do evaporador.

Os ventiladores são parados e a GPLX fechada. A válvula GPLX ⑧ é mantida na sua posição aberta por gás quente.

O gás quente condensa na válvula fria e produz líquido na parte superior do servo pistão. Quando as válvulas piloto mudam de posição para fechar a válvula, a pressão sobre o pistão iguala a pressão de sucção.

Esta equalização demora, porque o líquido condensado está presente na válvula. O tempo necessário a partir de quando as válvulas piloto mudam de posição para completar o fechamento da válvula depende da temperatura, da pressão, do refrigerante e do seu tamanho.

Portanto, não é possível afirmar um tempo exato de fechamento das válvulas, mas pressões mais baixas geralmente resultam em tempos de fechamento mais demorados.

É muito importante considerar o tempo de fechamento quando o degelo por gás quente é usado em evaporadores.

Um atraso adicional de 10 a 20 segundos será necessário para que o líquido no evaporador se estabilize na parte inferior sem bolhas de vapor. A solenoide piloto da ICS ⑫ é então aberta e fornece gás quente ao evaporador.

Durante o ciclo de degelo, a válvula de alívio de pressão OFV ⑮ abre automaticamente de acordo com a pressão diferencial. A válvula de alívio de pressão permite que o gás quente condensado do evaporador seja liberado para dentro da linha de sucção úmida. A OFV também poderia ser substituída por um regulador de pressão ICS+CVP dependendo da capacidade ou por uma válvula de bóia de alta pressão SV1/3 que apenas drena o líquido para o lado de baixa pressão.

Quando a temperatura no evaporador (medida pela AKS 21 ⑲) alcança o valor de ajuste, o degelo está terminado, a solenoide piloto da ICS ⑫ é fechada, e a válvula solenoide de dois estágios GPLX ⑧ é aberta.

Após a GPLX estar totalmente aberta, a solenoide piloto de fornecimento de líquido da ICS ③ abrirá para reiniciar o ciclo de refrigeração. O ventilador entra em operação após um retardo para congelar as gotículas de líquido que permaneceram na superfície do evaporador.

A válvula solenóide reguladora de nível de líquido modulante de dois estágios operada por gás ICLX possui a mesma função (Válvula solenoide de dois estágios) como uma GPLX. A GPLX/ICLX tem a capacidade de apenas 10% da alta pressão diferencial, permitindo que a pressão seja equalizada antes da abertura total para assegurar uma operação suave e evitar golpes de líquido na linha de sucção.

	Válvula de alívio de pressão - OFV
Material	Corpo: aço
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717
Faixa de temperatura do meio [°C]	50 a 150
Pressão máxima de trabalho [bar]	40
DN [mm]	20/25
Faixa de pressão diferencial de abertura [bar]	2 a 8

Exemplo de aplicação 5.4.3:
Evaporador com circulação por bomba, com sistema de degelo por gás quente, completamente soldado, utilizando estação de válvula de controle ICF e válvula e ICS com CVP

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)

- ① Linha do líquido ICF, com:
-
- Válvula de bloqueio na entrada de líquido ICFS
 - Filtro ICFF
 - Válvula solenoide ICFE
 - Válvula de retenção ICFC
 - Válvula de expansão manual ICFR
 - Conexão de solda ICFW

- ② Válvula de bloqueio na entrada do evaporador

- ③ Regulador de pressão (válvula motorizada) ICM

- ④ Válvula de bloqueio na linha de sucção

- ⑤ Linha de gás quente ICF, com:

-
- Válvula de bloqueio ICFS
 - Filtro ICFF
 - Válvula solenoide ICFE
 - Válvula de bloqueio ICFS

- ⑥ Válvula de retenção CHV

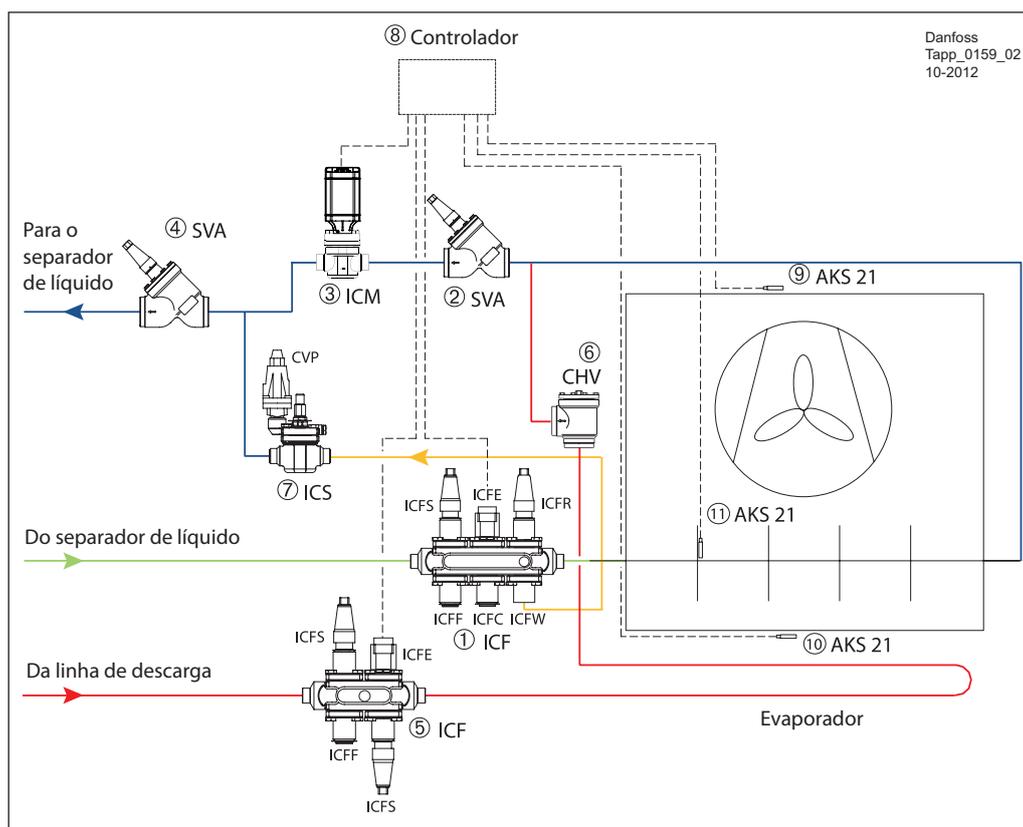
- ⑦ Regulador de pressão ICS(CVP)

- ⑧ Controlador

- ⑨ Sensores de temperatura AKS21

- ⑩ Sensores de temperatura AKS21

- ⑪ Sensores de temperatura AKS21



O exemplo de aplicação 5.4.3 mostra uma instalação para evaporadores de circulação por líquido bombeado com degelo por gás quente utilizando a nova Estação de válvulas de controle ICF.

A ICF acomodará até seis módulos distintos montados no mesmo corpo, oferecendo uma solução de controle de fácil instalação.

Ciclo de Refrigeração

A válvula solenoide ICFE na ICF ① na linha de líquido é mantida aberta. A injeção de líquido é controlada pela válvula reguladora manual ICFR na ICF ①.

A válvula motorizada ICM ③ na linha de sucção é mantida aberta e a válvula solenoide de degelo ICFE na ICF ⑤ é mantida fechada.

Ciclo de Degelo

Após a iniciação do ciclo de degelo, é fechado o fornecimento de líquido pelo módulo solenoide ICFE da válvula ICF ①. O ventilador é mantido funcionando por 120 a 600 segundos, dependendo do tamanho do evaporador para bombear o líquido do evaporador.

Os ventiladores são parados e a válvula ICM fechada. Um atraso de 10 a 20 segundos será necessário para que o líquido no evaporador se estabilize na parte inferior sem bolhas de vapor. A válvula solenoide ICFE na ICF ⑤ é então aberta e fornece gás quente ao evaporador.

Durante o ciclo de degelo, o gás quente condensado do evaporador é injetado para o lado de baixa pressão. A pressão de degelo é controlada pela ICS+CVP ⑦.

Quando a temperatura no evaporador (medida pela AKS 21) alcança o valor de ajuste, o degelo está terminado, a válvula solenoide ICFE na ICF ⑤ é fechada e, após algum atraso, a válvula motorizada ICM ③ é aberta.

Devido à elevada pressão diferencial entre o evaporador e na linha de sucção, é necessário aliviar a pressão lentamente, permitindo que a pressão seja equalizada antes de abrir completamente para assegurar o bom funcionamento e evitar líquido na linha de sucção.

A vantagem de usar a válvula motorizada ICM ③ é que a pressão de descongelamento pode ser equalizada através da abertura lenta da válvula. Uma forma de baixo custo para fazer isso é usar o modo ICM liga/desliga(ON/OFF) e selecionar uma velocidade muito baixa. Isso também pode ser obtido utilizando o modo de modulação assim a PLC controla totalmente o grau e velocidade de abertura.

Após a ICM estar totalmente aberta, a válvula solenoide de fornecimento de líquido ICFE na ICF ① abrirá para iniciar o ciclo de refrigeração. O ventilador entra em operação após um retardo para congelar as gotículas de líquido que permaneceram na superfície do evaporador.

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

5.5
Sistemas com múltiplas
temperaturas

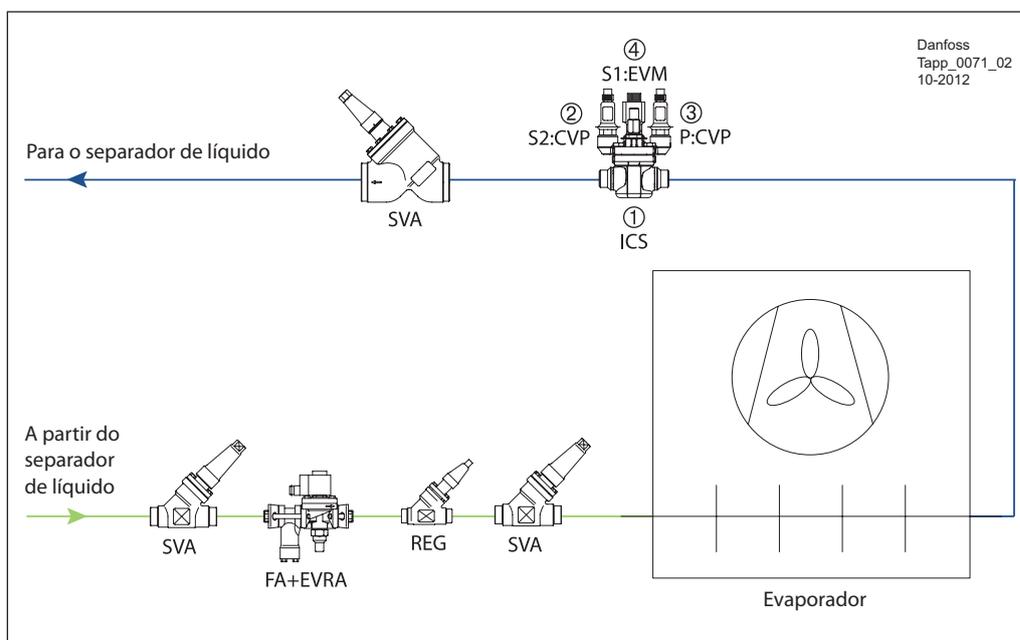
Na indústria de processos, é muito comum utilizar um evaporador para diferentes ajustes de temperatura.

Quando for necessária a operação de um evaporador em duas pressões distintas e fixas de evaporação, isso pode ser obtido utilizando uma válvula servo-operada por piloto ICS com dois pilotos de pressão constante.

Exemplo de aplicação 5.5.1:
Controle da pressão de
evaporação, comutação
entre duas pressões

■ Mistura de líquido/vapor refrigerante
■ Refrigerante líquido a baixa pressão (LP)

- ① Válvula reguladora de pressão ICS
- ② Válvula piloto reguladora de pressão CVP
- ③ Válvula piloto reguladora de pressão CVP
- ④ Válvula solenoide piloto EVM



Danfoss
Tapp_0071_02
10-2012

O exemplo de aplicação 5.5.1 mostra uma solução para controlar duas pressões de evaporação em evaporadores. Esta solução pode ser utilizada para evaporadores de expansão direta ou de circulação por líquido bombeado com qualquer tipo de sistema de degelo.

A válvula servo-operada por piloto ICS é equipada com uma solenoide piloto EVM (NC) na entrada S1 e dois pilotos de pressão constante CVP nas entradas S2 e P, respectivamente.

A CVP na entrada S2 é ajustada para a pressão de operação mais baixa e a CVP na entrada P é ajustada para a pressão de operação mais alta.

Quando a válvula solenoide na entrada S1 for energizada, a pressão do evaporador seguirá o ajuste da válvula piloto CVP na entrada S1. Quando a válvula solenoide for desenergizada, a pressão do evaporador seguirá o ajuste da válvula piloto CVP na entrada P.

Exemplo:

	I	II
Temperatura do ar de saída	+3°C	+8°C
Temperatura de evaporação	-2°C	+2°C
Mudança de temperatura	5K	6K
Refrigerante	R717	R717
Pressão de evaporação	3,0	3,6

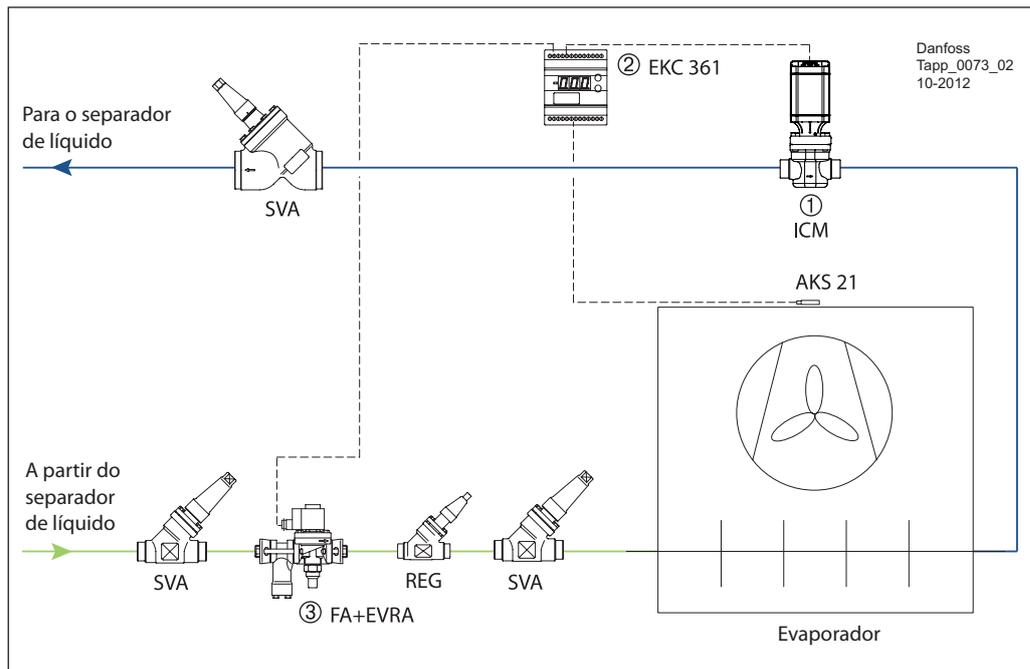
- S2: A CVP é pré-ajustada em 3,0 bar, e
- P: A CVP é pré-ajustada em 3,6 bar.

- I: A válvula solenoide piloto EVM abre. Desta forma, a pressão de evaporação é controlada pela S2: CVP.
- II: A válvula solenoide piloto EVM fecha. Portanto, a pressão de evaporação é controlada por P: CVP.

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 5.6.2:
Controle da temperatura do meio utilizando uma válvula operada por ação direta

- Mistura de líquido/vapor refrigerante
 - Refrigerante líquido a baixa pressão (LP)
- ① Regulador de pressão (válvula motorizada) ICM
 - ② Controlador EKC361
 - ③ Válvula solenoide com filtro FA+EVRA



O exemplo de aplicação 5.6.2 mostra uma solução para o controle preciso da temperatura do meio sem controle de início/parada de operação.

Este sistema pode ser utilizado para evaporadores de expansão direta ou de circulação por líquido bombeado com qualquer tipo de sistema de degelo.

Foi selecionado o tipo de válvula motorizada ICM controlada pelo controlador de temperatura de meio EKC 361.

O controlador de temperatura de meio EKC 361 controlará a temperatura na aplicação no nível desejado, controlando o grau de abertura da válvula motorizada ICM, portanto, controlando a pressão de evaporação para que corresponda à temperatura e carga de refrigeração necessária.

Esta solução controlará a temperatura do meio com uma precisão de +/- 0,25°C. Se a temperatura cair abaixo desta faixa, o controlador EKC poderá fechar a válvula solenoide na linha do líquido.

O controlador de temperatura de meio EKC 361 controlará todas as funções do evaporador, inclusive o termostato e alarmes.

Para obter mais detalhes, consulte o manual do controlador EKC 361.

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

5.7
Resumo

Solução	Aplicação	Benefícios	Limitações
---------	-----------	------------	------------

Controle da Expansão Direta

Evaporador de expansão direta. Controle de expansão termostática com TEA, EVRA e EKC 202		Todos os sistemas de expansão direta.	Instalação simples sem separador e sistema de bomba.	Capacidade e eficiência inferior as dos sistemas circulados; solução não adequada para refrigerantes inflamáveis.
Evaporador de expansão direta, controle de expansão eletrônica com ICM/ICF, EVRA e KC 315A		Todos os sistemas de expansão direta.	Superaquecimento otimizado; resposta rápida; possível controlar remotamente; ampla faixa de capacidade.	Solução não adequada para refrigerantes inflamáveis.

Controle da Circulação do Líquido Bombeado

Evaporador de circulação de líquido bombeado, controle de expansão com REG, EVRA e EKC 202.		Sistemas de circulação por bomba.	Evaporador de alta capacidade e eficiência.	Flutuações e grande carga de refrigerante.
---	--	-----------------------------------	---	--

Controle de Degelo por Gás Quente - Evaporadores a Ar de expansão direta

Evaporador de expansão direta, com degelo por gás quente		Todos os sistemas de expansão direta.	Degelo rápido; o gás quente é capaz de carregar o óleo deixado no evaporador de baixa temperatura.	Inadequado para sistemas com menos de 3 evaporadores.
--	--	---------------------------------------	--	---

Controle de Degelo por Gás Quente - Evaporadores a Ar com Circulação por Líquido Bombeado

Evaporador de circulação por líquido bombeado, com sistema de degelo por gás quente		Todos os sistemas circulados por bomba.	Degelo rápido; o gás quente é capaz de carregar o óleo deixado no evaporador de baixa temperatura.	Inadequado para sistemas com menos de 3 evaporadores.
Evaporador de circulação por líquido bombeado, com sistema de degelo por gás quente controlado por SV1/3		Todos os sistemas circulados por bomba.	Degelo rápido; o gás quente é capaz de carregar o óleo deixado no evaporador de baixa temperatura; a válvula de bóia é eficiente e estável no ajuste do fluxo de gás quente.	Inadequado para sistemas com menos de 3 evaporadores.

Sistemas com múltiplas temperaturas de mudança

Controle Multitemperatura com ICS e CVP		Evaporadores que precisam operar sob diferentes níveis de temperatura.	O evaporador é capaz de comutar entre 2 diferentes níveis de temperatura.	Queda de pressão na linha de sucção.
---	--	--	---	--------------------------------------

Controle da Temperatura do Meio

Controle da temperatura do meio com ICS, CVQ e CVP		Controle da temperatura bem preciso, aliado com proteção de pressão mínima (Congelamento). Opção de funcionar em temperaturas diferentes.	A CVQ controlará precisamente a temperatura; a CVP é capaz de manter a pressão acima do nível mínimo necessário.	Queda de pressão na linha de sucção.
Controle da temperatura do meio com válvula motorizada ICM		Controle da temperatura bem preciso. Opção de funcionar em temperaturas diferentes.	A ICM controlará a temperatura de forma bem precisa ajustando o grau de abertura.	A capacidade máxima é de ICM 65.

**5.8
Documentos de Referência**

Para uma ordem alfabética de todos os documentos de referência ir para a página 146

Folheto / Manual Técnico

Tipo	Nº da Literatura	Tipo	Nº da Literatura
AKS 21	RK0YG	FIA	PD.FN1.A
AKS 33	RD5GH	GPLX	PD.B00.A
AKVA	PD.VA1.B	ICF	PD.FT1.A
CVP	PD.HN0.A	ICM	PD.HT0.B
CVQ	PD.HN0.A	ICS	PD.HS2.A
EVM	PD.HN0.A	NRVA	PD.FK0.A
EKC 202	RS8DZ	OFV	PD.HQ0.A
EKC 315A	RS8CS	ICLX	PD.HS1.A
EKC 361	RS8AE	REG	PD.KM1.A
EVRA(T)	PD.BM0.B	SV 1-3	PD.GE0.B
FA	PD.FM0.A	SVA	PD.KD1.A
		TEA	PD.AJ0.A

Instruções do produto

Tipo	Nº da Literatura	Tipo	Nº da Literatura
AKS 21	RI14D	FIA	PI.FN1.A
AKS 32R	PI.SB0.A	GPLX	PI.B00.A
AKS 33	PI.SB0.A	ICF	PI.FT0.C
AKVA	PI.VA1.C / PI.VA1.B	ICM 20-65	PI.HT0.A
CVP	PI.HN0.C	ICM 100-150	PI.HT0.B
CVQ	PI.VH1.A	ICS 25-65	PI.HS0.A
EVM	PI.HN0.N	ICS 100-150	PI.HS0.B
EKC 202	RI8JV	NRVA	PI.FK0.A
EKC 361	RI8BF	OFV	PI.HX0.B
EVRA(T)	PI.BN0.L	ICLX	PI.HS1.A/B
FA	PI.FM0.A	REG	PI.KM1.A
		SV 1-3	PI.GE0.C
		SVA	PI.KD1.A
		TEA	PI.AJ0.A

Para baixar a última versão da literatura, visite o site da Danfoss.

6. Sistemas de lubrificação

Geralmente os compressores para refrigeração industrial são lubrificados com óleo, que é forçado pela bomba de óleo ou pelas diferenças de pressão entre os lados de alta e baixa pressão para as partes móveis dos compressores (mancais, rotores, paredes dos cilindros, etc.). Para garantir uma operação confiável e eficiente do compressor os seguintes parâmetros de óleo devem ser controlados:

- Temperatura do óleo. A temperatura do óleo deve ser mantida dentro dos limites especificados pelo fabricante. O óleo deve ter a viscosidade correta e a temperatura deve ser mantida abaixo do ponto de ignição.
- Pressão do óleo. A diferença de pressão do óleo deve ser mantida acima do nível mínimo aceitável.

Geralmente há alguns componentes e equipamentos de suporte dentro do sistema de refrigeração para a limpeza do óleo, separação do óleo do refrigerante,

retorno do óleo do lado de baixa pressão, equalização do nível de óleo em sistemas com compressores operados por diversos pistões e pontos de drenagem de óleo. A maioria destes itens é fornecida pelo fabricante do compressor.

O projeto do sistema de óleo de uma instalação de refrigeração industrial depende do tipo de compressor (parafuso ou alternativos) e do refrigerante (amônia ou HFC/HCFC ou CO₂). Normalmente o tipo de óleo não miscível é utilizado para a amônia e miscível para refrigerantes fluorados.

Como os sistemas de óleo são muito relacionados com compressor, alguns dos pontos mencionados acima foram descritos em controles de compressor (seção 2) e sistemas de segurança (seção 7).

6.1 Resfriamento do óleo

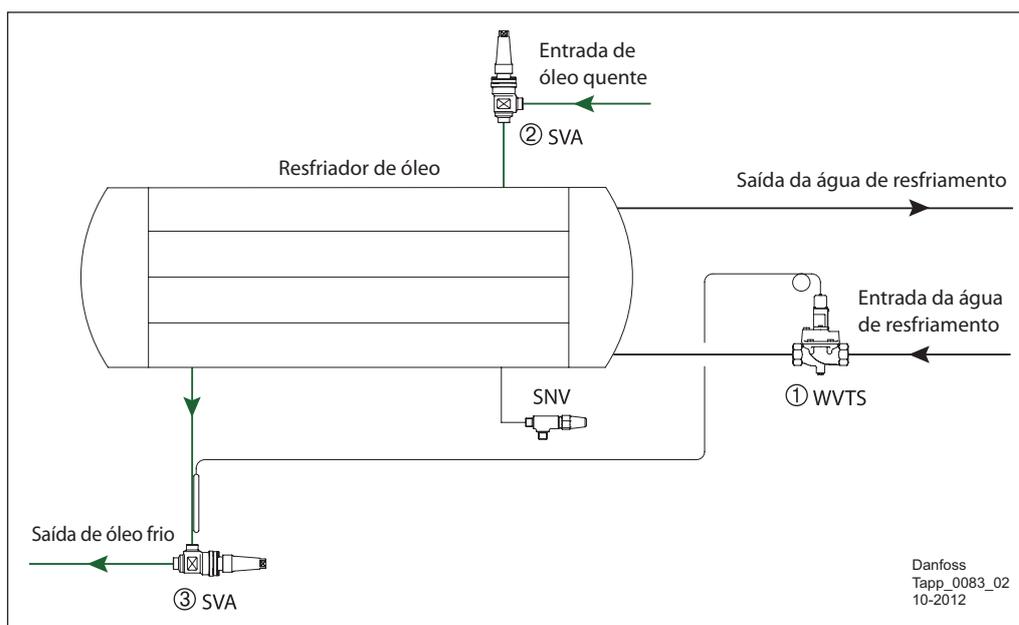
Os compressores de refrigeração (inclusive todos os compressores parafuso e alguns compressores alternativos) geralmente necessitam de refrigeração do óleo. Temperaturas de descarga muito altas podem destruir o óleo, o que pode causar danos ao compressor. É também de grande importância que o óleo tenha a viscosidade correta, o que depende em grande parte do nível da temperatura. Não basta apenas manter a temperatura abaixo do limite crítico, é necessário controlá-la. Normalmente, a temperatura do óleo é especificada pelo fabricante do compressor.

Há alguns diferentes tipos de sistemas de resfriamento de óleo utilizados em refrigeração. Os tipos mais comuns são:

- resfriamento a água
- resfriamento a ar
- resfriamento por termosifão

O óleo também pode ser resfriado pela injeção do líquido refrigerante diretamente na entrada intermediária do compressor. Para compressores alternativos é muito comum não ter nenhum sistema de refrigeração do óleo, já que a temperatura é menos crítica do que para compressores parafusos, sendo então o óleo resfriado no cárter.

Exemplo de aplicação 6.1.1:
Resfriamento de óleo com água



— Água
— Óleo

- ① Válvula de água WVTS
- ② Válvula de bloqueio
- ③ Válvula de bloqueio

Estes tipos de sistemas são normalmente utilizados em instalações onde é possível obter água a baixo custo. Caso contrário, será necessário instalar uma torre de resfriamento para resfriar a água. Os resfriadores de óleo refrigerado por água são muito comuns para a refrigeração de instalações no mar.

Entre em contato com sua empresa local de vendas da Danfoss para verificar a disponibilidade de componentes a serem utilizados com água marinha como o meio de refrigeração.

O fluxo de água é controlado pela válvula de água tipo WVTS ①, que controla o fluxo de água de acordo com a temperatura do óleo.

Dados técnicos

	Válvula de água - WVTS
<i>Materiais</i>	Corpo da válvula: ferro fundido
<i>Meio</i>	Água fresca, salmoura neutra
<i>Pressão máxima de trabalho [bar]</i>	10
<i>Faixa de temperatura de operação [°C]</i>	Bulbo: 0 a 90 Líquido: -25 a 90
<i>DN [mm]</i>	32 a 100
<i>Valor máx. K_v [m³/h]</i>	12,5 a 125

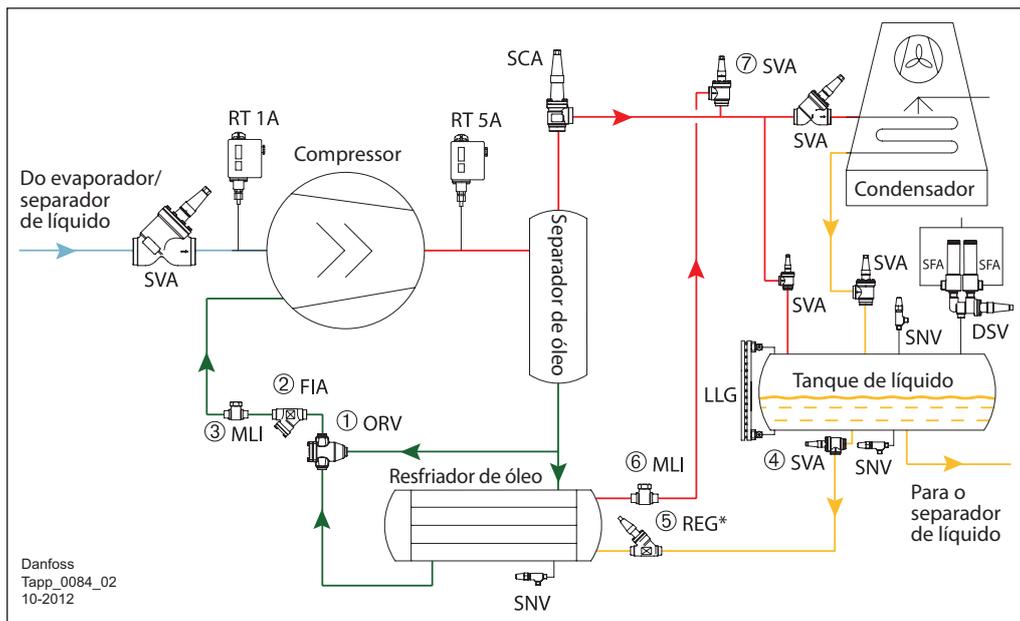
	Válvula de água - AVTA
<i>Meio</i>	Água fresca, salmoura neutra
<i>Pressão máxima de trabalho [bar]</i>	16
<i>Faixa de temperatura de operação [°C]</i>	Bulbo: 0 a 90 Líquido: -25 a 130
<i>DN [mm]</i>	10 a 25
<i>Valor máx. K_v [m³/h]</i>	1,4 a 5,5

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 6.1.2:
Resfriamento do óleo por termosifão

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Óleo

- ① Válvula reguladora de óleo de três vias ORV
- ② Filtro FIA
- ③ Visor de nível (de vidro)
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Válvula de regulagem manual REG
- ⑥ Visor de nível (de vidro) MLI
- ⑦ Válvula de bloqueio



Estes tipos de sistemas são muito convenientes já que o óleo é resfriado dentro do sistema. Basta superdimensionar o condensador para suportar a quantidade de aquecimento recebida do resfriador de óleo. Por outro lado, o resfriamento de óleo por termosifão requer uma tubulação adicional no local e às vezes é necessário também instalar um vaso de suprimento adicional (em casos onde o tanque de líquido estiver colocado muito baixo ou não estiver instalado).

O refrigerante líquido de alta pressão flui do tanque de líquido devido à força da gravidade para o resfriador de óleo onde se evapora e refrigera o óleo. O vapor refrigerante volta para o recipiente ou, em certos casos, para a entrada do condensador. É crítico que a queda de pressão na alimentação e na tubulação de retorno seja mínima.

Caso contrário, o refrigerante não retornará do resfriador de óleo e o sistema não funcionará. Somente um número mínimo de válvulas de bloqueio SVA deve ser instalada. Não são permitidas válvulas solenoides dependentes de pressão. Na tubulação de retorno recomenda-se a instalação de um visor de nível de óleo MLI ⑥.

A temperatura do óleo é mantida no nível correto pela válvula reguladora de óleo de três vias ORV ①. ORV mantém a temperatura do óleo dentro dos limites definidos pelo elemento termostático. Se a temperatura do óleo aumentar muito então todo o óleo retornará para o resfriador de óleo. Se a temperatura do óleo estiver muito baixa, então todo o óleo será desviado do resfriador a óleo.

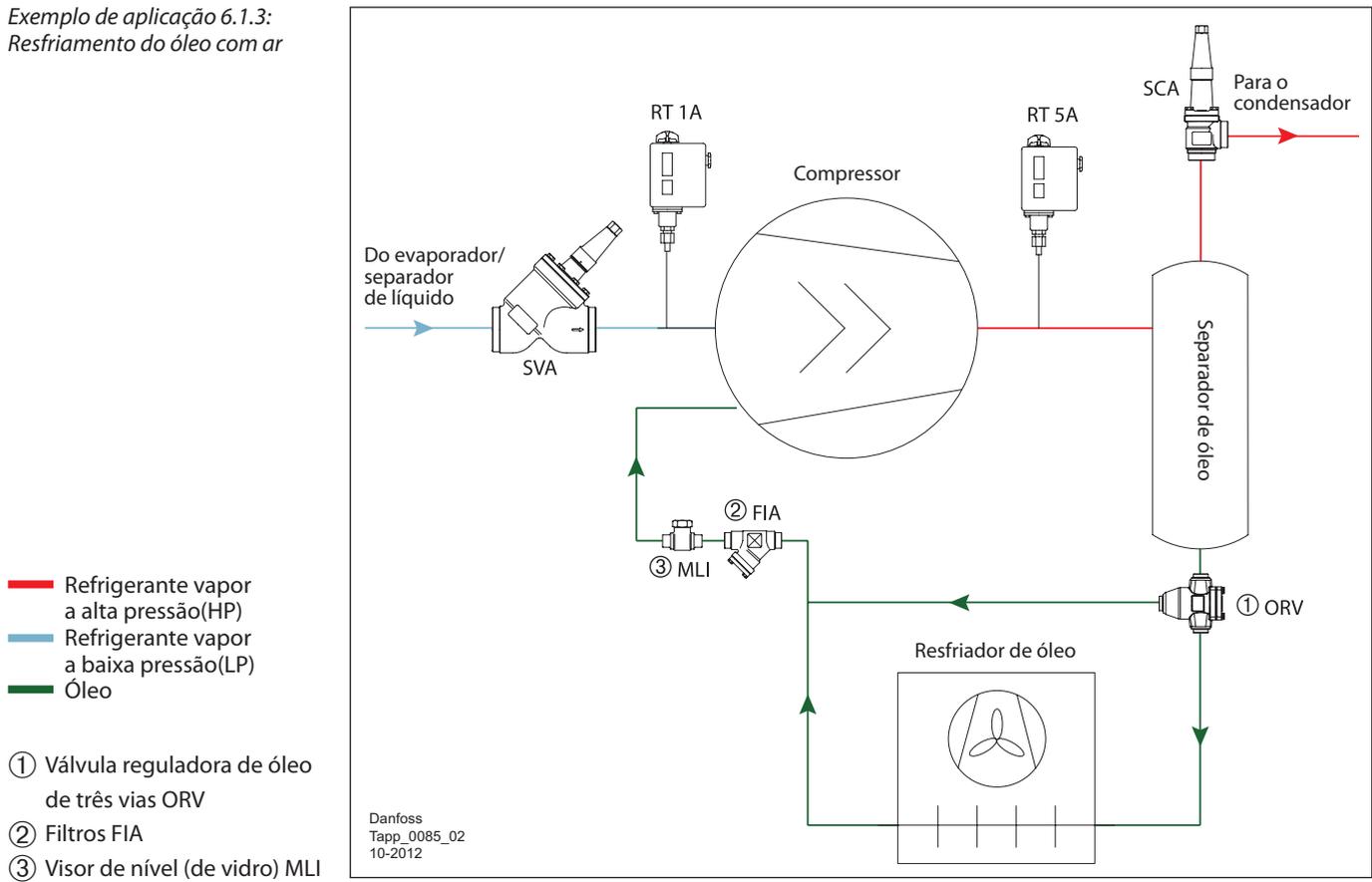
* A válvula de regulagem REG pode ser útil no caso de resfriador de óleo muito superdimensionado.

Dados técnicos

	Válvula de regulagem de óleo de três vias – ORV
Materials	Corpo da válvula: Aço resistente a baixa temperatura
Meio	Todos os óleos de refrigeração comum e refrigerantes comuns, inclusive o R717
Pressão máxima de trabalho [bar]	40
Faixa de temperatura [°C]	Operação contínua: -10 a 85 Operação curta: -10 a 120
DN [mm]	25 a 80

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 6.1.3:
Resfriamento do óleo com ar



É bastante comum utilizar resfriadores de óleo resfriados a ar em unidades compressoras com compressor parafuso semi-hermético em blocos de refrigeração.

Neste caso, a ORV divide o fluxo proveniente do separador de óleo e executa o controle de acordo com a mudança da temperatura de descarga do óleo.

A válvula de temperatura do óleo é controlada pela válvula de regulação de óleo ORV de três vias ①.

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

6.2
Controle de Pressão
Diferencial do Óleo

Durante a operação normal do compressor de refrigeração, o óleo é circulado pela bomba de óleo e/ou pressão diferencial entre os lados de alta pressão(HP) e baixa pressão(LP). O estágio mais crítico é durante a partida.

É de vital importância ter uma formação de pressão de óleo rápida, caso contrário o compressor pode ser danificado.

Há duas formas básicas de formar rapidamente pressão diferencial de óleo no compressor de refrigeração.

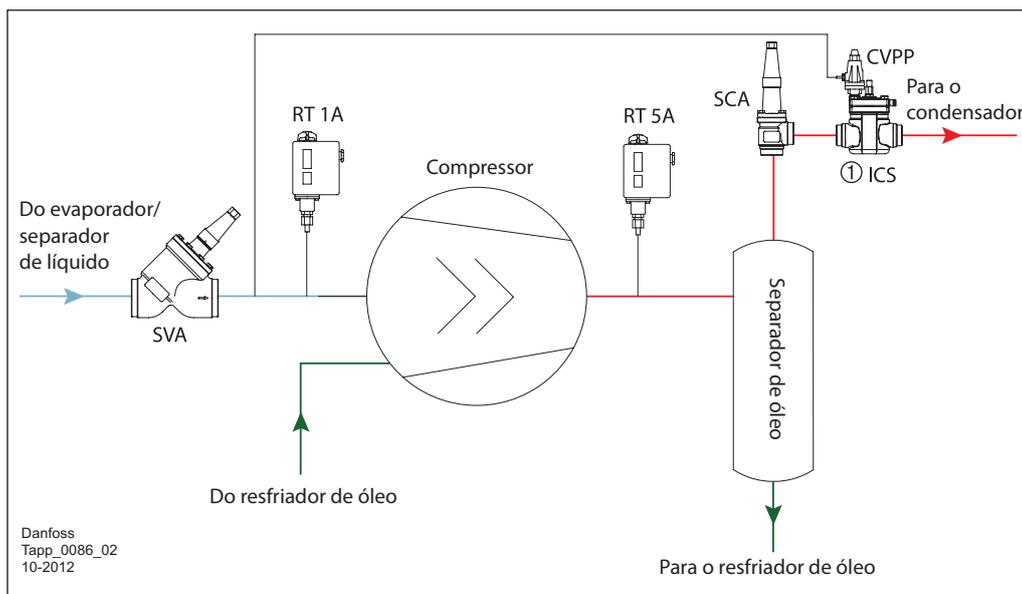
Primeiro é a de utilizar uma bomba de óleo externa e a segunda de instalar uma válvula de controle na linha de descarga do compressor após o separador de óleo.

No último método é necessário verificar se o fabricante do compressor permite alguns segundos de operação a seco. Normalmente isto é possível para compressores parafuso com rolamentos esféricos, mas impossível para aqueles com rolamentos deslizantes.

Exemplo de aplicação 6.2.1:
Controle da pressão diferencial de óleo com ICS e CVPP

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Óleo

① Regulador de pressão diferencial



Nesta aplicação, deve-se utilizar uma válvula servo-operada por piloto ICS ① completa com piloto diferencial CVPP. A linha piloto da válvula CVPP é conectada à linha de sucção antes do compressor. A ICS ① é fechada no momento da partida do compressor.

A maior vantagem desta solução é a sua flexibilidade, já que a pressão diferencial pode ser reajustada no local e a ICS também pode exercer outras funções utilizando outros pilotos.

Como a tubulação entre o compressor e a válvula é muito pequena, a pressão de descarga aumenta rapidamente. É necessário muito pouco tempo para que a válvula abra totalmente e o compressor funcione sob condições normais.

Dados técnicos

	Válvula servo-operada por piloto ICS
Material	Corpo: Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717 e R744
Faixa de temperatura do meio [°C]	-60 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	52
DN [mm]	20 a 150
Capacidade nominal* [kW]	20 a 4000

* Condições: R717, linha de gás quente, T_{liq} = 30°C, P_{disch.} = 12bar, ΔP = 0.2bar, T_{disch.} = 80°C, T_e = -10°C

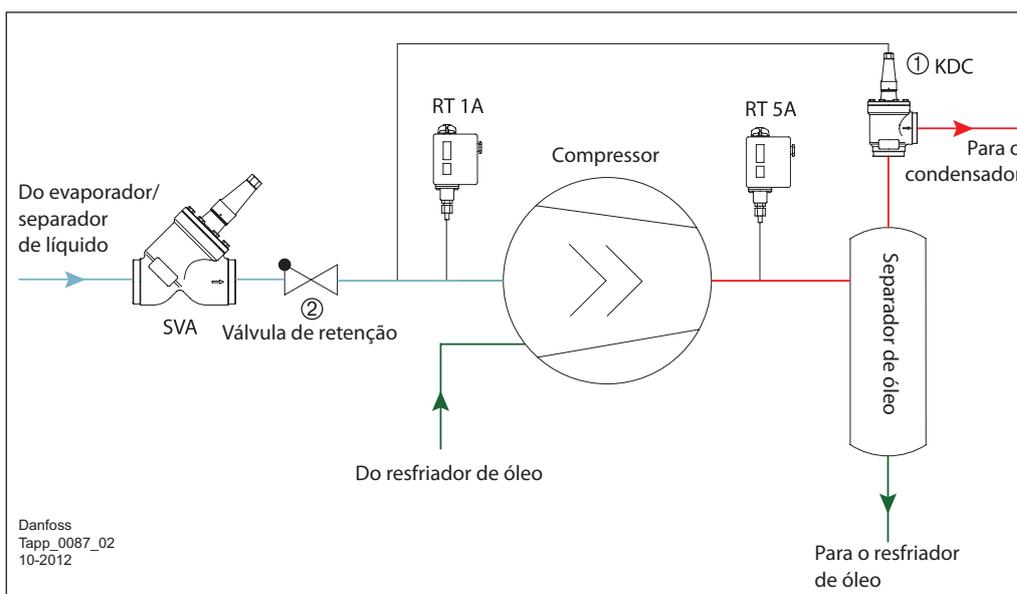
	Válvula piloto de pressão diferencial-CVPP
Material	Corpo: aço inoxidável
Refrigerantes	Todos os refrigerantes não inflamáveis comuns incl. R717
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	CVPP baixa pressão(LP): 17 CVPP alta pressão(HP): até 40
Faixa de ajuste [bar]	CVPP baixa pressão(LP): 0 a 7 CVPP alta pressão(HP): 0 a 22
K _v , valor m ³ /h	0,4

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 6.2.2:
Controle de Pressão Diferencial do Óleo com KDC

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Óleo

- ① Regulador de pressão diferencial KDC
- ② Válvula de retenção (normalmente instalada no compressor)



O princípio de operação para este exemplo é o mesmo que para o exemplo 6.2.1. A válvula do compressor multifunção KDC ① abre até a diferença de pressão entre o separador de óleo e a linha de sucção exceder o valor de ajuste e ao mesmo tempo quando a pressão no separador de óleo for maior que a pressão de condensação.

A válvula KDC ① tem algumas vantagens, pois pode também operar como uma válvula de retenção (não pode ser aberta pela contrapressão) e provê uma pequena perda de pressão quando aberta.

No entanto, a KDC ① também apresenta algumas limitações. A válvula não é ajustável e há um número limitado de ajustes de pressão diferencial disponível, sendo necessário ter a válvula de retenção ② na linha de sucção.

Se esta válvula de retenção não estiver presente, poderá haver grande vazão no contrafluxo, proveniente do separador de óleo, através do compressor. Não é tampouco permitido ter uma válvula de retenção entre o compressor e o separador de óleo; caso contrário, poderá levar muito tempo para fechar a KDC.

Dados técnicos

	Válvula multifunção - KDC
Material	Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717
Faixa de temperatura do meio [°C]	50 a 150
Pressão máxima de trabalho [bar]	40
DN [mm]	65 a 200
Capacidade nominal* [kW]	435 a 4207

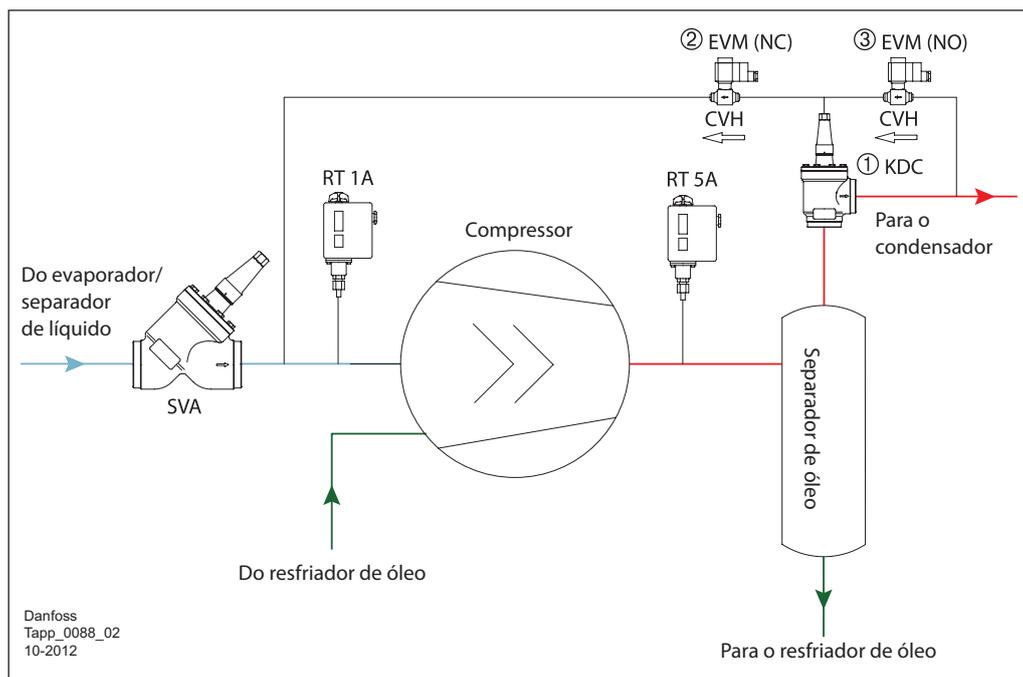
* Condições: R717, +35°C/-15°C, ΔP = 0.05bar

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 6.2.3:
Controle de Pressão Diferencial
do Óleo com KDC e pilotos EVM

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Óleo

- ① Válvula do compressor multifuncional KDC
- ② Solenoide piloto NF (normalmente fechada) CVH+EVM(NC)
- ③ Solenoide piloto NA (normalmente aberta) CVH+EVM(NO)



Quando não houver possibilidade de instalação da válvula de retenção na linha de sucção ou houver uma válvula de retenção entre o compressor e o separador de óleo, é possível utilizar a KDC ① equipada com válvulas solenoide piloto EVM.

Estes pilotos EVM são instalados em linhas externas utilizando corpos CVH, conforme ilustrados. Durante a partida do compressor o sistema funciona como no exemplo anterior (6.2.2).

Quando o compressor parar, a EVM NF(NC) ② deverá ser fechada e a EVM NA(NO) ③ aberta. Isto equaliza a pressão sobre a mola da KDC, fechando a válvula.

Observe a direção de instalação das válvulas pilotos CVH e EVM.

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

6.3
Sistemas de Recuperação de Óleo

Os compressores dentro de sistemas de refrigeração industrial a amônia geralmente são os únicos componentes que requerem lubrificação a óleo. Portanto, a função do separador do óleo do compressor é evitar que qualquer porção do óleo lubrificante passe para o sistema de refrigeração.

No entanto, o óleo pode passar através do separador de óleo para o sistema de refrigeração e frequentemente ser coletado no lado da pressão baixa, em separadores e evaporadores de líquido, diminuindo a sua eficiência.

Se houver óleo em demasia passando do compressor para o sistema, o óleo no compressor será reduzido e há, então, um risco do nível de óleo cair abaixo do

limite mínimo especificado pelo fabricante do compressor. Os sistemas de retorno de óleo são primariamente utilizados com refrigerantes que podem ser misturados com o óleo, p.ex., sistemas com HFC/HCFC. Os sistemas de retorno de óleo podem, portanto, ter duas funções:

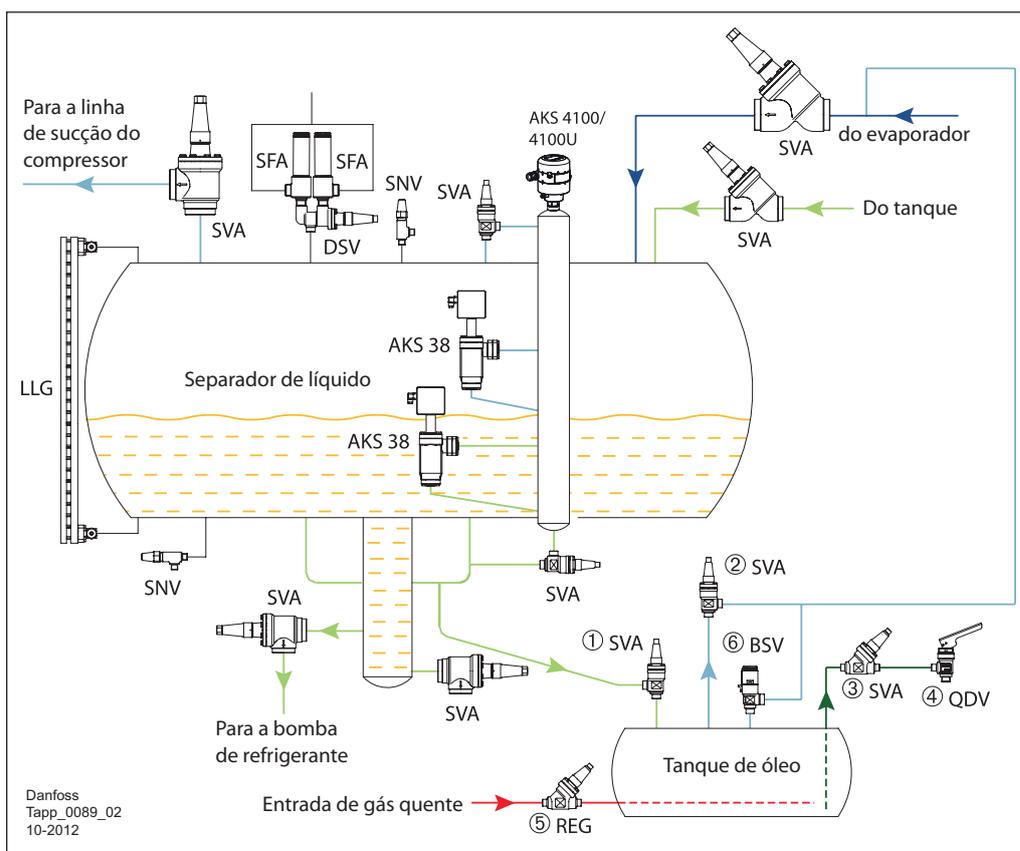
- Remover o óleo do lado da pressão baixa
- Alimentar o óleo de volta para o compressor

Entretanto, é extremamente importante estar ciente de que qualquer óleo removido do lado da pressão baixa do sistema resfriado a amônia é normalmente impróprio para uso posterior no compressor e deve ser removido do sistema de refrigeração e descartado.

Exemplo de aplicação 6.3.1:
Drenagem de óleo de sistemas com amônia

- Refrigerante vapor a alta pressão (HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão (LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão (LP)
- Óleo

- ① Válvula de bloqueio
- ② Válvula de bloqueio
- ③ Válvula de bloqueio
- ④ Válvula de drenagem de óleo com fechamento rápido QDV
- ⑤ Válvula de regulagem REG
- ⑥ Válvula de alívio de segurança BSV



Em sistemas de amônia é utilizado óleo não miscível. Como o óleo é mais pesado que a amônia líquida, ele permanece na parte inferior do separador de líquido e é incapaz de retornar ao compressor através da linha de sucção.

Portanto, o óleo em sistemas com amônia é normalmente drenado do separador de líquido para o tanque de óleo. O óleo é separado da amônia muito facilmente.

Quando drenar o óleo, feche a válvula de bloqueio ① e ②, abra a linha de gás quente, permitindo que o gás quente aumente a pressão e aqueça o óleo frio.

Então drene o óleo utilizando uma válvula de drenagem de óleo de fechamento rápido QDV ④, que pode ser fechada rapidamente após a evacuação do óleo e quando a amônia começar a sair.

A válvula de bloqueio SVA ③ entre o QDV e o tanque deve ser instalada. Esta válvula é aberta antes da evacuação do óleo e fechada em seguida.

Deve ser tomada toda precaução necessária durante a drenagem do óleo da amônia.

Dados técnicos

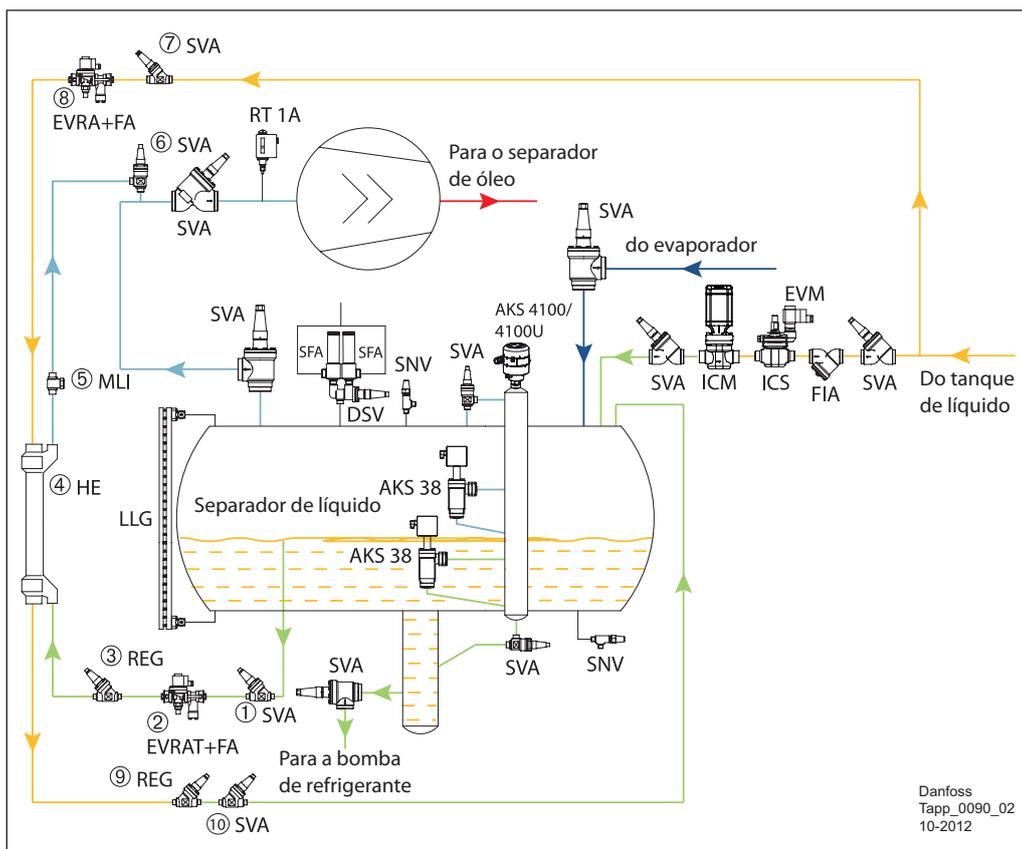
	Válvula de drenagem de óleo de fechamento rápido - QDV
Material	Carcaça: aço
Refrigerantes	Comumente utilizado como R717, aplicável a todos os refrigerantes comuns não inflamáveis.
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 150
Pressão máxima de trabalho [bar]	25
DN [mm]	15

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 6.3.2:
Drenagem de óleo de sistemas com amônia

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)

- ① Válvula de bloqueio
- ② Válvula solenoide EVRA+FA
- ③ Válvula de regulagem REG
- ④ Permutador de calor HE
- ⑤ Visor de nível(de vidro) MLI
- ⑥ Válvula de bloqueio
- ⑦ Válvula de bloqueio
- ⑧ Válvula solenoide EVRA+FA
- ⑨ Válvula de regulagem REG
- ⑩ Válvula de bloqueio



Danfoss
Tapp_0090_02
10-2012

Em sistemas fluorados, o óleo miscível é utilizado predominantemente. Em sistemas utilizando boas práticas de tubulação (declives, loops de óleo, etc.), não é necessário recuperar o óleo, pois ele retorna com o vapor refrigerante.

Entretanto, em instalações de baixas temperaturas o óleo pode permanecer nos vasos de baixa pressão. O óleo é mais leve que o refrigerante fluorado comumente utilizado, desta forma é impossível drená-lo de forma simples como nos sistemas com amônia.

O óleo permanece na parte superior do refrigerante e o nível varia juntamente com o nível do refrigerante.

Neste sistema, o refrigerante move de um separador de líquido para o trocador de calor devido a gravidade.

O refrigerante de baixa pressão é aquecido pelo líquido refrigerante de alta pressão e se evapora.

O vapor refrigerante misturado com o óleo retorna para a linha de sucção. O refrigerante do separador de líquido é tirado a partir do nível de trabalho.

A válvula de regulagem REG ③ é ajustada de tal forma a não haver nenhum vestígio do líquido refrigerante no visor de nível MLI ⑤. O permutador de calor da Danfoss tipo HE poderá ser utilizado para recuperar o óleo.

O refrigerante também pode ser tirado das linhas de descarga com bomba. Neste caso, realmente não importa se o refrigerante é tirado do nível de trabalho ou não.

Dados técnicos

	Trocador de calor - HE
Refrigerantes	Todos os refrigerantes fluorados
Faixa de temperatura do meio [°C]	-60 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	HE0.5, 1.0, 1.5, 4.0: 28 HE8.0: 21,5
DN [mm]	Linha do líquido: 6 a 16 Linha de Sucção: 12 a 42

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

6.4
Resumo

Solução		Aplicação	Benefícios	Limitações
Sistemas de Resfriamento a Óleo				
Resfriamento por água, válvula de água WVTS		Instalações marítimas, instalações com disponibilidade de água a baixo custo.	Simple e eficiente.	Pode ser de alto custo, requer uma tubulação individual de água.
Resfriamento por termosifão, ORV		Todos os tipos de instalações de refrigeração.	O óleo é resfriado por refrigerante sem perda da eficiência da instalação.	Isto requer tubulação extra e um tanque de líquido de alta pressão(HP) instalado na altura definida.
Resfriamento a ar, ORV		Sistemas de refrigeração comercial para serviços pesados com unidades de potência.	Simple, sem a necessidade de tubulação adicional ou de água.	Possibilidade da ocorrência de grandes flutuações na temperatura do óleo em diferentes estações climáticas; o resfriador a ar pode ser muito grande para instalações de grande porte.
Controle de Pressão Diferencial do Óleo				
ICS + CVPP			Flexível, possibilidades de diferentes ajustes	Necessita da instalação de uma válvula de retenção.
KDC		Compressores parafuso (devem ser confirmados pelo fabricante do compressor).	Não requer válvula de retenção na descarga, queda de pressão menor que a solução ICS.	É necessário instalar uma válvula de retenção na linha de sucção, sem a possibilidade de mudança do ajuste.
KDC+EVM			Tal conforme descrito anteriormente, mas não é necessária a instalação de uma válvula de retenção na linha de sucção.	Há a necessidade de uma tubulação externa, sem a possibilidade de mudança do ajuste.
Sistemas de Recuperação de Óleo				
Recuperação de óleo de sistemas com amônia, QDV		Todas as instalações com amônia.	Simple e seguro.	Necessita de operação manual.
Recuperação de óleo de sistemas fluorados, HE		Sistemas fluorados de baixa temperatura.	Não necessita de operação manual.	O ajuste pode ser complicado.

6.5 Documentos de Referência

Para uma ordem alfabética de todos os documentos de referência ir para a página 149

Folheto / Manual Técnico

Tipo	N° da Literatura
BSV	PD.IC0.A
CVPP	PD.HN0.A
EVM	PD.HN0.A
FIA	PD.FN0.A
HE	PD.FD0.A
ICS	PD.HS2.A
KDC	PD.FQ0.A

Tipo	N° da Literatura
MLI	PD.GH0.A
ORV	PD.HP0.B
QDV	PD.KL0.A
REG	PD.KM1.A
SVA	PD.KD1.A

Instruções do produto

Tipo	N° da Literatura
BSV	PI.IC0.A
CVPP	PI.HN0.C
EVM	PI.HN0.N
FIA	PI.FN0.A
HE	PI.FD0.A
ICS 25-65	PI.HS0.A
ICS 100-150	PI.HS0.B
KDC	PI.FQ0.A

Tipo	N° da Literatura
MLI	PI.GH0.A
ORV	PI.HP0.A
QDV	PI.KL0.A
REG	PI.KM1.A
SVA	PI.KD1.A

Para baixar a última versão da literatura, visite o site da Danfoss.

7. Sistemas de segurança

Todos os sistemas de refrigeração industrial são projetados com diferentes sistemas de segurança para protegê-los contra condições inseguras, tal como pressão excessiva.

Toda possibilidade de pressão interna excessiva deve ser evitada ou aliviada com um risco mínimo para pessoas, propriedades e o meio-ambiente.

Os requisitos sobre sistemas de segurança são rigorosamente controlados por autoridades, sendo, portanto, sempre necessário verificar as exigências da legislação local do país em questão.

O dispositivo de alívio de pressão por exemplo, válvulas de alívio de pressão, são projetados para aliviarem automaticamente a pressão excessiva para uma pressão que não exceda o limite máximo permitido e retornarem à condição normal de operação ajustada tão logo a pressão tenha caído abaixo desta pressão permitida.

O dispositivo limitador de temperatura ou somente limitador de temperatura é um dispositivo de atuação por temperatura projetado para evitar temperaturas inseguras, de modo que o sistema possa ser parado parcial ou completamente em caso de defeito ou mau funcionamento.

O limitador de pressão é um dispositivo que protege contra alta ou baixa pressão com reinicialização automática.

Corte de pressão por segurança

Chaves de segurança são projetados para limitarem a pressão com reinicialização manual.

O corte de nível de líquido é um dispositivo atuado por nível de líquido projetado para evitar níveis de líquidos inseguros.

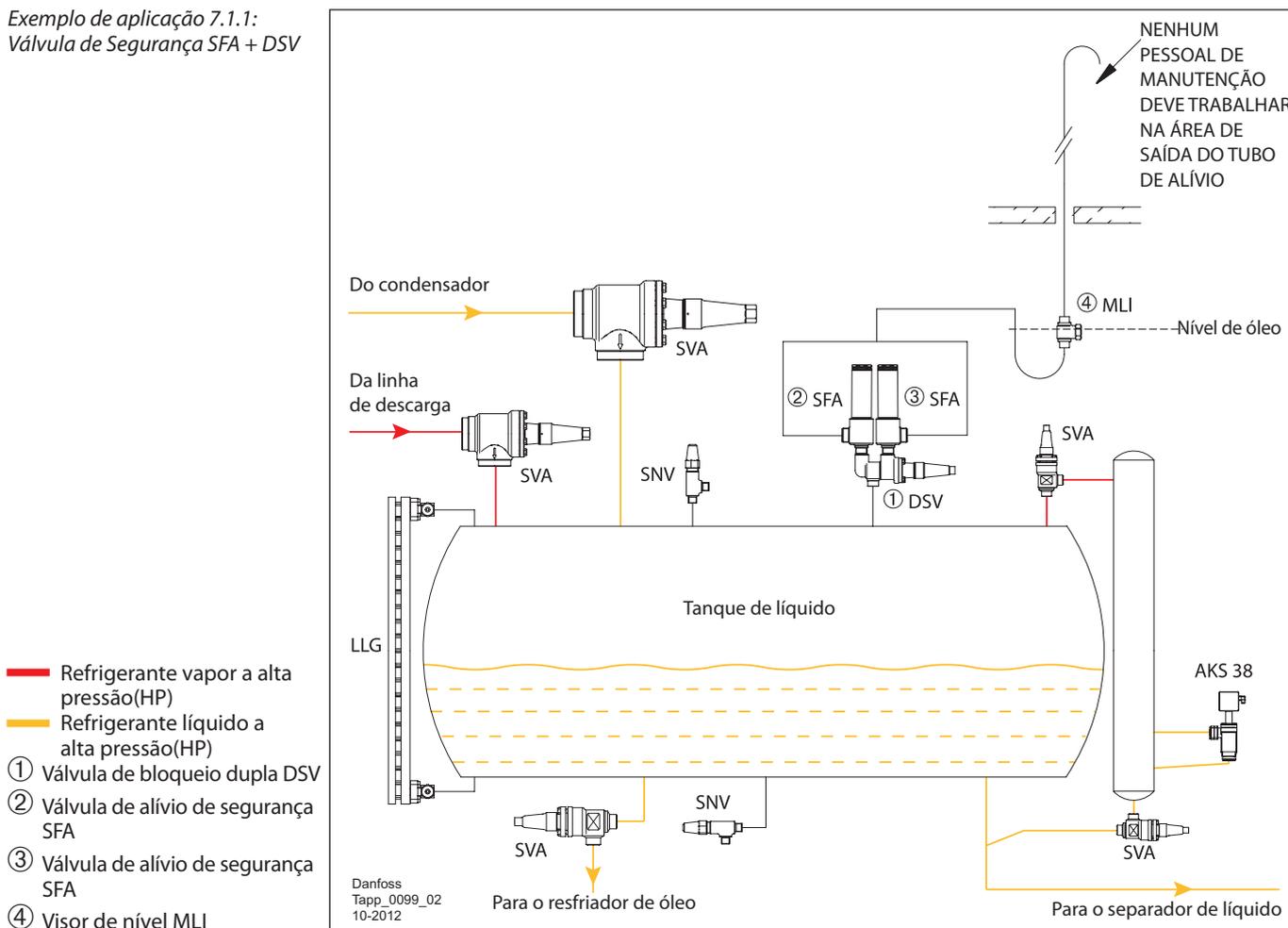
O detector de refrigerante é um dispositivo sensor que responde a uma concentração pré-estabelecida do gás refrigerante no meio ambiente. A Danfoss produz detectores de refrigerantes de tipo GD. Consulte o guia de aplicação específico para obter mais informações.

7.1 Dispositivos de Alívio de Pressão

As válvulas de segurança são instaladas para evitar que a pressão no sistema suba acima da pressão máxima permitida com relação a qualquer componente e ao sistema como um todo. Caso ocorra pressão excessiva, as válvulas de segurança aliviam o refrigerante do sistema de refrigeração.

Os parâmetros principais para as válvulas de segurança são a pressão de alívio e a pressão de reinicialização (retorno à condição de ajuste original). Normalmente, a pressão de alívio não deve exceder mais que 10% a pressão de ajuste. Além disto, se a válvula não conseguir à retornar às condições originais de ajuste ou se o retorno for à uma pressão muito mais baixo do que a original, poderá haver uma perda significativa de refrigerante no sistema.

Exemplo de aplicação 7.1.1:
Válvula de Segurança SFA + DSV



- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- ① Válvula de bloqueio dupla DSV
- ② Válvula de alívio de segurança SFA
- ③ Válvula de alívio de segurança SFA
- ④ Visor de nível MLI

Os dispositivos de alívio de pressão devem ser instalados em todos os vasos do sistema e nos compressores.

Geralmente são utilizadas válvulas de alívio de pressão (SFA) dependentes de contrapressão. As válvulas de segurança devem ser instaladas com uma válvula de bloqueio dupla de 3 vias DSV ①, para permitir a manutenção de uma válvula enquanto a outra estiver em operação.

Os dispositivos de alívio de pressão devem ser montados próximos à parte do sistema que eles estiverem protegendo. Para verificar se a válvula de alívio foi descarregada para a atmosfera uma válvula com um coletor “tubo-U” cheio de óleo e com um visor de nível MLI ④ pode ser instalado depois da válvula.

Observação: Alguns países não permitem a instalação de um coletor “U”.

O tubo de saída da válvula de segurança deve ser projetado de tal forma que as pessoas não corram riscos na eventualidade do refrigerante ser aliviado.

A queda de pressão no tubo de saída para as válvulas de segurança é importante para a função das válvulas. É aconselhável verificar as normas pertinentes às recomendações sobre como dimensionar estes tubos.

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

Dados técnicos

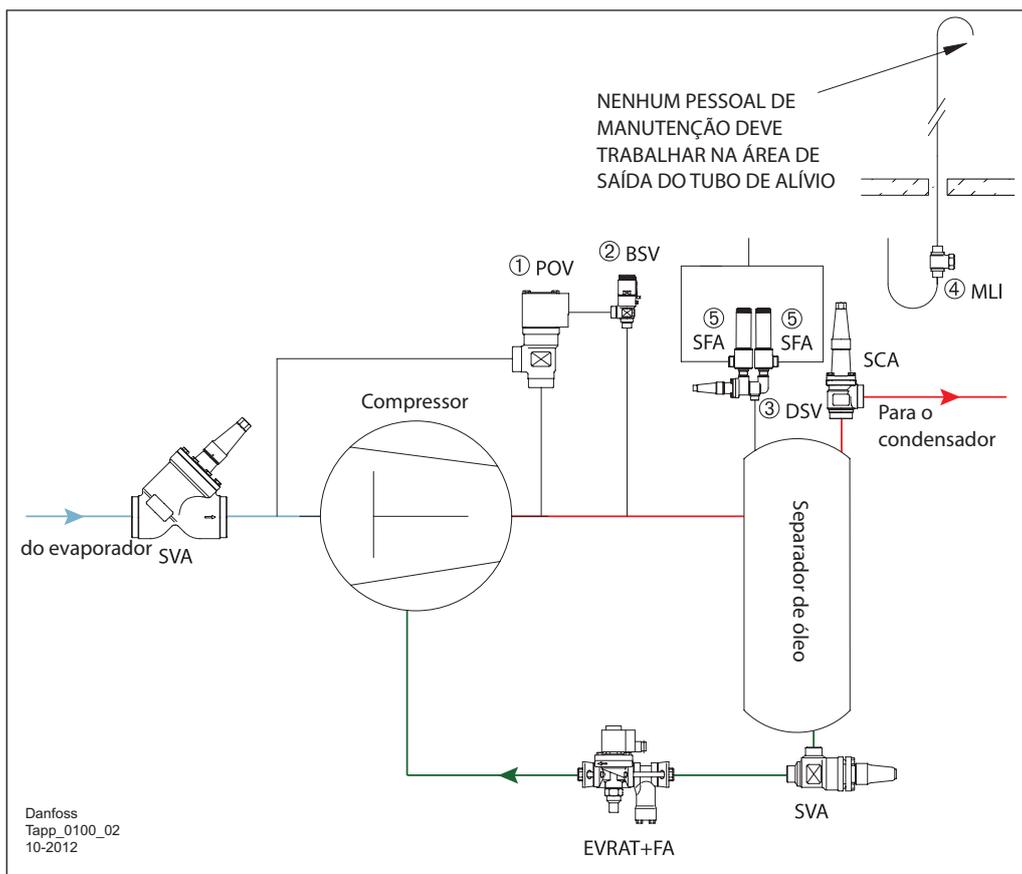
	Válvula de alívio de segurança - SFA 15 (dependentes de contrapressão)
<i>Material</i>	Corpo: Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura.
<i>Refrigerantes</i>	R717, R744 ,HFC, HCFC, e outros refrigerantes (dependendo da compatibilidade com o material de vedação)
<i>Faixa de temperatura do meio [°C]</i>	-30 a 100
<i>Área de fluxo [mm²]</i>	133
<i>Pressão de ajuste [bar]</i>	10 a 40

	Válvula de alívio de segurança - SFV 20-25 (dependentes de contrapressão)
<i>Material</i>	Corpo: Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura.
<i>Refrigerantes</i>	R717, R744 ,HFC, HCFC, e outros refrigerantes (dependendo da compatibilidade com o material da gaxeta)
<i>Faixa de temperatura do meio [°C]</i>	-30 a 100
<i>Área de fluxo [mm²]</i>	SFV 20 : 254 / SFV 25 : 415
<i>Pressão de ajuste [bar]</i>	10 a 25

	Válvula de bloqueio dupla – DSV 1/2
<i>Material</i>	Corpo: Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura..
<i>Refrigerantes</i>	Todos os refrigerantes não inflamáveis comuns incl. R717
<i>Faixa de temperatura do meio [°C]</i>	-50 a 100
<i>Pressão máxima de trabalho [bar]</i>	40
<i>K, valor [m³/h]</i>	DSV1: 17,5 DSV2: 30

Exemplo de aplicação 7.1.2:
Válvulas de alívio de segurança interna - BSV e POV.

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Óleo
- ① Válvula de segurança interna operada por piloto POV
- ② Válvula de segurança interna BSV(PILOTO)
- ③ Válvula de bloqueio dupla DSV
- ④ Visor de nível MLI
- ⑤ Válvula de alívio de segurança SFA



Para aliviar o refrigerante do lado de alta pressão para o lado de baixa pressão somente válvulas de alívio de segurança internas independentes de contrapressão (BSV/ POV) devem ser utilizadas.

A BSV ② pode atuar como uma válvula de alívio de ação direta com baixa capacidade ou como uma válvula piloto para a válvula principal de segurança interna operada por piloto POV ①. Quando a pressão de descarga exceder a pressão de ajuste, a BSV abrirá a POV para aliviar o vapor de alta pressão para o lado de baixa pressão.

As válvulas de alívio independentes de contrapressão são instaladas sem a válvula de bloqueio de 3 vias. Caso seja necessário substituir ou reajustar as válvulas, o compressor deverá ser desligado.

Se for montada uma válvula de bloqueio na linha de descarga que vem do separador de óleo, será necessário proteger o separador de óleo e o compressor contra pressão excessiva causada pelo aquecimento externo ou aquecimento de compressão.

Esta proteção poderá ser obtida com a válvula de segurança padrão SFA ⑤ combinada com uma válvula bloqueio dupla de 3 vias DSV ③.

Dados técnicos

	Válvula de alívio de segurança - BSV (independentes de contrapressão)
Material	Corpo: Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura.
Refrigerantes	R717, R744, HFC, HCFC e outros refrigerantes (dependendo da compatibilidade com o material de vedação)
Faixa de temperatura do meio [°C]	30 a 100, como uma válvula de alívio de segurança externa 50 a 100 como uma válvula piloto para a POV
Pressão de ajuste [bar]	10 a 25
Área de fluxo [mm ²]	50

	Válvula de segurança interna operada por piloto - POV
Material	Carcaça: aço
Refrigerantes	R717, HFC, HCFC e outros refrigerantes (dependendo da compatibilidade com o material de vedação)
Faixa de temperatura do meio [°C]	50 a 150 como uma válvula piloto para a POV
Pressão de ajuste [bar]	15 a 25
Área de fluxo [mm ²]	POV 600: 835 POV 1050: 1244 POV 2150: 2734
DN [mm]	40/50/80

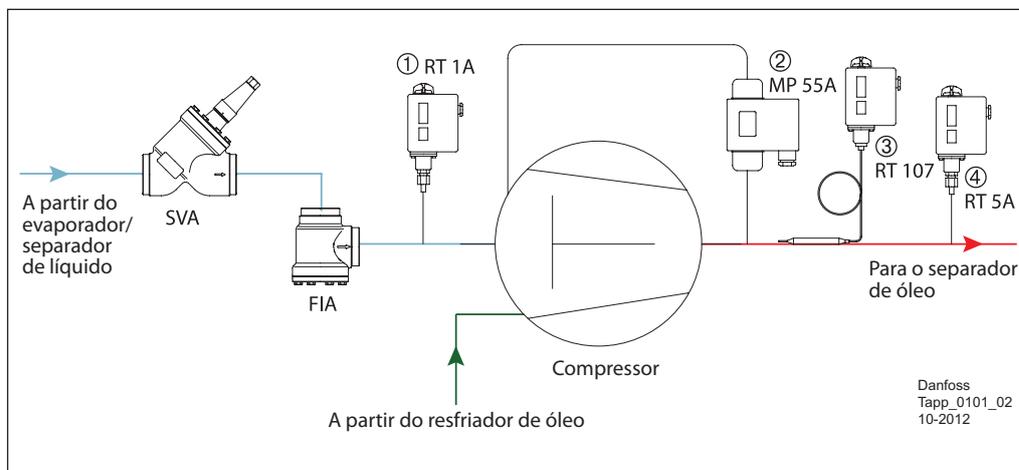
Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

7.2 Dispositivos Limitadores de Pressão e Temperatura

Exemplo de aplicação 7.2.1: Desligamento (parada) por Pressão / Temperatura para compressores

- Refrigerante vapor a alta pressão (HP)
- Refrigerante vapor a baixa pressão (LP)
- Óleo

- ① Parada por baixa pressão. Pressostato de baixa pressão RT1A
- ② Parada por baixa pressão diferencial. Pressostato diferencial de óleo MP55A
- ③ Parada por alta temperatura. Termostato RT5A
- ④ Parada por alta pressão. Pressostato de alta pressão RT5A



Para proteger o compressor contra excessivas pressão e temperatura de descarga ou de pressão de sucção muito baixa, devem ser utilizados os pressostatos e termostatos KP/RT. RT1A ① é um pressostato para baixa pressão e o RT 5A ④ é um pressostato de alta pressão e o RT 107 ③ é um termostato de diferencial.

O valor da pressão de ajuste para os pressostatos de alta pressão deve ser inferior à pressão ajustada para as válvulas de segurança do lado de alta pressão. O ajuste do pressostato de baixa pressão é especificado pelo fabricante do compressor.

Para compressores alternativos, o pressostato de pressão diferencial de óleo MP 54/55 ② é utilizado para parar o compressor em caso de pressão do óleo muito baixa.

O pressostato diferencial de óleo cortará o funcionamento do compressor se ele não atingir uma pressão diferencial suficiente durante a partida e após um período definido de tempo (0-120 s).

Dados técnicos

	Termostato - RT
Refrigerantes	R717 refrigerantes fluorados
Proteção	IP 66/54
Temperatura máxima do bulbo [°C]	65 a 300
Temperatura ambiente [°C]	-50 a 70
Faixa de ajuste [°C]	-60 a 150
Diferencial Δt [°C]	1,0 a 25,0

	Controle de Pressão Diferencial - MP 54/55/55A
Refrigerantes	MP 54/55: Refrigerantes fluorados MP 55A: R717
Proteção	IP 20
Faixa de ajuste ΔP [bar]	MP 54: 0,65/0,9 MP 55/55A: 0,3 a 4,5
Pressão máxima de trabalho [bar]	17
Pressão máxima de teste [bar]	22
Faixa de operação do lado de baixa pressão(LP) [bar]	-1 a 12

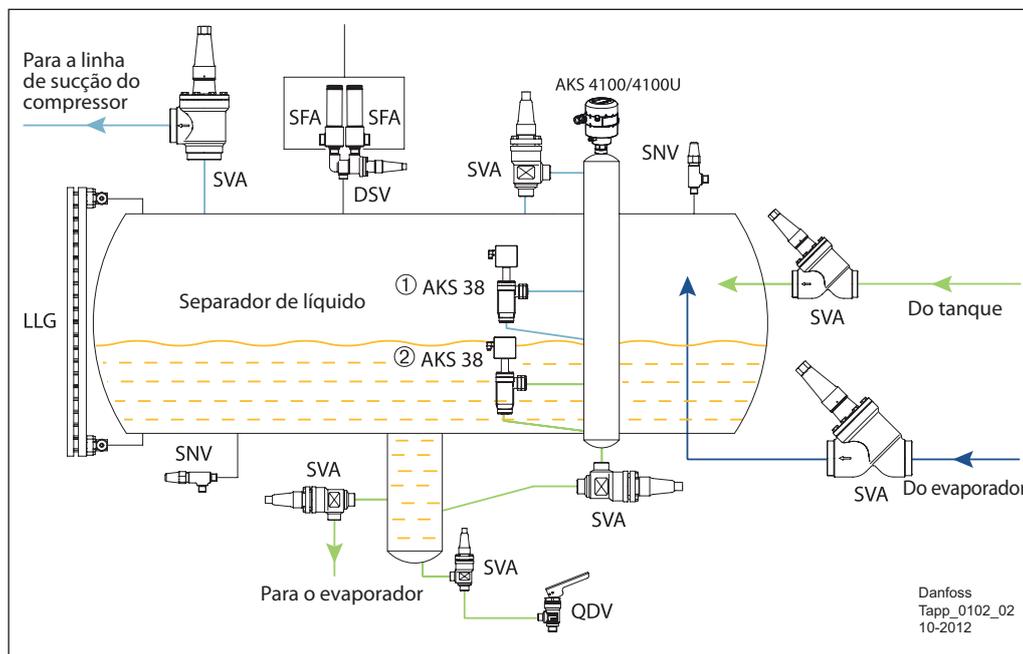
Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

7.3
Dispositivos de Nível de Líquido

Exemplo de aplicação 7.3.1:
Controles de nível baixo / alto
para separador de líquido

- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)

- ① Chave de nível alto AKS38
- ② Chave de nível baixo AKS38



Danfoss
Tapp_0102_02
10-2012

Os vasos do lado de alta pressão e baixa pressão possuem diferentes dispositivos para controle do nível de líquido.

Os tanques de líquido (de alta pressão) só precisam ter uma chave de nível baixo (AKS 38) para assegurar um nível mínimo de refrigerante para alimentar os dispositivos de expansão.

O visor de nível LLG para a monitoração visual do nível de líquido também pode ser instalado.

Os vasos de baixa pressão normalmente possuem ambos os controles, ou seja, para nível alto e baixo. A chave de nível baixo é instalada para assegurar a existência de uma pressão hidrostática suficiente do refrigerante para evitar a cavitação das bombas.

A chave de nível alto é instalada para proteger o compressor contra golpe de líquido.

Um visor de nível de líquido de vidro LLG deve ser instalado para a indicação visual de nível.

Os indicadores do nível de líquido LLG para vasos de baixa pressão pode exigir que um adaptador seja montado o qual torna possível observar o nível, embora possa haver certa quantidade de gelo no indicador de nível de líquido.

Dados técnicos

	Chave de nível - AKS 38
Material	Carcaça: ferro fundido com cromato de zinco
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns não inflamáveis, inclusive o R717.
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a +65
Pressão máxima de trabalho [bar]	28
Faixa de medição [mm]	12,5 a 50

	Visor no nível - LLG
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns não inflamáveis, inclusive o R717.
Faixa de temperatura do meio [°C]	-10 a 100 ou -50 a 30
Pressão máxima de trabalho [bar]	25
Comprimento [mm]	185 a 1550

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

7.4
Detector de refrigerantes

O equipamento de detecção de gás é normalmente utilizado em uma instalação fixa, com uma série de sensores localizados em áreas onde é esperado que o refrigerante acumule no caso de um vazamento na fábrica.

Quantos sensores são necessários? Onde e como eles devem ser posicionados e calibrados?
Quais os limites de alarme são apropriados?
Quantos são necessários? E como a informação do alarme é processada?

Estas localizações dependem do layout da sala de máquinas e espaços adjacentes, na configuração da planta e também sobre o refrigerante em questão.

Antes de escolher o equipamento de detecção de gás apropriado, uma série de questões devem ser respondidas:

Quais os gases devem ser medidos e em quais quantidades?
Que princípio do sensor é o mais adequado?

7.4.1
Tecnologia do sensor

A Danfoss dependendo do refrigerante e da amplitude ppm real necessária, selecionou o sensor mais apropriado para o gás refrigerante alvo.

Qual sensor é adequado para um dado refrigerante?

	Semi-condutor	Eletro-químico	Catalizador	Infravermelho
Concentração baixa de amônia (< 100 ppm)	-	✓	-	-
Concentração "média" de amônia (< 1000 ppm) ¹⁾	(✓)	✓	-	(✓)
Concentração "alta" de amônia (<10000 ppm)	✓	-	✓	(✓)
Concentração "muito alta" de amônia (> 10000 ppm)	-	-	✓	(✓)
Dióxido de Carbono CO ₂	-	-	-	✓
HC Hidrocarbonetos	(✓)	-	✓	(✓)
HCFC - HFC Halocarbonetos	✓	-	-	(✓)

Melhor solução
 Adequado - mas menos atraente
 Não adequado

¹⁾ Faixa de medição 0-1000 ppm. Pode ser ajustado em toda a gama.

7.4.2

A necessidade pela detecção de gás

Existem diferentes razões do porque a detecção de gás ser necessária. É óbvio, essa regulagem é um argumento muito forte, mas também

- o custo do serviço reduzido (custo da troca do gás e do serviço técnico),
- redução do custo do consumo de energia devido à falta de refrigerante,
- risco de danificar os produtos em estoque, devido a um vazamento significativo,
- possível custo reduzido do seguro,
- impostos sobre os não ecologicamente corretos,
- diferentes aplicações de refrigeração requer a detecção de gás por razões diferentes.

Amônia é classificada como uma substância tóxica com um cheiro muito característico, como tal, é "auto-alarmante". Todavia os detectores de gás são muito úteis para ter em uma sala de máquinas, visto que frequentemente as pessoas não estão presentes para tomar as ações necessárias. Ainda mais, a amônia é o único refrigerante comum mais leve que o ar.

Hidrocarbonetos são classificados como inflamáveis. Portanto, é muito importante verificar se a concentração em torno do sistema de refrigeração não exceda o limite de inflamabilidade.

Refrigerantes fluorados possuem um certo impacto no ambiente. Sendo assim, é muito importante evitar qualquer vazamento desses refrigerantes.

CO₂ (Dióxido de Carbono) está diretamente envolvido no processo de respiração, e deve ser tratado de acordo. Aprox. 0,04% CO₂ está presente no ar. Com maior concentração, algumas reações adversas são relatadas começando com aumento na taxa de respiração (~100% em 3% de concentração de CO₂) e levando à perda de consciência e morte em concentrações de CO₂ superiores a 10%.

Oxigênio - Sensores de privação de Oxigênio pode ser utilizado em algumas aplicações, mas não são oferecidos pela Danfoss, e não serão descritos neste guia.

Nota: Os sensores de Oxigênio nunca devem ser usados em instalações de CO₂.

Legislação e padrões

Os requisitos para a detecção de gás são diferentes em muitos países do mundo.

7.5
Resumo

Solução		Aplicação
Válvulas de Segurança		
Válvulas de segurança SFA + válvula de bloqueio dupla de 3 vias DSV		Proteção de vasos, compressores e trocadores de calor contra pressão excessiva.
Válvula de alívio de segurança interna BSV + válvula de segurança interna pilotada POV		Proteção de compressores e bombas contra pressão excessiva.
Controles de Corte de Pressão		
Corte de pressão: RT		Proteção de compressores contra pressão de descarga muito alta e pressão de sucção muito baixa.
Pressostato de corte para pressão diferencial - MP 55		Proteção de compressores alternativos contra pressão de óleo muito baixa.
Termostato - RT		Proteção de compressores contra temperatura de descarga muito alta.
Dispositivos de Nível de Líquido		
Chave de nível de líquido AKS 38		Proteção do sistema contra nível de refrigerante muito alto / baixo nos vasos.
Visor de Nível de Líquido LLG		Monitoramento visual do nível de líquido refrigerante nos vasos.
Detecção de refrigerante		
Sensores de detecção de gás, GD		Detecção de gás refrigerante na atmosfera.

7.6
Documentos de Referência

Para uma ordem alfabética de todos os documentos de referência ir para a página 146

Folheto / Manual Técnico

Tipo	Nº da Literatura	Tipo	Nº da Literatura
AKS 38	PD.GD0.A	POV	PD.ID0.A
BSV	PD.IC0.A	RT 1A	PD.CB0.A
DSV	PD.IE0.A	RT 107	PD.CB0.A
LLG	PD.GG0.A	RT 5A	PD.CB0.A
MLI	PD.GH0.A	SFA	PD.IF0.A
MP 55 A	PD.CG0.B	GD	PD.S00.A

Instruções do produto

Tipo	Nº da Literatura	Tipo	Nº da Literatura
AKS 38	PI.GD0.A	POV	PI.ID0.A
BSV	PI.IC0.A	RT 1A	RI5BC
DSV	PI.IE0.A / PI.IE0.B1	RT 5A	RI5BC
LLG	PI.GG0.A	SFA	PI.IB0.A
MLI	PI.GH0.A	GD	PI.S00.A
MP 55 A	PI.CG0.E		

Para baixar a última versão da literatura, visite o site da Danfoss.

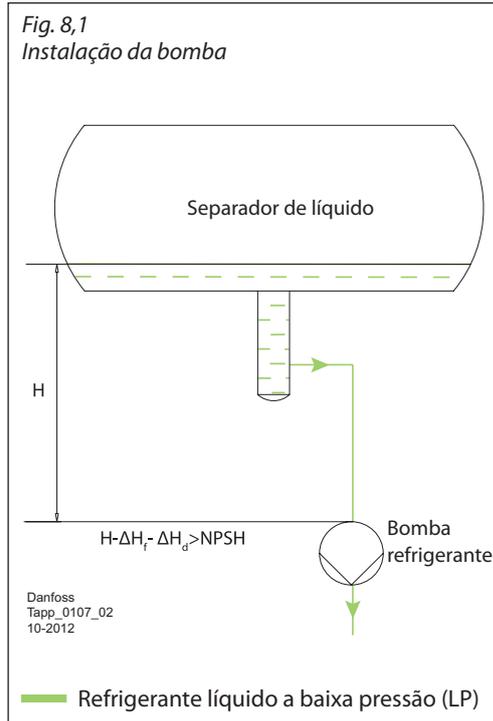
8. Controles da Bomba do Refrigerante

Geralmente os sistemas de refrigeração industrial possuem circulação por bomba do líquido refrigerante. Há algumas vantagens de circulação por bomba em comparação com os sistemas tipo expansão direta:

- As bombas possibilitam uma distribuição eficiente de líquido refrigerante aos evaporadores e o retorno da mistura vapor-líquido para o separador de líquido;
- É possível diminuir o superaquecimento a quase 0 K, portanto, aumentando a eficiência dos evaporadores sem o risco de golpes de líquido no compressor.

Ao instalar a bomba, deve ser tomado cuidado para impedir a cavitação. A cavitação poderá ocorrer somente se a pressão do líquido refrigerante na entrada da bomba for inferior à pressão de saturação correspondente à temperatura do líquido neste ponto.

Portanto, a altura do líquido H acima da bomba deve ser pelo menos capaz de compensar a perda de pressão por atrito ΔH_f através dos tubos e válvulas, a perda na entrada do tubo ΔH_d , e aceleração do líquido para o rotor da bomba ΔH_p (altura manométrica de sucção para a bomba, ou NPSH da bomba), conforme mostrado na Fig. 8.1.

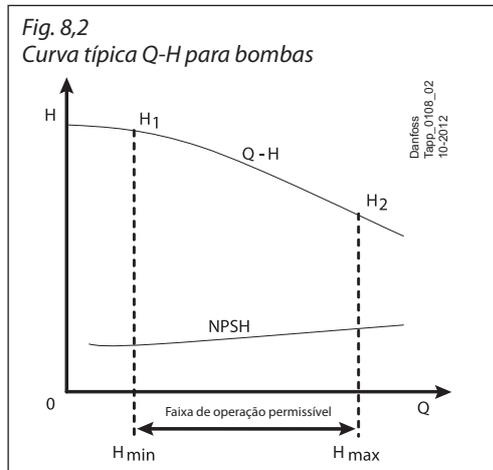


Para manter a bomba de refrigerante com uma operação sem problemas, a vazão através da bomba deve ser mantida dentro da faixa permissível de operação, Fig. 8.2.

Se o fluxo for demasiado lento, o calor do motor pode evaporar algum refrigerante e resultar no funcionamento a seco ou cavitação da bomba.

Quando a vazão for muito alta, a NPSH característica da bomba se deteriora ao ponto de fazer com que a altura manométrica de sucção positiva disponível fique muito baixa para impedir a cavitação.

Portanto, os sistemas devem ser projetados para que a bomba de refrigerante mantenha a vazão dentro da faixa de operação.



8.1 Proteção para Bomba com Controle de Pressão Diferencial

As bombas são facilmente danificadas por cavitação. Para evitar a cavitação é importante manter uma altura manométrica de sucção para a bomba. Para obter uma altura manométrica suficiente, deve-se instalar uma chave de nível baixo AKS 38 no separador de líquido.

No entanto, mesmo com uma chave de nível baixo instalado no separador de líquido, mantido acima do mínimo nível aceitável, a cavitação ainda poderá ocorrer.

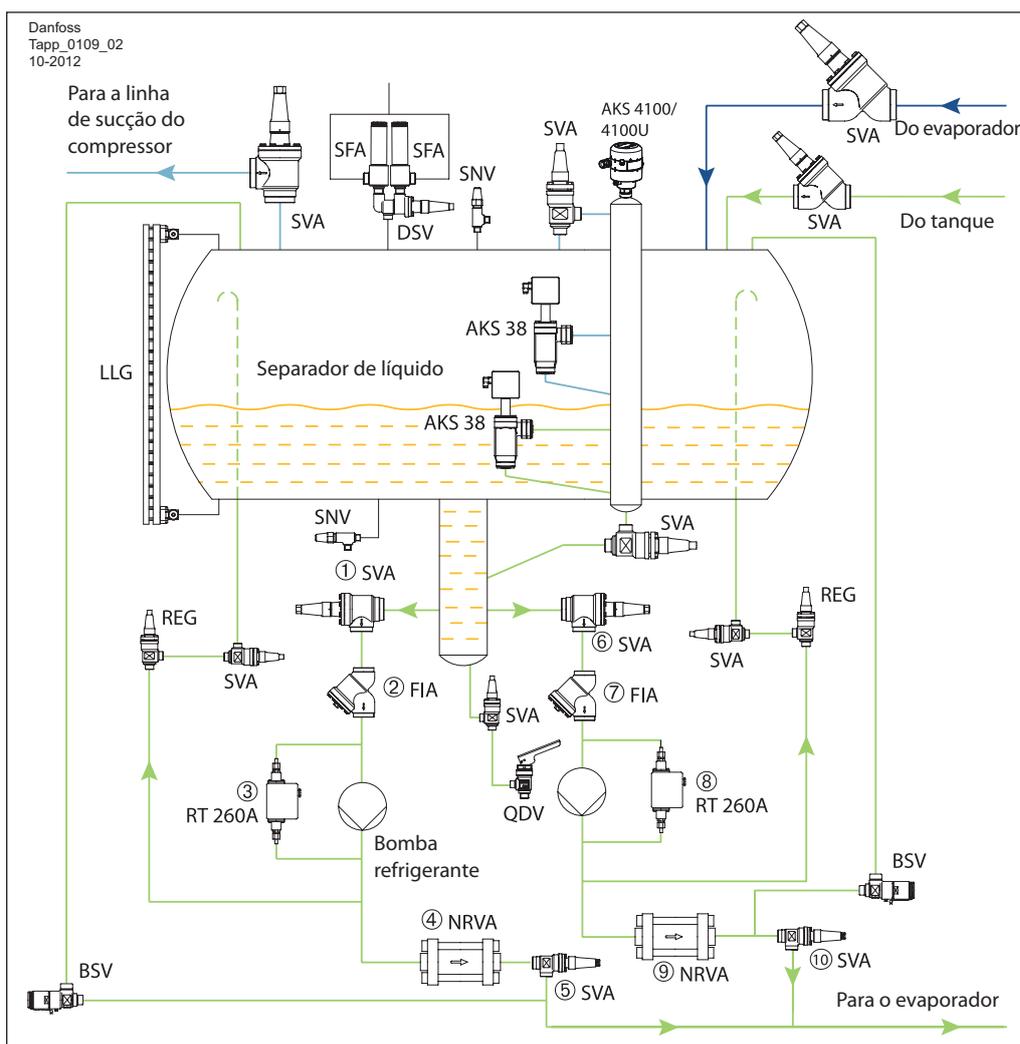
Por exemplo, operações incorretas nos evaporadores podem causar um aumento da vazão pela bomba, a chave de nível baixo pode falhar, e o filtro antes da bomba pode estar bloqueado, etc.

Todas estas condições podem levar à cavitação. Portanto, é necessário desligar a bomba para fins de proteção quando a pressão diferencial cair abaixo de H₂ da Fig. 8.2 (equivalente a Q_{max}).

Exemplo de aplicação 8.1.1:
Proteção para bomba com
Controlador de pressão diferencial
RT 260A

- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)

- ① Válvula de bloqueio
- ② Filtro FIA
- ③ Pressostato diferencial RT260A
- ④ Válvula de retenção NRVA
- ⑤ Válvula de bloqueio
- ⑥ Válvula de bloqueio
- ⑦ Filtro FIA
- ⑧ Pressostato diferencial RT260A
- ⑨ Válvula de retenção NRVA
- ⑩ Válvula de bloqueio



Os controles de pressão diferencial (pressostatos diferenciais) são utilizados para a proteção contra baixa pressão diferencial. O RT 260A ③ e o ⑧ são fornecidas sem temporizador e causam o desligamento momentâneo quando a pressão diferencial cai abaixo do ajuste desses pressostatos.

Os filtros FIA ② e ⑦ são instalados na linha da bomba para remover partículas e proteger as válvulas de controle automático e as bombas contra danos, bloqueios, desgaste e quebra em geral. O filtro pode ser instalado na linha de sucção ou linha de descarga da bomba.

Se o filtro for instalado na linha de sucção antes da bomba, o mesmo protegerá principalmente a bomba contra partículas. Isto é especificamente importante durante a limpeza inicial e comissionamento.

Já que a queda de pressão pode levar à cavitação, recomenda-se instalar uma malha 500µ. Malhas mais finas podem ser utilizadas durante a limpeza, mas certifique-se de levar em consideração a queda de pressão ao projetar a tubulação. Adicionalmente, será necessário substituir a malha após um certo período de tempo.

Se o filtro for instalado na linha de descarga, a queda de pressão não será crucial e nesse caso poderá ser utilizado um filtro 150-200µ. É importante observar que nesta instalação, as partículas podem ainda entrar na bomba antes de serem removidas dos sistemas.

As válvulas de retenção NRVA ④ e ⑨ são instaladas nas linhas de descarga das bombas para proteger as bombas contra-fluxo (pressão) durante inatividade. Válvula conjugada de bloqueio e de retenção SCA podem também serem usadas para esse propósito (NRVA e a SVA são substituídas com a SCA, ver exemplo de aplicação 8.1.2).

Dados técnicos

	Pressostato Diferencial - RT 260A/252A/265A/260AL
Refrigerantes	R717 refrigerantes fluorados
Proteção	IP 66/54
Temperatura ambiente [°C]	-50 a 70
Faixa de ajuste [bar]	0,1 a 11
Pressão máxima de trabalho [bar]	22/42

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

8.2
Controle da Vazão de desvio(By-Pass) da Bomba

Exemplo de aplicação 8.2.1:
Controle da Vazão de desvio da Bomba com OFV

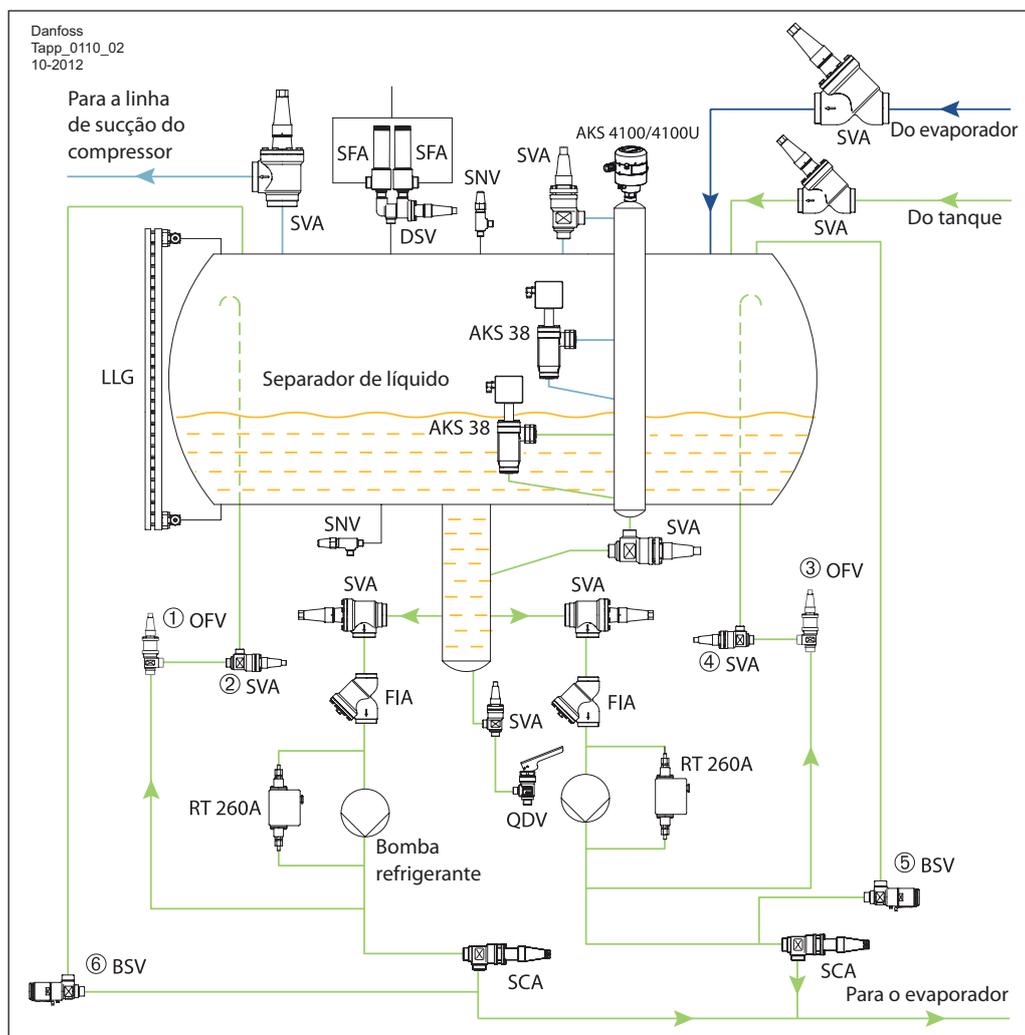
O modo mais comum de manter o fluxo através da bomba acima do valor mínimo permissível (Q_{min} na Fig. 8.2) é o de projetar um sistema de desvio para a bomba.

A linha de desvio pode ser projetada com a válvula de regulação REG, válvula de alívio de pressão OFV ou mesmo com apenas um orifício.

Mesmo se o fornecimento do líquido a todos os evaporadores no sistema for interrompido, a linha de desvio ainda poderá manter a vazão mínima através da bomba.

- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)

- ① Válvula de alívio OFV
- ② Válvula de bloqueio
- ③ Válvula de alívio OFV
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Válvula de alívio de segurança interna BSV
- ⑥ Válvula de alívio de segurança interna BSV



A linha de desvio é projetada com a válvula de alívio de pressão OFV para cada bomba. A válvula de segurança interna BSV é projetada para causar um alívio da pressão excessiva de

forma segura. Por exemplo, quando as válvulas de bloqueio estiverem fechadas, o líquido refrigerante confinado nos tubos pode ser aquecido e atingir a pressões excessivamente altas.

Dados técnicos

	Válvula de alívio de pressão - OFV
Material	Corpo: aço
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 150
Pressão máxima de trabalho [bar]	40
DN [mm]	20/25
Faixa de pressão diferencial de abertura [bar]	2 a 8

	Válvula de alívio de segurança interna - BSV (independentes de contrapressão)
Material	Corpo: Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura.
Refrigerantes	R717, R744, HFC, HCFC e outros refrigerantes (dependendo da compatibilidade com o material de vedação)
Faixa de temperatura do meio [°C]	30 a 100, como uma válvula de alívio de segurança externa 50 a 100 como uma válvula piloto para a POV
Pressão de ajuste [bar]	10 a 25
Área de fluxo [mm ²]	50

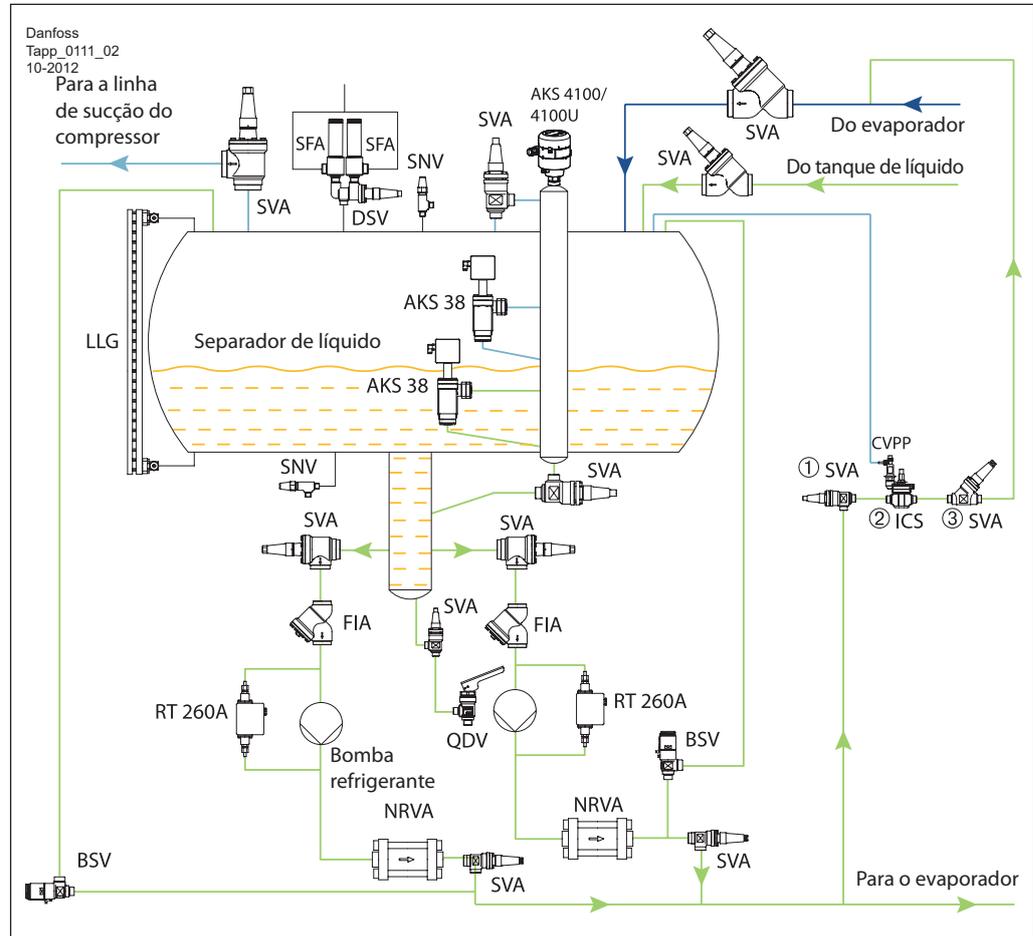
Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

8.3
Controle da Pressão da Bomba

É de grande importância para alguns tipos de sistemas de circulação por bomba que a pressão diferencial possa ser mantida constante através da válvula de regulagem manual na entrada do evaporador.

Utilizando uma válvula servo-operada por piloto ICS e uma piloto CVPP é possível manter uma pressão diferencial constante

Exemplo de aplicação 8.3.1:
Controle da pressão diferencial da bomba com ICS e CVPP



- Mistura de líquido/vapor refrigerante
 - Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
 - Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)
- ① Válvula de bloqueio
 - ② Regulador de pressão diferencial ICS(CVPP)
 - ③ Válvula de bloqueio

Dados técnicos

	Válvula servo operada por piloto – ICS
Material	Corpo: Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717 e R744
Faixa de temperatura do meio [°C]	-60 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	52
DN [mm]	20 a 150

	Válvula piloto de pressão diferencial-CVPP
Refrigerantes	Todos os refrigerantes não inflamáveis comuns incl. R717
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	CVPP baixa pressão(LP): 17 CVPP alta pressão(HP): até 40
Faixa de ajuste [bar]	CVPP baixa pressão(LP): 0 a 7 CVPP alta pressão(HP): 0 a 22
K _v valor m ³ /h	0,4

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

8.4
Resumo

Solução		Aplicação	Benefícios	Limitações
Proteção para Bomba com Controle de Pressão Diferencial				
Proteção da Bomba com pressostato diferencial RT260A		Aplicável a todos os sistemas de circulação por bomba.	Simples. Efetivo na proteção da bomba contra pressão diferencial baixa (correspondente a uma vazão alta).	Não aplicável a refrigerantes inflamáveis.
Filtro e Válvula de Retenção				
Filtro FIA e válvula de retenção NRVA na linha de bomba		Aplicável a todos os sistemas de circulação por bomba.	Simples. Efetivo na proteção da bomba contra contrapressão e partículas.	O filtro na linha de sucção pode levar à cavitação quando bloqueado. O filtro na linha de descarga ainda permite que as partículas entrem na bomba.
Controle da Vazão de Desvio(By-Pass) da Bomba				
Controle da vazão de desvio com REG e proteção com válvula de alívio de segurança interna BSV		Aplicável a todos os sistemas de circulação por bomba.	Simples. Solução efetiva e confiável para manter a vazão mínima da bomba. A válvula de segurança é capaz de efetivamente evitar pressão excessiva.	Parte da potência da bomba desperdiçada.
Controle da Pressão da Bomba				
Controle da pressão da bomba com ICS e CVPP		Aplicável a todos os sistemas de circulação por bomba que requerem uma pressão diferencial constante por todas as válvulas de regulagem antes dos evaporadores.	Mantém uma pressão diferencial e um índice de circulação constante para os evaporadores.	Parte da potência da bomba desperdiçada.

8.5
Documentos de Referência

Para uma ordem alfabética de todos os documentos de referência ir para a página 146

Folheto / Manual Técnico

Tipo	Nº da Literatura	Tipo	Nº da Literatura
BSV	PD.JC0.A	NRVA	PD.FK0.A
CVPP	PD.HN0.A	REG	PD.KM1.A
FIA	PD.FM1.A	RT 260A	PD.CB0.A
ICS	PD.HS2.A	SVA	PD.KD1.A

Instruções do produto

Tipo	Nº da Literatura	Tipo	Nº da Literatura
BSV	PI.JC0.A	NRVA	PI.FK0.A
CVPP	PI.HN0.C	REG	PI.KM1.A
FIA	PI.FN1.A	RT 260A	RI5BB
ICS 25-65	PI.HS0.A	SVA	PI.KD1.A
ICS 100-150	PI.HS0.B		

Para baixar a última versão da literatura, visite o site da Danfoss.

9. Outros

9.1 Filtros Secadores para Sistemas Fluorados

Água, ácidos e partículas aparecem naturalmente nos sistemas de refrigeração com fluorados. A água pode entrar no sistema devido à instalação, manutenção, vazamentos, etc;

Forma-se ácido em consequência da falha do refrigerante e do óleo.

Partículas normalmente resultam do resíduo da soldagem e da solda, a reação entre o refrigerante e o óleo, etc.

A não manutenção dos conteúdos de ácidos, água e partículas dentro dos limites aceitáveis encurtará significativamente a vida útil do sistema de refrigeração, podendo até mesmo queimar o compressor.

Muita umidade nos sistemas com temperaturas de evaporação abaixo de 0°C pode formar gelo que, por sua vez, pode bloquear as válvulas de controle, válvulas solenoides, filtros, etc. As partículas aumentam o desgaste e mau funcionamento do compressor e válvulas, gerando ainda a possibilidade de criar um bloqueio. Os ácidos não são corrosivos se não houver água. Porém, em solução aquosa, os ácidos podem corroer a tubulação e recobrir as superfícies quentes dos mancais do compressor.

Este recobrimento se acumula nas superfícies quentes dos mancais, inclusive da bomba de óleo, virabrequim, bielas, palhetas, anéis de pistão, hastes de válvulas de sucção e descarga, etc. Este recobrimento faz com que os mancais funcionem mais quentes, pois as folgas de lubrificação nos mancais vão reduzindo à medida que o recobrimento vai aumentando.

O resfriamento dos mancais é reduzido devido à menor quantidade de circulação de óleo através das folgas do mancal. Isto faz com que estes componentes fiquem cada vez mais quentes. As placas de válvulas começam a vazar por causarem o efeito de superaquecimento de descarga mais alto. Como os problemas aumentam progressivamente, a falha do compressor torna-se eminente.

Os filtros secadores são projetados para impedir todas as circunstâncias acima. Os filtros secadores exercem duas funções: função de secagem e filtragem.

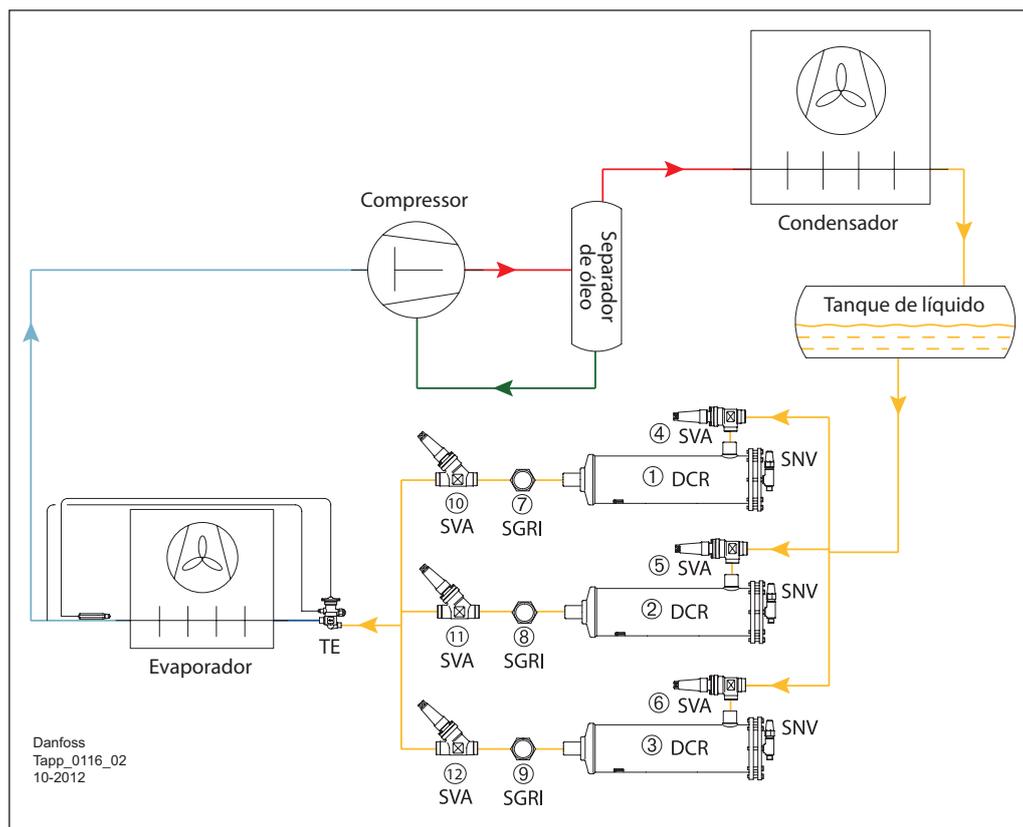
A função de secagem constitui a proteção química e inclui a absorção de água e ácidos. O objetivo é o de impedir a corrosão da superfície metálica, decomposição do óleo e refrigerante e evitar a queima de motores.

A função filtro constitui a proteção física e inclui a retenção de partículas e impurezas de qualquer tipo. Isto minimiza o desgaste e mau funcionamento do compressor, protegendo-o contra danos e prolongando significativamente sua vida útil.

Exemplo de aplicação 9.1.1:
Filtros secadores para sistemas fluorados

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Óleo

- ① Filtro secador DCR
- ② Filtro secador DCR
- ③ Filtro secador DCR
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Válvula de bloqueio
- ⑥ Válvula de bloqueio
- ⑦ Visor de nível SGRI
- ⑧ Visor de nível SGRI
- ⑨ Visor de nível SGRI
- ⑩ Válvula de bloqueio
- ⑪ Válvula de bloqueio
- ⑫ Válvula de bloqueio



Para sistemas fluorados, os filtros secadores são normalmente instalados na linha de líquido antes da válvula de expansão. Nesta linha, há apenas um fluxo de líquido puro através do filtro secador (diferentemente do bifásico após a válvula de expansão).

A queda de pressão pelo filtro secador é pequena e a queda de pressão nesta linha exerce pouca influência no desempenho do sistema. A instalação do filtro secador também pode impedir a formação de gelo na válvula de expansão.

Em instalações industriais, a capacidade de filtro secador não é normalmente suficiente para secar todo o sistema, portanto diversos filtros secadores poderiam ser instalados em paralelo.

O DCR é um filtro secador com núcleos sólidos intercambiáveis. Há três tipos de núcleos sólidos: DM, DC e DA.

- **DM** - 100% do núcleo sólido com peneira molecular adequado para os refrigerantes HFC e CO₂;
- **DC** - 80% do núcleo sólido com peneira molecular e 20% com alumina ativada, adequado para refrigerantes CFC e HCFC e compatível com os refrigerantes HFC;
- **DA** - 30% do núcleo sólido com peneira molecular e 70% com alumina ativada, adequada para limpeza após queima do compressor e compatível com os refrigerantes CFC / HCFC / HFC.

Além dos núcleos sólidos normais mencionados acima, a Danfoss também fornece outros núcleos sólidos customizados. A Danfoss também fornece filtros secadores com núcleos sólidos fixos. Para obter mais informações consulte o catálogo do produto ou entre em contato com as empresas de vendas locais.

O visor de nível com indicador para HCFC/CFC, tipo SGRI é instalado após o filtro secador para indicar o conteúdo de água após a secagem. Visores com indicador para outros tipos de refrigerantes também podem ser disponibilizados. Para obter mais informações, consulte o catálogo de produtos da Danfoss.

Dados técnicos

	Filtro secador – DCR
Refrigerantes	CFC/HFC/HCFC/R744
Material	Carcaça: aço
Pressão máxima de trabalho [bar]	alta pressão(HP): 46
Faixa de temperatura de operação [°C]	-40 a 70
Núcleos sólidos	DM/DC/DA

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

9.2 Remoção de Água para Sistema de Amônia

O problema de água em sistemas de amônia é exclusivo quando comparado com sistemas fluorados e de CO₂ :

A estrutura molecular da amônia é similar à da água, ambas pequenas e polares, conseqüentemente, a água e a amônia são completamente solúveis.

Devido à similaridade molecular entre a água e a amônia, não foi desenvolvido um filtro secador eficiente para a amônia. Além disto, devido à alta solubilidade da água na amônia, a água livre é difícil de ser extraída da solução.

Água e amônia coexistirão e atuarão como um tipo de refrigerante zeotrópico, cujo relacionamento P-T saturado não é mais o mesmo que o da amônia anidro.

Estes são fatores que contribuem para que os sistemas de amônia sejam raramente projetados como sistemas de expansão direta: por um lado, a amônia líquida é difícil de se evaporar completamente quando presente em água, o que leva a golpes de líquido; por outro lado, como pode uma válvula de expansão termostática funcionar corretamente quando existe a alteração do relacionamento P-T saturado?

Sistemas de circulação por líquido bombeado podem satisfatoriamente evitar o potencial de danos de água aos compressores. Com apenas vapor entrando na linha de sucção, o golpe de líquido é evitado; e contanto que não haja muita água no líquido, o vapor praticamente não conterá nenhuma água (...o máximo recomendado de 0,3%), o que pode efetivamente evitar a poluição do óleo pela água.

Ao mesmo tempo em que os sistemas de circulação por líquido bombeado efetivamente evitam danos aos compressores, eles também mantêm as outras penalidades da água

■ COP do sistema é reduzido

Quando houver conteúdo de água, o relacionamento P-T saturado do refrigerante será diferente da amônia pura. Especificamente, o refrigerante evaporará a uma temperatura mais alta por uma dada pressão. Isto diminuirá a capacidade de refrigeração do sistema e aumentará o consumo de energia.

■ Corrosão

A amônia torna-se corrosiva com a presença de água e começa a corroer a tubulação, válvulas, vasos, etc.

■ Problemas no compressor

Se a água atingir o compressor, por exemplo, devido a separadores de líquido ineficientes, ela também levará a problemas de corrosão e óleo aos compressores.

Portanto, para manter o sistema de modo eficiente e sem problemas, recomenda-se detectar a água regularmente e empregar algum método de remoção de água quando o conteúdo de água estiver acima do nível aceitável.

Basicamente, existem três formas de lidar com a contaminação de água:

■ Trocar a carga

Isto é adequado para sistemas com cargas pequenas (por ex., chillers com evaporadores de placas) e deve atender a legislação local.

■ Purga de alguns evaporadores

Isto é adequado para alguns sistemas operados por gravidade sem degelo por gás quente. Nestes sistemas, a água permanece no líquido quando a amônia se evapora, e se acumula nos evaporadores.

■ Retificador de água

Parte da amônia contaminada é drenada para o retificador onde é aquecida, com a amônia evaporando e a água drenada. Este sistema é a única forma de remoção de água para os sistemas de re-circulação por líquido bombeado.

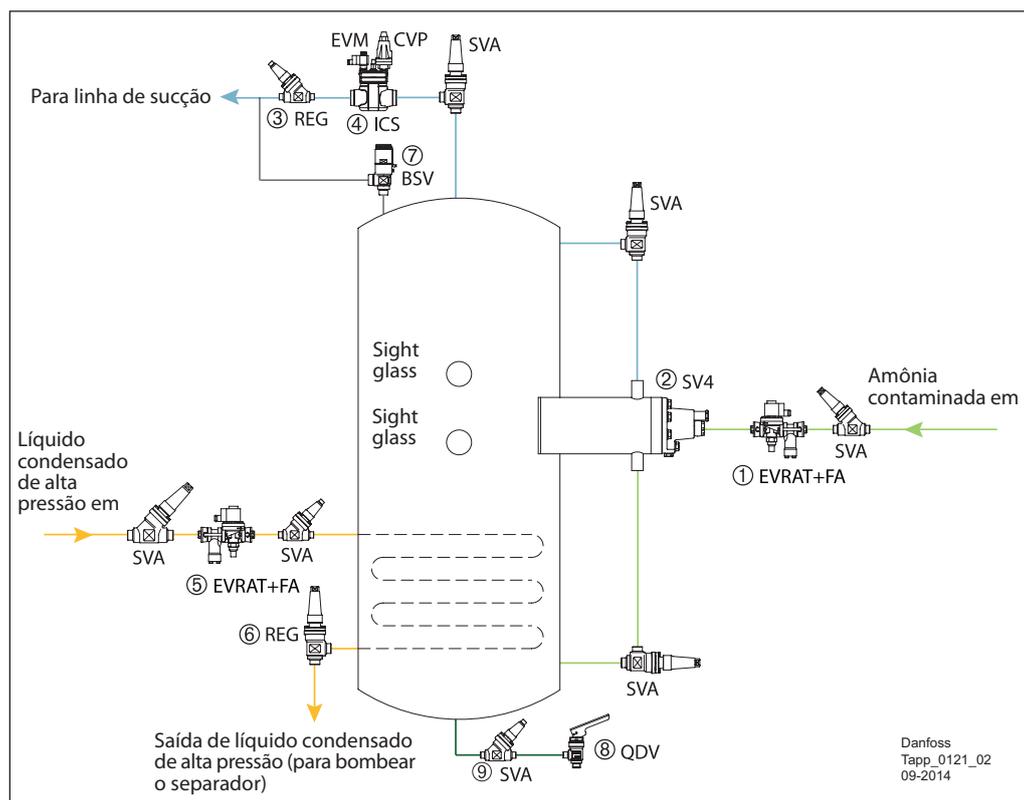
Para obter mais informações sobre a contaminação e remoção de água nos sistemas de refrigeração de amônia, consulte o boletim 108 IIAR.

É necessário mencionar que há um lado desfavorável com relação ao conteúdo muito baixo de água - a possibilidade de um tipo especial de corrosão do aço. No entanto, não é provável que ocorra em uma instalação real.

Exemplo de aplicação 9.2.1:
Retificador de água aquecido
por gás quente controlado por
válvulas flutuantes.

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão (LP)
- Óleo

- ① Válvula Solenoide
- ② Válvula flutuante
- ③ Válvula de regulagem manual
- ④ Válvula de regulagem de pressão
- ⑤ Válvula solenoide
- ⑥ Válvula de regulagem manual
- ⑦ Válvula de segurança interna
- ⑧ Válvula de drenagem rápida
- ⑨ Válvula de parada



Procedimentos para a remoção da água:

1. Energize a válvula solenoide EVRAT ① e ICS+EVM ④. A amônia contaminada é drenada para o tanque de retificação. A válvula flutuante SV4 ② fechará quando o nível do líquido no tanque atingir o nível de definido. Energize a válvula solenoide EVRA ⑤.
 2. O líquido condensado é alimentado à bobina dentro do tanque e começa a aquecer a amônia contaminada. A amônia começa a se evaporar e o líquido contaminado permanece no tanque. Quando a amônia se evapora no tanque e o nível de líquido cai, a válvula flutuante SV4 ② abre e drena mais amônia contaminada para dentro do tanque. Após um determinado tempo, com base na experiência, a preparação para drenar o líquido contaminado pode se iniciar.
 3. Desligue a válvula solenoide EVRAT ①. Após um determinado tempo toda a amônia irá evaporar e apenas o líquido contaminado permanecerá no tanque. Para drenar o líquido contaminado do tanque, a pressão no interior do tanque tem que ser aumentada para uma pressão acima de 0 °C. Isto é feito ao desligar a válvula solenoide ICS+EVM ④. Agora a pressão dentro do tanque é controlada por ICS+CVP ④. Abra girando a válvula de bloqueio SVA ⑨ e cuidadosamente abra a válvula QDV de drenagem ⑧ e drene o restante líquido contaminado no tanque.
 4. Feche a válvula de drenagem QDV ⑧ e pare a válvula SVA ⑨. Em seguida desligue a válvula solenoide ⑤ para parar o processo de remoção de líquido contaminado ou, se necessário, repita o passo 1 para continuar o processo.
- Por razões de segurança, a válvula de expansão de segurança BSV ⑦ está instalada no tanque para evitar pressão excessiva.

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

9.3
Sistemas de purga de ar

Presença de Gases Não Condensáveis

Os gases não condensáveis estão presentes nos sistemas de refrigeração no início do processo de instalação com tubos e acessórios preenchidos com ar. Portanto, se um bom processo de vácuo não for empregado, o ar pode permanecer dentro do sistema.

Adicionalmente, o ar pode entrar no sistema devido ao vazamento do sistema quando o sistema for aberto para manutenção, penetração através dos componentes do sistema, vazamentos em conexões soldadas onde a pressão do amoníaco é mais baixa que a pressão atmosférica (abaixo de -34°C da temperatura de evaporação), quando da adição de óleo, etc.

Além disto, as impurezas no refrigerante e/ou decomposição do refrigerante ou do óleo de lubrificação devido a altas temperaturas de descarga pode gerar gases não condensáveis (por ex., a amônia se decompõe em nitrogênio e hidrogênio).

Localização e Detecção

Os gases não condensáveis ficam concentrados no lado de alta pressão do sistema de refrigeração, principalmente nos pontos mais frios e menos agitados do condensador.

Uma forma simples de verificar a presença de gases não condensáveis no sistema é a de comparar a diferença de pressão entre a pressão de condensação efetiva, lida no manômetro do tanque de líquido, e a pressão saturada correspondente à temperatura medida na saída do condensador.

Por exemplo, se for medido 30°C na saída do condensador em um sistema de amônia, a temperatura saturada correspondente será de 10,7 bar g e, se a leitura do manômetro for 11,7 bar g, então haverá a diferença de 1 bar e isto é devido à presença de gases não condensáveis.

Problemas gerados

O ar tende a formar um filme sobre os tubos do condensador, isolando a superfície de troca de calor do refrigerante no condensador. O resultado é uma redução da capacidade do condensador, levando a um aumento na pressão de condensação. A eficiência da energia declinará, e, dependendo da pressão de condensação, o potencial dos problemas relacionados com óleo aumentará.

A capacidade reduzida no condensador realmente ocorre, mas é muito difícil de ser determinada. Os fabricantes de purgadores de ar disponibilizaram

alguns dados que indicam uma redução de capacidade de 9-10% para cada bar de aumento de pressão de condensação. Se for necessário um cálculo mais preciso, a ASH RAE fornecerá algumas diretrizes sobre como estimar o valor, assim como alguns exemplos de pesquisa executadas com os resultados obtidos. Sistemas de AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) e Manual de equipamento, Gases não Condensáveis).

Outros fabricantes estimam os riscos e os custos associados com o lado do compressor. A medida que a pressão de condensação e a temperatura de descarga aumentam, existirão riscos mais altos aos mancais devido a problemas com óleo, assim como um aumento do custo operacional do compressor. A estimativa de custo é relacionada com o tipo do compressor e tamanho da instalação.

De uma forma geral, a presença de gases não condensáveis é indesejável e inevitável e o equipamento de purga é normalmente utilizado.

Sistemas de purga de ar

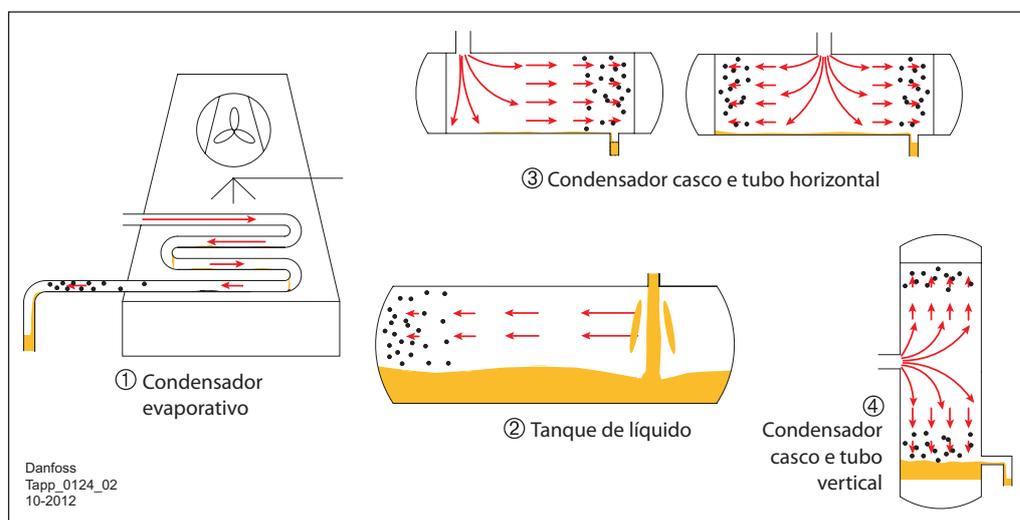
O ar ou gases não condensáveis podem ser purgados para fora do sistema manualmente. Isto é executado pelo pessoal da manutenção e pode levar a perdas excessivas de refrigerante.

Outra forma de purga é chamada de purga refrigerada: os gases provenientes dos pontos de amostragem são resfriados dentro de uma câmara com uma serpentina de resfriamento para condensar o refrigerante e retorná-lo para o sistema. Os gases então deixados na câmara devem ser purgados para a atmosfera. A ideia de resfriamento e de condensação é a de reduzir a quantidade de refrigerante liberado para a atmosfera.

O refrigerante utilizado para a serpentina de resfriamento pode ser o mesmo usado na instalação de refrigeração ou pode ser também outro refrigerante.

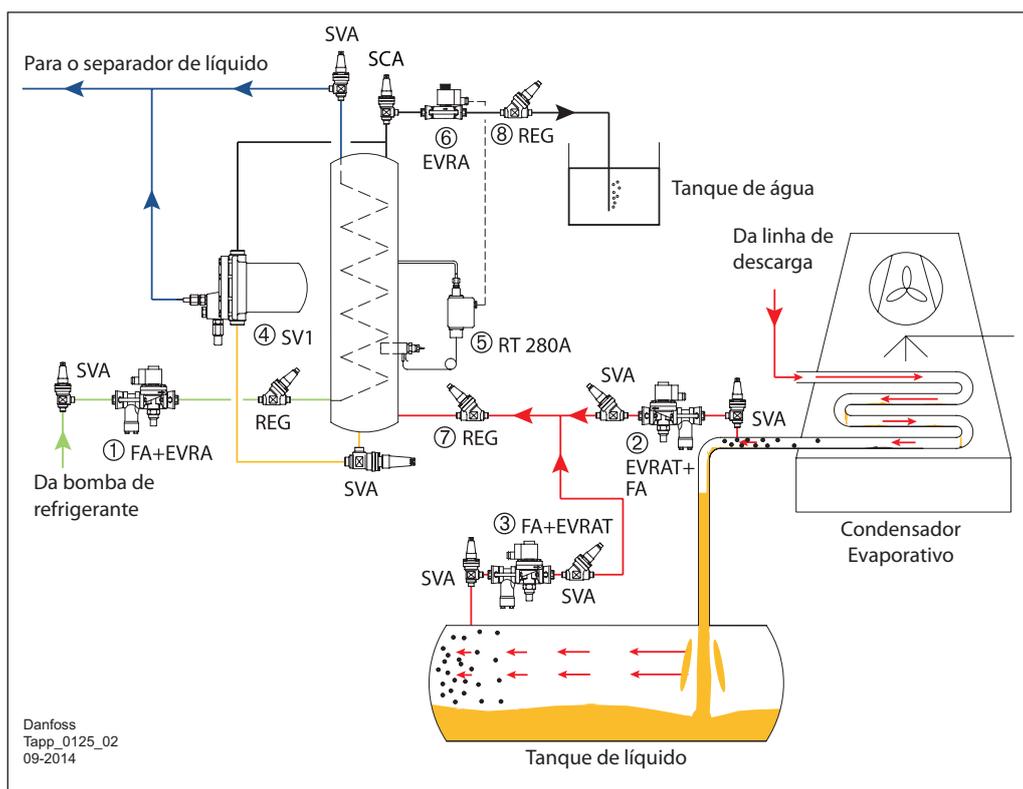
A determinação do local do ponto de purga é muito difícil e depende do tipo de sistema e condensador existente na instalação. Alguns exemplos de pontos de purga podem ser encontrados abaixo: Na figura, as setas nas serpentinas do condensador e os vasos representam as velocidades do fluxo. O comprimento da seta diminui à medida que a velocidade reduz.

Os locais onde ocorre acúmulo maior de ar são representados pelos pontos pretos. Estes locais com alto conteúdo de ar são pontos de onde devem ser feitas as purgas de ar.



Exemplo de aplicação 9.3.1:
Sistema de purga de ar automático utilizando o refrigerante da instalação

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
 - Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
 - Mistura de líquido/vapor refrigerante
 - Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)
 - Ar
- ① Válvula solenoide FA+EVRA
 - ② Válvula solenoide EVRAT+FA
 - ③ Válvula solenoide EVRAT+FA
 - ④ Válvula de bóia SVI
 - ⑤ Chave de pressão pressostato RT280A
 - ⑥ Válvula solenoide EVRA
 - ⑦ Válvula de regulagem manual
 - ⑧ Válvula de regulagem manual



Etapas para a purga de ar:

1. Energize a válvula solenoide EVRA ①, de modo que o refrigerante líquido de baixa pressão entre na serpentina e resfrie o refrigerante contido no vaso.
2. Energize a válvula solenoide EVRAT ② ou ③ (somente UMA delas). O gás refrigerante com ar acumulado é puxado para dentro do vaso, dentro do qual o vapor refrigerante condensa e o ar se eleva para a parte superior do vaso. A válvula de bóia SVI ④ drena o líquido refrigerante condensado automaticamente.
3. Com o ar que se acumula na parte superior do vaso, a pressão total dentro do vaso aumenta quando comparada com a pressão saturada do líquido refrigerante. Quando esta pressão alcança o ajuste, o pressostato RT 280A ⑤ abre a válvula solenoide EVRA ⑥ e purga algum ar do vaso.

A válvula de regulagem ⑧ deve ser ajustada para um grau de abertura relativamente pequeno para ter uma purga de ar do tanque controlada/lenta.

A válvula de regulagem ⑦ deve ser ajustada para um grau de abertura relativamente pequeno, pois deve criar uma queda de pressão para permitir uma pressão mais baixa no interior do airpurger. Alternativamente, um orifício pequeno pode ser ajustado para jusante da válvula regulagem ⑦.

Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

9.4
Sistemas de Recuperação de Calor

O calor gerado decorrente do superaquecimento e/ou condensação no condensador pode ser recuperado se houver necessidade de algum tipo de aquecimento na instalação. Esse calor pode ser usado para o aquecimento de ar em escritórios ou oficinas, aquecimento de água para lavagem ou processamento, pré-aquecimento da água de alimentação de caldeira, etc.

Para que a recuperação de calor seja uma solução econômica, é importante assegurar que o calor gerado e as necessidades de aquecimento se equiparem em termos de disponibilidade, nível de temperatura e fluxo de aquecimento. Por exemplo, para a produção de água quente, ou seja, quando for necessário aquecimento a alta temperatura, poderá ser utilizado o calor proveniente do superaquecimento; para o aquecimento de escritórios, normalmente poderá ser considerada a utilização total do calor gerado pelo condensador.

Um sistema de controle bem projetado é crucial para uma operação sem problemas e eficiente de sistemas de refrigeração com recuperação de calor.

O objetivo do controle é o de coordenar a recuperação de calor com a refrigeração:

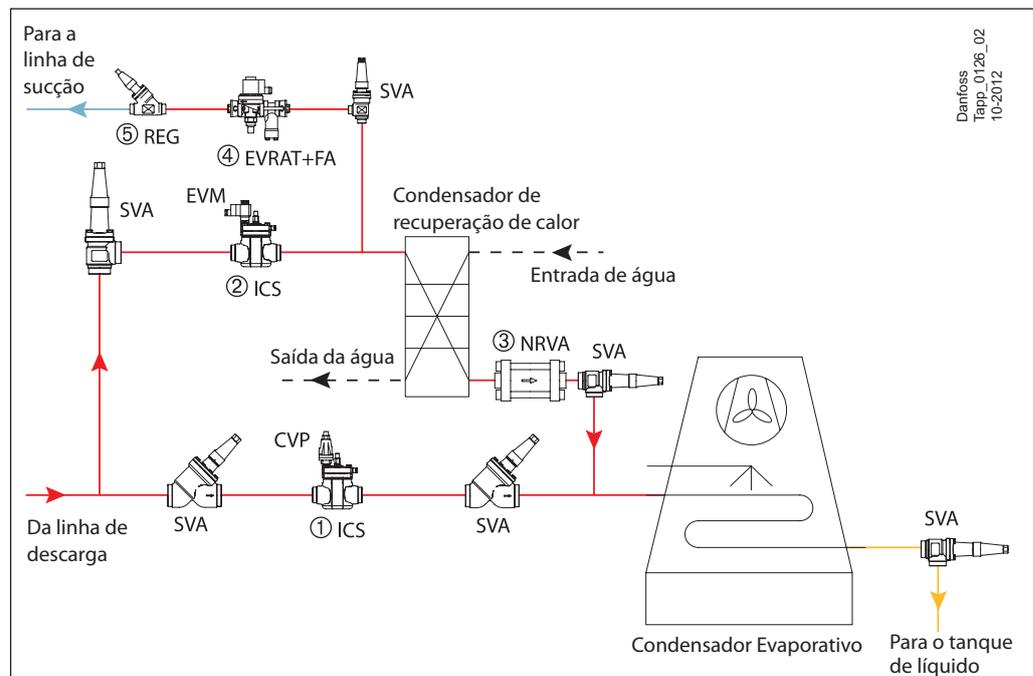
1. A função básica da refrigeração deverá ser assegurada independente do fato da recuperação de calor estar ou não em operação. A pressão de condensação não deve se elevar em excesso quando a recuperação de calor cessar. Além disso, para sistemas de expansão direta, a pressão de condensação não deve ser muito baixa (veja a seção 3).
2. Os requisitos para a recuperação de calor, por ex., a temperatura e fluxo de calor, devem ser atendidos.
3. Funcionamento sem problemas do e de acordo com a necessidade do controle liga/desliga(ON/OFF) da malha de recuperação de calor.

A recuperação de calor necessita de um projeto bem sofisticado que pode variar de instalação para instalação. A seguir são mostrados alguns exemplos:

Exemplo de aplicação 9.4.1:
Controle para disposição em série do trocador de calor para a recuperação de calor do condensador

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Água

- ① Regulador de pressão ICS(CVP)
- ② Válvula solenoide ICS(EVM)
- ③ Válvula de retenção NRVA
- ④ Válvula solenoide EVRAT+FA
- ⑤ Válvula de regulagem manual REG



Danfoss
Temp. 0126_02
10-2012

Este sistema de recuperação de calor é aplicável para ar e para água.

Ciclo de refrigeração sem recuperação de calor
O gás quente da linha de descarga é direcionado diretamente para o condensador principal através da válvula servo operada por piloto ICS ① com o piloto de pressão constante CVP alta pressão(HP). A válvula de retenção NRVA ③ impede que o fluxo retorne para o condensador de recuperação de calor.

Ciclo de recuperação de calor
A válvula servo operada por piloto ICS ② é controlada pelo liga / desliga da válvula solenoide piloto EVM, através de um temporizador, termostato, etc. O gás quente entra no condensador de recuperação.

A ICS ① normalmente fechará devido ao aumento da capacidade de condensação e redução da pressão de descarga. Se a pressão de descarga aumentar, o piloto de pressão constante CVP alta pressão(HP) abrirá a válvula servo-operada por piloto ICS ① de modo que parte do gás quente possa fluir em direção ao condensador principal.

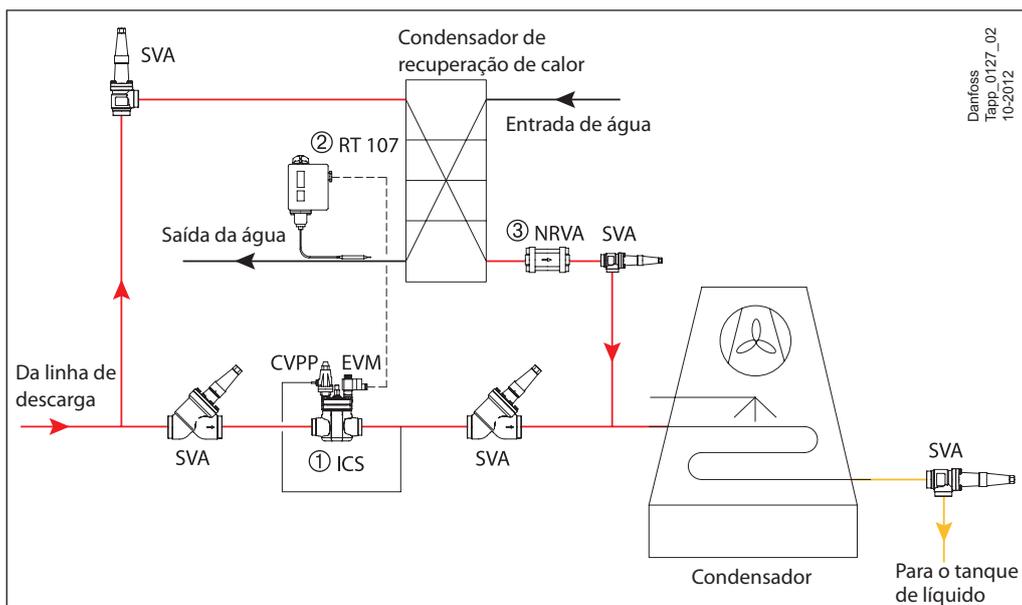
No verão, o condensador de recuperação de calor permanece inativo por extensos períodos de tempo. Para evitar o risco de acúmulo do líquido neste condensador, uma válvula solenoide EVRA ④ e uma válvula de regulagem REG ⑤ asseguram a evaporação periódica de qualquer condensado que possa vir a se formar no mesmo.

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 9.4.2:
Controle para disposição em série do trocador de calor para a recuperação de calor do condensador

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Água

- ① Regulador de pressão diferencial ICS(CVPP+EVM)
- ② Termostato RT107
- ③ Válvula de retenção NRVA



Danfoss
Tapp_0127_02
10-2012

Este sistema de recuperação de calor é aplicável a instalações que possuem sistema de refrigeração central com diversos compressores.

Contanto que somente uma pequena proporção da capacidade do compressor seja utilizada, todo o gás de descarga passará através do condensador de recuperação e então para o condensador principal.

Quanto mais alta for a capacidade utilizada do compressor maior será a perda de pressão no condensador de recuperação.

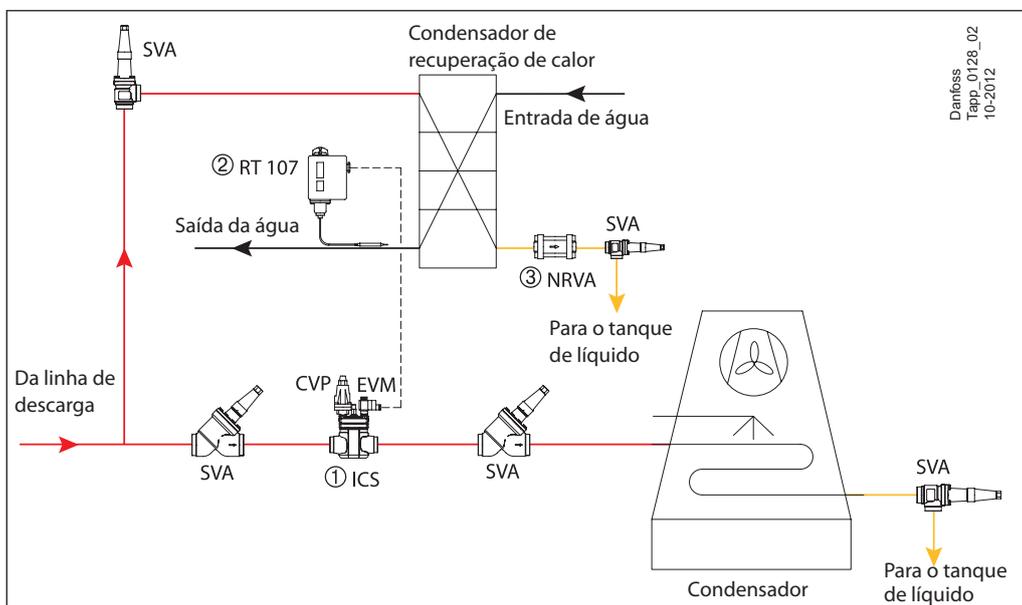
Quando esta perda de pressão exceder o ajuste do piloto de pressão diferencial CVPP alta pressão(HP) a válvula servo-operada por piloto ICS ① abrirá parcialmente e a pressão excessiva do gás será aliviada diretamente em direção ao condensador principal.

Quando a temperatura desejada da água ou do ar tiver sido alcançada por meio do condensador de recuperação de calor, o termostato de diferencial RT 107 ② ativará o piloto EVM do tipo liga/desliga(ON/OFF) e a válvula servo-operada por piloto ICS ① abrirá totalmente.

Exemplo de aplicação 9.4.3:
Controle para disposição em paralelo do trocador de calor para a recuperação de calor do condensador

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Água

- ① Regulador de pressão e válvula solenoide
- ② Termostato RT107
- ③ Válvula de retenção NRVA



Danfoss
Tapp_0128_02
10-2012

Este sistema de recuperação de calor é aplicável a instalações que possuem sistema de refrigeração central com diversos compressores, por ex., para o aquecimento central de água.

Sob operação normal, a válvula servo-operada por piloto ICS ① é mantida aberta pelo operação liga/desliga(ON/OFF) da solenoide piloto EVM, ativada por um controle externo conectado ao termostato de diferencial RT 107.

No inverno, quando a demanda de aquecimento necessita do calor recuperado, a válvula solenoide

piloto EVM fecha, o que, por sua vez faz com que a válvula servo-operada por piloto ICS ① feche também. Se a pressão de condensação exceder o ajuste do piloto de pressão constante CVP alta pressão(HP), a válvula servo-operada por piloto ICS 3 abrirá e a pressão excessiva do gás será aliviada diretamente em direção ao condensador principal.

A válvula de retenção NRVA impede que o refrigerante retorne para o condensador de recuperação de calor.

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

**9.5
Documentos de Referência**

Para uma ordem alfabética de todos os documentos de referência ir para a página 146

Folheto / Manual Técnico

Tipo	N° da Literatura	Tipo	N° da Literatura
BSV	PD.IC0.A	REG	PD.KM1.A
CVP	PD.HN0.A	RT 107	PD.CB0.A
DCR	PD.EJ0.A	SGR	PD.EK0.A
EVM	PD.HN0.A	SNV	PD.KB0.A
EVRA(T)	PD.BM0.B	SVA	PD.KD1.A
ICS	PD.HS2.A	SV 1-3	PD.GE0.B
NRVA	PD.FK0.A	SV 4-6	PD.GE0.D

Instruções do produto

Tipo	N° da Literatura	Tipo	N° da Literatura
BSV	PI.IC0.A	REG	PI.KM1.A
CVP	PI.HN0.C	SGR	PI.EK0.A
DCR	PI.EJ0.B	SNV	PI.KB0.A
EVM	PI.HN0.N	SVA	PI.KD1.A
EVRA(T)	PI.BN0.L	SV 1-3	PI.GE0.C
ICS 25-65	PI.HS0.A	SV 4-6	PI.GE0.B
ICS 100-150	PI.HS0.B		
NRVA	PI.FK0.A		

Para baixar a última versão da literatura, visite o site da Danfoss.

10. Utilização do CO₂ em sistemas de refrigeração

A utilização de dióxido de carbono (CO₂) em sistemas de refrigeração não é nova. O dióxido de carbono foi proposto pela primeira vez como um refrigerante por Alexander Twining (ref. [1]), que mencionou o dióxido de carbono em sua patente britânica em 1850. Thaddeus S.C. Lowe experimentou CO₂ em balões militares, mas ele também projetou uma máquina de gelo com CO₂ em 1867. Lowe também desenvolveu uma máquina a bordo de um navio para o transporte de carne congelada.

A partir da literatura, pode-se observar que os sistemas de refrigeração com CO₂ foram desenvolvidos durante os anos que se seguiram e atingiram o seu auge na década de 1920 e início de 1930. O CO₂ foi geralmente a escolha preferida para uso na indústria naval, porque não era tóxico nem inflamável, enquanto que a amônia (NH₃ ou R717) foi mais comum em aplicações industriais (ref. [2]). O CO₂ desapareceu do mercado, principalmente porque o novo "refrigerante milagroso" Freon, tornou-se disponível e foi comercializado com muito sucesso.

A amônia continuou a ser o refrigerante dominante para aplicações de refrigeração industriais ao longo dos anos. Na década de 90 houve um novo interesse nas vantagens da utilização do CO₂, devido ao ODP (Potencial de Depleção de Ozônio) e GWP (Potencial de Aquecimento Global), que restringiu o uso de CFCs e HFCs e estabeleceu limites em cargas refrigerantes de grandes sistemas com amônia.

O CO₂ é classificado como um refrigerante natural, juntamente com a amônia, hidrocarbonetos, tais como propano e butano e água. Todos esses refrigerantes têm as suas respectivas desvantagens.

A amônia é tóxica, os hidrocarbonetos são inflamáveis e a água tem um potencial limitado de aplicação. Por contraste, o CO₂ não é tóxico e não inflamável.

O CO₂ difere de outros refrigerantes comuns em muitos aspectos, e tem algumas propriedades únicas. O desenvolvimento técnico tem removido desde 1920 muitas das barreiras ao uso de CO₂, mas os usuários devem ainda estar muito conscientes de suas propriedades únicas, e tomar as precauções necessárias para evitar problemas em seus sistemas de refrigeração.

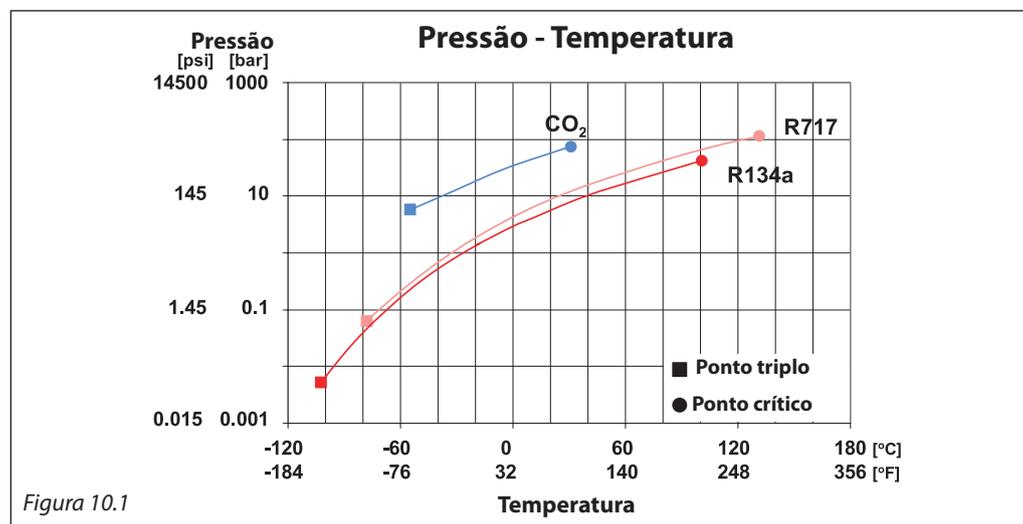
O gráfico da figura 10.1 mostra as curvas da pressão/temperatura do CO₂, R134a e da amônia. Destaques das propriedades do CO₂ em relação aos outros refrigerantes incluem:

- Maior pressão de funcionamento para uma dada temperatura
- Estreita faixa de temperaturas operacionais
- Ponto triplo em uma pressão muito mais alta
- Ponto crítico a uma temperatura muito baixa

Enquanto que o ponto triplo e o ponto crítico normalmente não são importantes para refrigerantes comuns, o CO₂ é diferente. O ponto triplo é relativamente alto a 5,2 bar [75,1 psi], mas, mais importante ainda, é maior do que a pressão atmosférica normal.

Isso pode criar problemas, a menos que sejam tomadas precauções adequadas. Além disso, o ponto crítico do CO₂ é muito baixo: 31,1°C [88,0°F], que afeta fortemente os requisitos do projeto.

Na tabela abaixo, várias propriedades do CO₂ são comparadas com as do R134a e da amônia.



Refrigerante	R 134a	NH ₃	CO ₂
Substância natural	NÃO	SIM	SIM
Potencial de Depleção de Ozônio (ODP)*	0	0	0
Potencial de Aquecimento Global (GWP)*	1300	-	1
Ponto crítico	bar [psi]	40,7 [590]	113 [1640]
	°C [°F]	101,2 [214]	132,4 [270]
Ponto triplo	bar [psi]	0,004 [0,06]	0,06 [0,87]
	°C [°F]	-103 [-153]	-77,7 [-108]
Inflamável ou explosivo	NÃO	(SIM)	NÃO
Tóxico	NÃO	SIM	NÃO

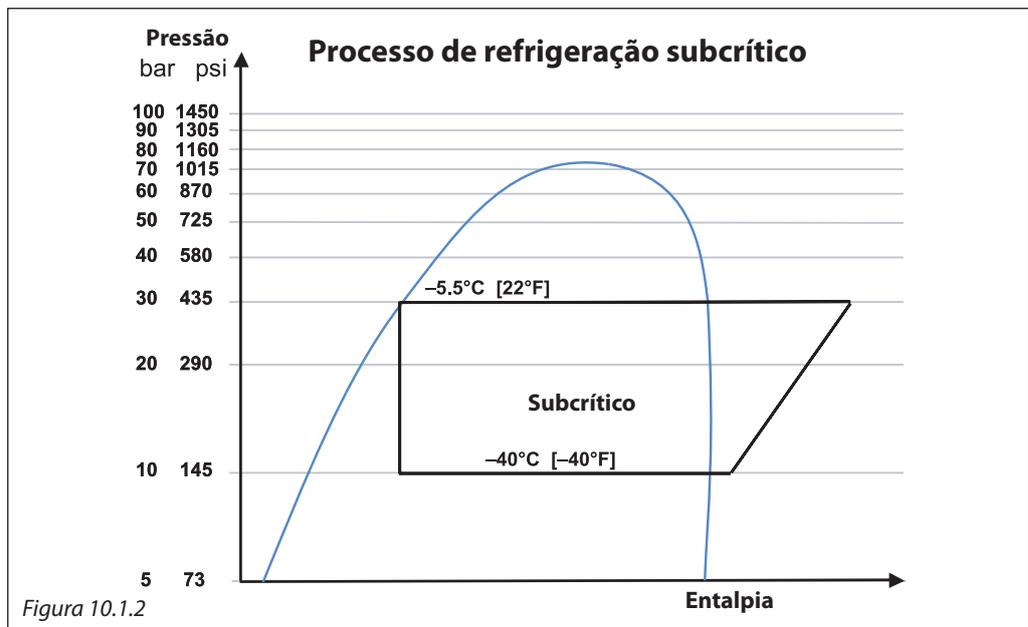
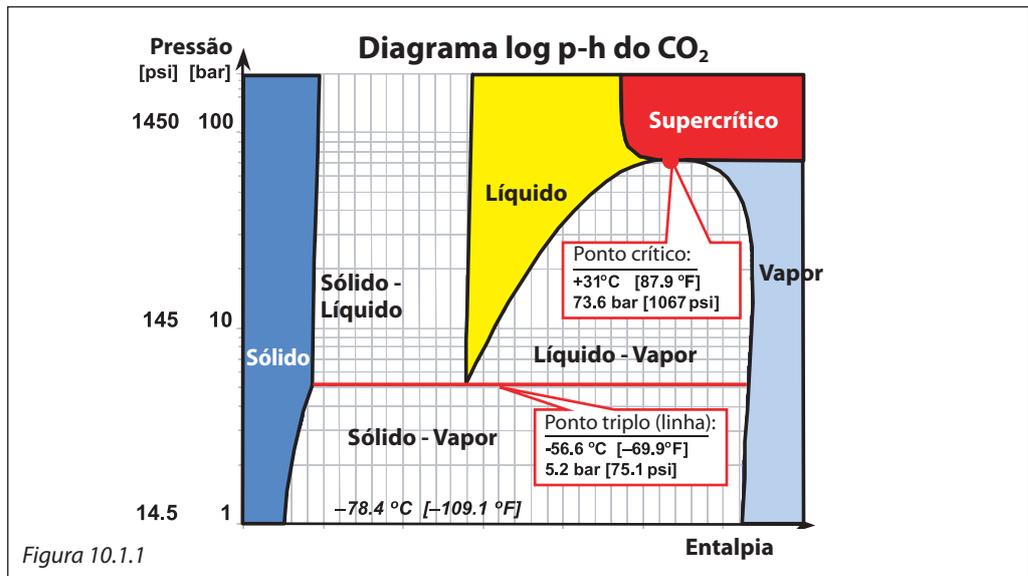
**10,1
CO₂ como um refrigerante**

O CO₂ pode ser utilizado como um refrigerante em um número de diferentes tipos de sistemas, incluindo tanto subcrítico, como supercrítico. Para qualquer tipo de sistema de CO₂, tanto o ponto crítico, como o ponto triplo devem ser considerados.

O ciclo de refrigeração clássico que todos nós estamos familiarizados é o subcrítico, ou seja, toda a gama de temperaturas e pressões estão abaixo do ponto crítico e acima do ponto triplo. Um sistema de simples estágio subcrítico de CO₂ é simples, mas também possui desvantagens devido à sua gama limitada de temperatura e alta pressão (figura 10.1.2).

Sistemas transcíticos de CO₂ são atualmente apenas de interesse para aplicações pequenas e comerciais, por exemplo, ar condicionado móvel, bombas de calor pequenas e refrigeração de supermercados, mas não para sistemas industriais (figura 10.1.3). Sistemas transcíticos não estão descritos nesse manual.

As pressões de operação para ciclos subcríticos estão na faixa de 5,7 a 35 bar [83 a 507 psi], correspondente a -55 a 0°C [-67 a 32°F]. Se os evaporadores são descongelados usando gás quente, em seguida, a pressão operacional é maior cerca de 10 bar [145 psi].



10,1
CO₂ como um refrigerante
(continuação)

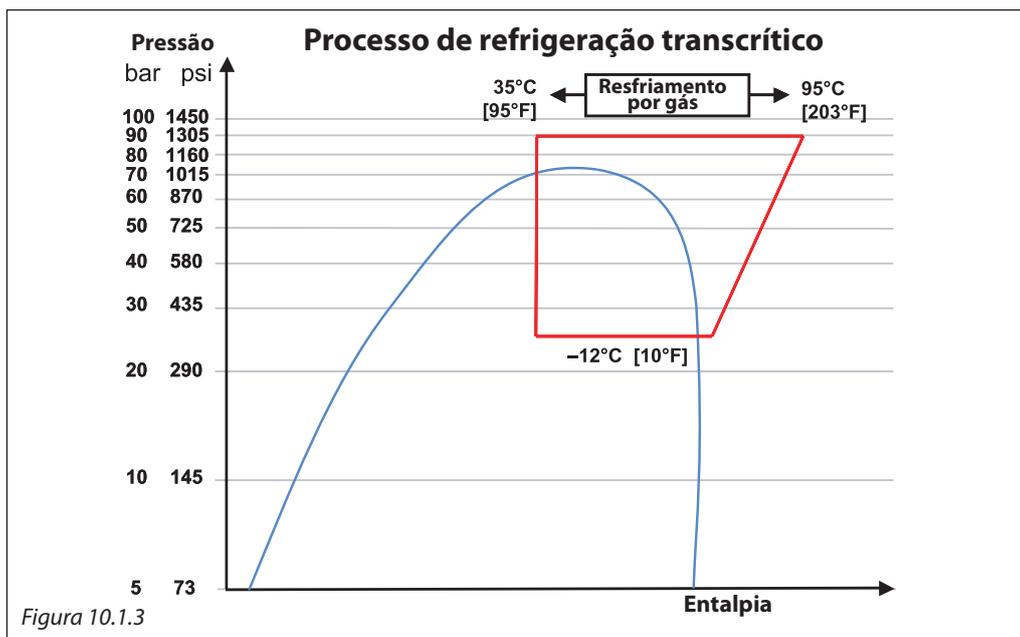


Figura 10.1.3

O CO₂ é o mais utilizado em projetos de sistemas híbridos ou cascatas na refrigeração industrial, pelo fato que sua pressão pode ser limitada a tal ponto que os componentes comercialmente disponíveis tais como compressores, válvulas e controles possam ser utilizados.

O CO₂ em sistemas em cascatas podem ser designados em diversas formas, p. ex. sistemas de expansão direta, sistemas de circulação por bomba, CO₂ em sistemas de "salmoura" secundários voláteis, ou a combinação desses.

10,2
CO₂ como um refrigerante
em sistemas industriais

A figura 10.2.1 exibe um sistema de refrigeração de baixa temperatura -40°C [-40°F] usando o CO₂ como refrigerante de troca de fase em um sistema em cascata com amônia no lado da pressão alta.

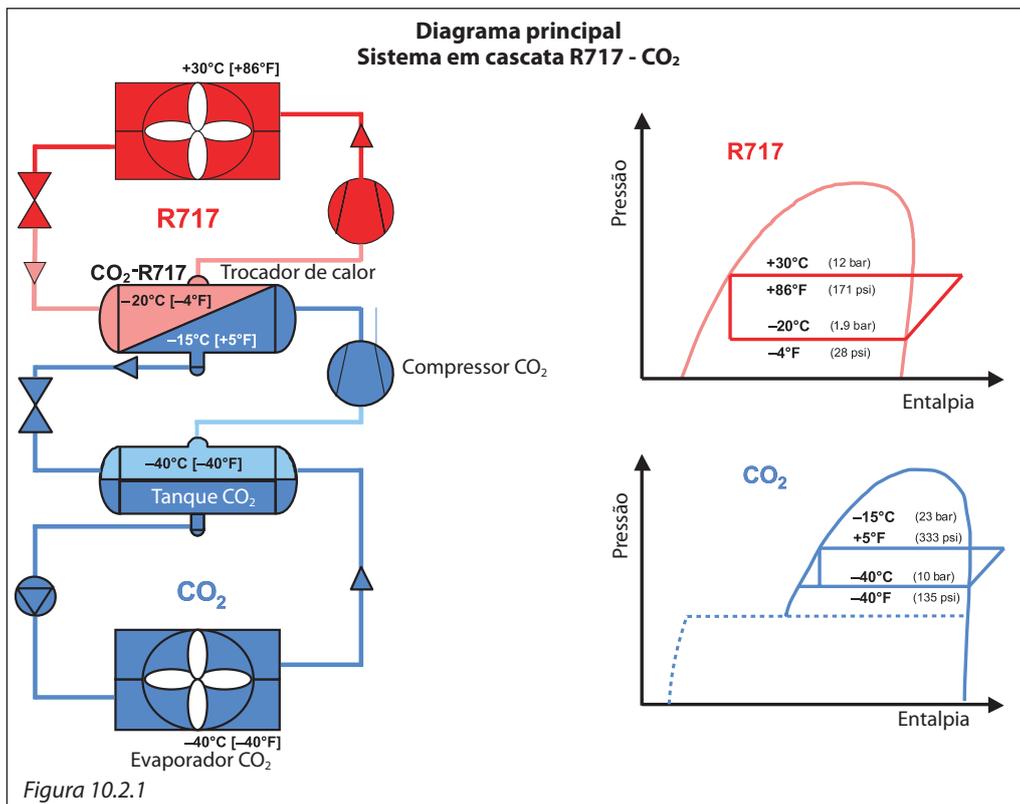
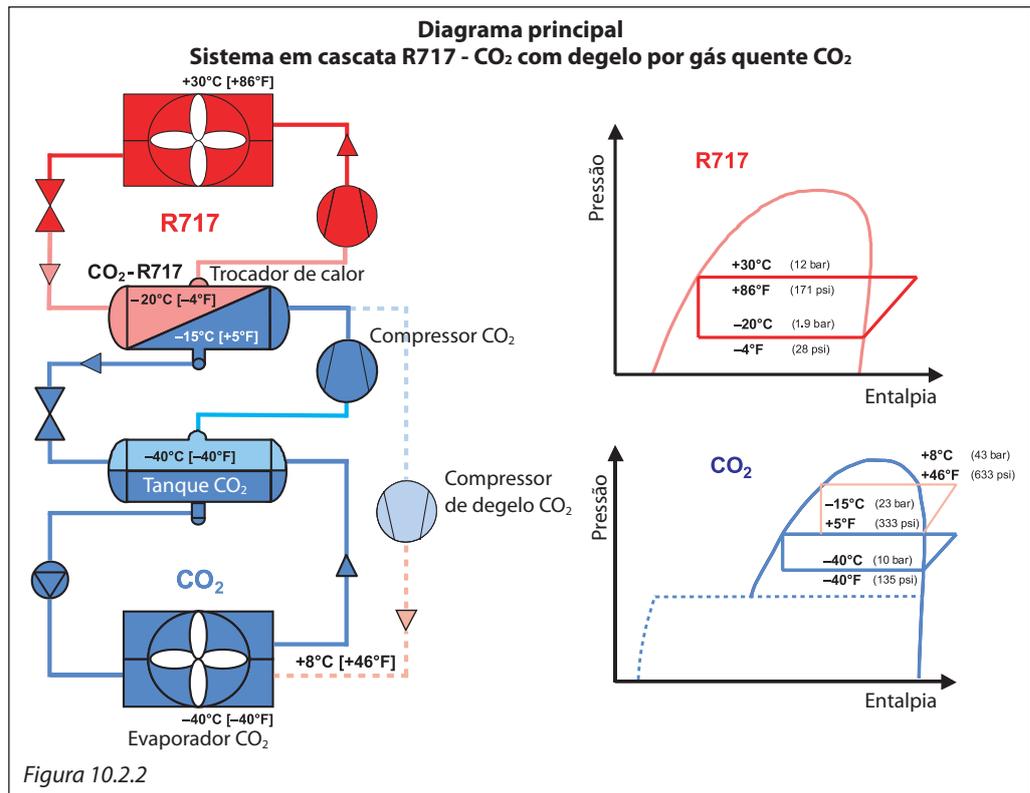


Figura 10.2.1

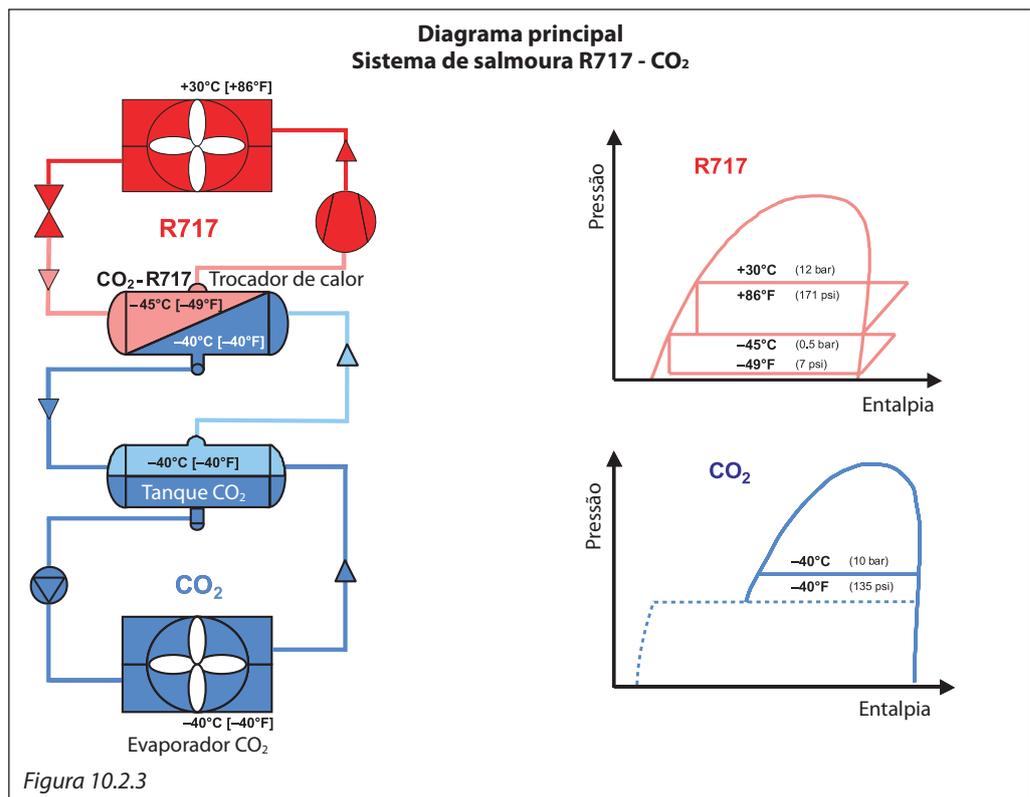
10,2
CO₂ como um refrigerante
em sistemas industriais
(continuação)



O sistema de CO₂ é um sistema de bomba de circulação onde o CO₂ líquido é bombeado a partir do tanque de CO₂ para o evaporador, onde é parcialmente evaporado, antes de retornar para o tanque de CO₂. O CO₂ evaporado é então comprimido em um compressor de CO₂, e condensado no trocador de calor de CO₂ / NH₃. O trocador de calor funciona como um evaporador

no sistema NH₃. Em comparação com um sistema tradicional de amônia, a taxa de amônia no sistema de cascata acima mencionado pode ser reduzido por um fator de aproximadamente 10.

Figura. 10.2.2 mostra o mesmo sistema como na figura 10.2.1, mas inclui um sistema de degelo por gás quente de CO₂.



10,2
CO₂ como um refrigerante
em sistemas industriais
(continuação)

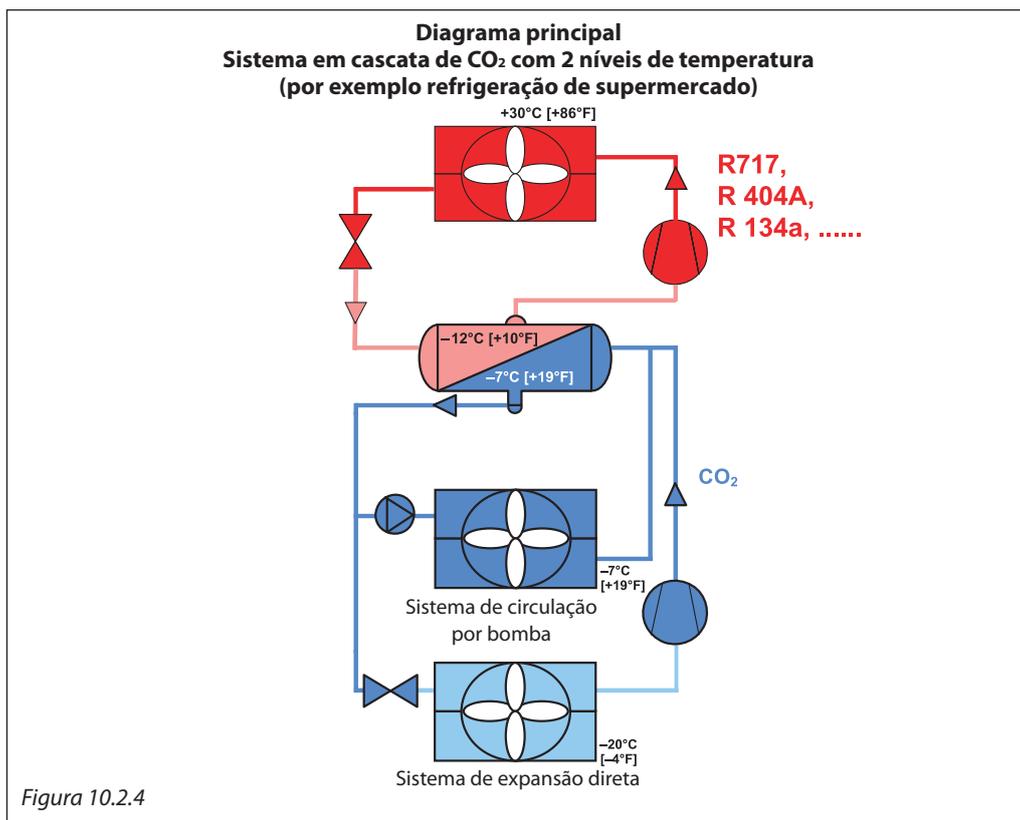


Figura 10.2.4

A figura 10.2.3 exibe um sistema de refrigeração de baixa temperatura -40°C [-40°F] usando o CO₂ como um sistema de "salmoura" com amônia no lado da pressão alta. O sistema de CO₂ é um sistema de circulação por bomba, onde o CO₂ líquido é bombeado a partir do tanque para o evaporador. Aqui é parcialmente evaporado, antes de retornar para o tanque.

O CO₂ evaporado é então condensado no trocador de calor CO₂ / NH₃. O trocador de calor funciona como um evaporador no sistema NH₃. Figura 10.2.4 mostra um sistema misto com sistema de expansão direta inundado, por exemplo, para um sistema de refrigeração de um supermercado, quando 2 níveis de temperatura são necessários.

10,3
Pressão do projeto

Ao determinar a pressão do projeto para sistemas com CO₂, os dois fatores mais importantes a considerar são:

- Pressão durante inatividade
- Pressão exigida durante degelo

Importante, sem qualquer controle de pressão, em períodos de inatividade, ou seja, quando o sistema for desligado, a pressão do sistema irá aumentar devido ao ganho de calor do ar do ambiente. Se a temperatura atingisse 0°C [32°F], a pressão seria 34.9 bar [505 psi] ou 57.2 bar [830 psi] @ 20°C [68°F]. Para os sistemas de refrigeração industriais, isso seria muito caro para conceber um sistema que pode suportar a pressão de equalização (isto é, a pressão de saturação correspondente à temperatura ambiente) durante inatividade. Entretanto, a instalação de uma pequena unidade de condensação auxiliar é uma forma comum de limitar a pressão máxima durante a inatividade para um nível razoável, por exemplo, 30 bar [435 psi].

Com o CO₂, muitas formas diferentes de degelo podem ser aplicadas (por exemplo, natural, água, eletricidade, gás quente). O degelo a gás quente é o mais eficiente, especialmente a baixas temperaturas, mas exige também a pressão mais elevada. Com uma pressão de projeto de 52 bar-g [754 psig], é possível chegar a uma temperatura de degelo de aproximadamente 10°C [50°F].

A pressão saturada a 10°C [50°F] é de 45 bar [652 psi]. Adicionando 10% para as válvulas de segurança e aproximadamente 5% para os picos de pressão, a pressão de trabalho máxima admissível indicado seria ~ 52 barg [~ 754 psig] (figura 10.3.2 e 10.3.3).

10,3
Pressão de projeto
(continuação)

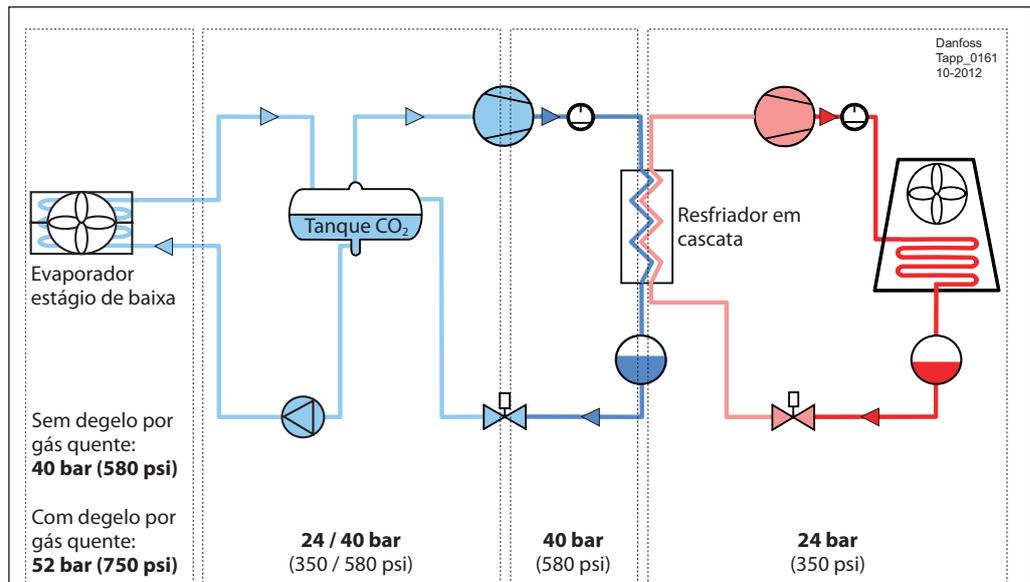


Figura 10.3.1 - Sistema em cascata CO₂/NH₃ - Tipicamente usado em pressões de projeto

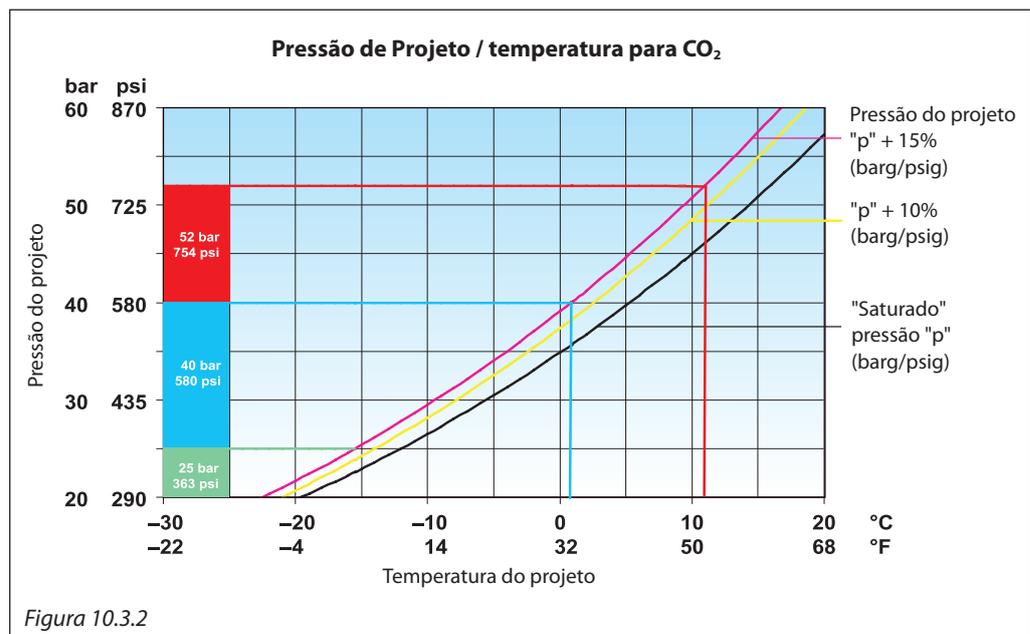


Figura 10.3.2

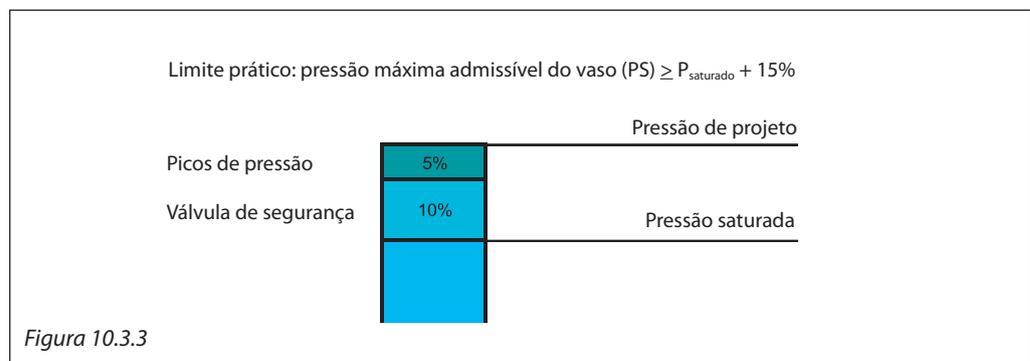


Figura 10.3.3

**10,4
Segurança**

CO₂ é uma substância inodora, incolor classificada como um refrigerante não inflamável e não-tóxico, mas mesmo que ainda todas as propriedades parecem muito positivas, o CO₂ também apresenta algumas desvantagens.

Pelo fato do CO₂ não apresentar odor, não é alarmante se ocorrer vazamento (ref. [6]).

CO₂ é mais pesado do que o ar, de modo que desce ao chão ou do nível do chão. Isso pode criar situações perigosas, especialmente em poços ou espaços confinados. O CO₂ pode deslocar o oxigênio tanto que a mistura resultante é letal. A densidade relativa do CO₂ é de 1,529 (ar=1 @ 0°C [32°F]). O risco exige atenção especial durante o projeto e operação. Detecção de vazamento e/ou ventilação de emergência são sempre necessários.

Comparado à amônia, o CO₂ é um refrigerante mais seguro. O TLV (valor limite) é a concentração máxima de vapor de CO₂ no ar, na qual pode ser tolerada durante um turno de oito horas durante 40 horas por semana. O limite de segurança do TLV é de 25 ppm para a amônia e 5000 ppm (0,5%) para o CO₂.

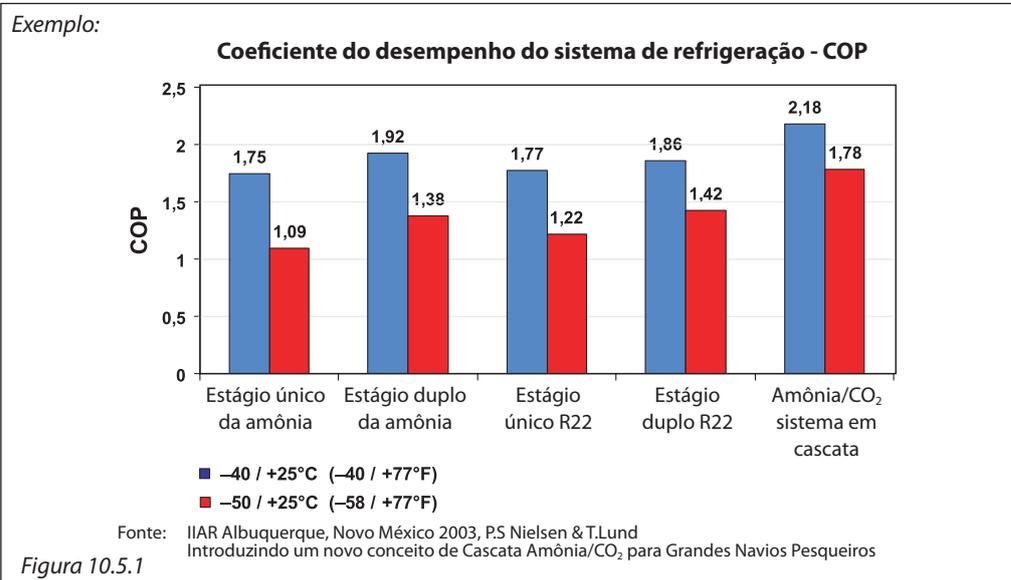
Aprox. 0,04% CO₂ está presente no ar. Com maior concentração, algumas reações adversas são relatadas:

2%	50% de aumento na frequência respiratória
3%	100% de aumento na frequência respiratória
5%	300% de aumento na frequência respiratória
8-10%	respiração natural é interrompida e a respiração torna-se quase impossível. Dor de cabeça, tonturas, sudorese e desorientação.
> 10%	Pode levar à perda de consciência e morte.
> 30%	Leva rapidamente à morte.

10,5
Eficiência

Em sistemas de cascata CO₂/ NH₃ é necessário usar um trocador de calor. Usando um trocador de calor reduz a eficiência do sistema, devido à necessidade de ter uma diferença de temperatura entre os fluidos. No entanto, os compressores que

funcionam com CO₂ tem uma melhor eficiência e a transferência de calor é maior. A eficiência geral de um sistema em cascata CO₂ / NH₃ não é reduzida quando comparada com um sistema tradicional de NH₃(Figura 10.5.1 & ref. [3]) .



10,6
Óleo em sistemas com CO₂

Em sistemas com CO₂ com compressores de refrigeração tradicionais, os dois tipos de óleo miscíveis e imiscíveis são usados (veja a tabela abaixo).

Para lubrificantes imiscíveis, tais como polialfaolefina (PAO), o sistema de gestão do lubrificante é relativamente complicado. A densidade de PAO é menor do que a densidade de CO₂ líquido. Por conseguinte, o lubrificante flutua acima do refrigerante, o que torna-o mais difícil de remover do que nos sistemas de amônia. Além disso, para evitar as incrustações nos evaporadores, a separação de óleo no compressor com os óleos não miscíveis deve ser altamente eficaz, basicamente, um sistema praticamente livre de óleo é desejável.

Com lubrificantes miscíveis, como poliéster (POE), o sistema de gestão de óleo pode ser muito mais simples. Óleos POE possui uma elevada afinidade com a água, de modo que o desafio ao usar o POE é assegurar a estabilidade do lubrificante.

Nos sistemas de *salmoura voláteis* que utilizam o CO₂ como um refrigerante secundário, e em sistemas de circulação com compressores livres de óleo, nenhum óleo está presente na circulação do CO₂. De um ponto de vista eficiente, isto é ótimo porque resulta em bons coeficientes de transferência de calor nos evaporadores. No entanto, é necessário que todas as válvulas, controles e outros componentes possam operar estando secos.

CO₂ e óleo

Tipo de óleo	PAO Poli-alfa-olefin óleo (óleo sintético)	POE Poliol ester óleo (óleo ester)
Solubilidade	Baixo (imiscível)	Alto (miscível)
Hidrólise	Baixa	Alta afinidade para a água
Sistema de separação de óleo	Requisitos especiais: <ul style="list-style-type: none"> Filtração de elevado desempenho <ul style="list-style-type: none"> Filtros coalescentes de multiestágios Filtro de carvão ativo 	Nenhum requisito especial (Requisitos do sistema como HCFC/HFC)
Sistema de retorno de óleo	Requisito especial: <ul style="list-style-type: none"> Drenagem do óleo a partir do tanque de temperatura baixa (densidade do óleo mais baixa do que o CO₂ - oposto do NH₃) 	Simples (Requisitos do sistema como HCFC/HFC)
Contestação	<ul style="list-style-type: none"> Sistema de separação e retorno de óleo Acumulação de óleo a longo prazo em por exemplo, evaporadores 	<ul style="list-style-type: none"> Alta afinidade para a água Estabilidade do óleo a longo prazo Sistema de refrigeração "limpo" exigido

10,6
Óleo em sistemas com CO₂
(continuação)

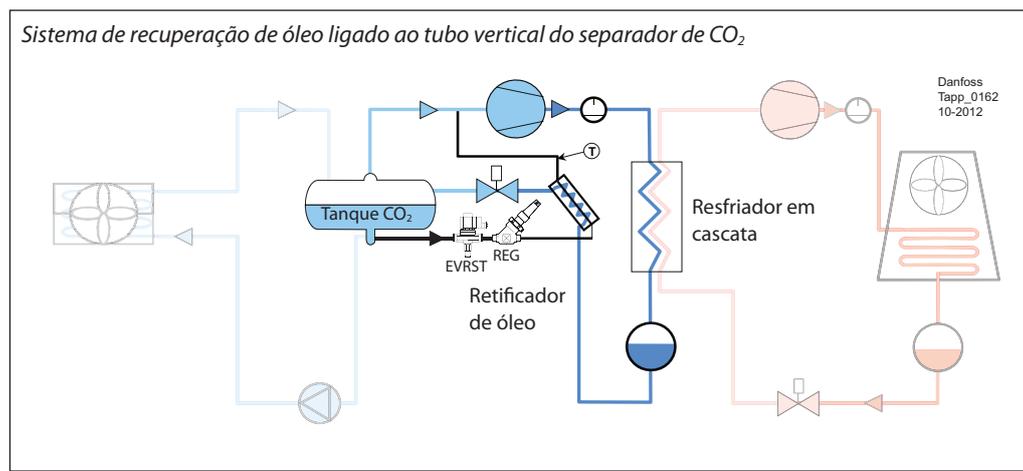
A concentração de óleo no separador da bomba aumenta gradualmente porque o óleo não pode ser diretamente aspirado de volta ao compressor com o gás. Se a concentração de óleo no evaporador torna-se muito elevada, as forças adesivas farão com que o óleo "grude" nas superfícies de transferência de calor. Isso reduz a capacidade da planta.

CO₂ puro em líquido nunca deve retornar ao compressor, visto que isso irá danificar o compressor. Portanto é imperativo que o CO₂ na saída do trocador de calor esteja superaquecido.

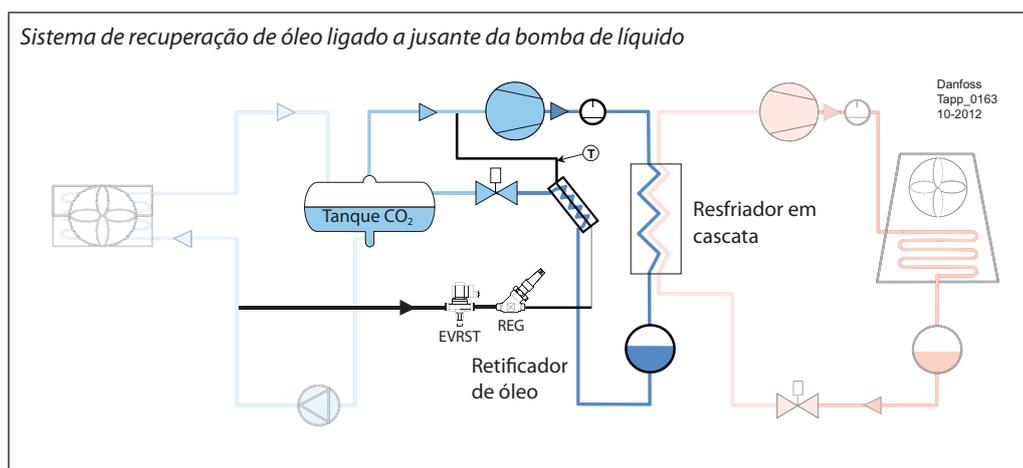
O superaquecimento pode ser controlado por uma válvula de regulagem manual (REG) montada a jusante da válvula solenoide.

Com a constante ebulição de parte do líquido óleo/CO₂, a partir do separador da bomba, a concentração de óleo na planta permanece baixa. Durante o processo de ebulição no retificador de óleo, o CO₂ líquido é subresfriado e a mistura líquida óleo/CO₂ do separador de CO₂ é fervida e sugada de volta ao compressor de CO₂.

Exemplo 10.6.1
Sistema de gestão de óleo para sistemas com óleos solúveis (miscíveis)



Exemplo 10.6.2
Sistema de gestão de óleo para sistemas com óleos solúveis (miscíveis)



Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

10,7

Comparação das necessidades dos componentes em sistemas com CO₂, amônia e R134a

Comparado com a amônia e o R134a, o CO₂ difere em muitos aspectos. A seguinte comparação ilustra este fato; para permitir uma comparação "verdadeira", as condições de operação tais como a temperatura de evaporação, a temperatura de condensação, são mantidas constantes.

Refrigerante		R 134a	R 717	CO ₂	
Capacidade	KW [TR]	250 [71]	250 [71]	250 [71]	
Linha de "retorno úmido"	ΔT	0,8 [1,4]	0,8 [1,4]	0,8 [1,4]	
	Δp	0,0212 [0,308]	0,0303 [0,439]	0,2930 [4,249]	
	Velocidade	11,0 [36,2]	20,2 [66,2]	8,2 [26,9]	
Diâmetro	mm [pol]	215 [8,5]	133 [5,2]	69 [2,7]	
Área de retorno úmido	mm ² [pol ²]	36385 [56,40]	13894 [21,54]	3774 [5,85]	
Linha de "líquido"	Velocidade	m/s [ft/s]	0,8 [2,6]	0,8 [2,6]	0,8 [2,6]
	Diâmetro	mm [pol]	61 [2,4]	36 [1,4]	58 [2,3]
	Área do líquido	mm ² [pol ²]	2968 [4,6]	998 [1,55]	2609 [4,04]
Área total da seção transversal do tubo + área "líquida"		mm ² [pol ²]	39353 [61,0]	14892 [23,08]	6382 [9,89]
Área da seção transversal do líquido		%	8	7	41

$L_{eqv} = 50 \text{ [m]} / 194 \text{ [ft]}$ - Circ bomba.: $n^{circ} = 3$ - Temperatura de evaporação.: TE = -40[°C] / -40[°F]

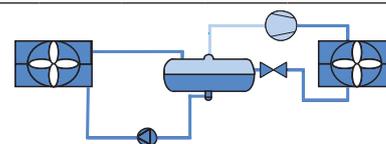
Tabela 1

Refrigerante		R 134a	R 717	CO ₂	
Capacidade	KW [TR]	250 [71]	250 [71]	250 [71]	
Linha de "sucção seca"	ΔT	0,8 [1,4]	0,8 [1,4]	0,8 [1,4]	
	Δp	0,0212 [0,308]	0,0303 [0,439]	0,2930 [4,249]	
	Velocidade	20,4 [67]	37,5 [123]	15,4 [51]	
Diâmetro	mm [pol]	168 [6,6]	102 [4,0]	53 [2,1]	
Área de "sucção seca"	mm ² [pol ²]	22134 [34,31]	8097 [12,55]	2242 [3,48]	
Linha de "líquido"	Velocidade	m/s [ft/s]	0,8 [2,6]	0,8 [2,6]	0,8 [2,6]
	Diâmetro	mm [pol]	37 [1,5]	21 [0,8]	35 [1,4]
	Área do líquido	mm ² [pol ²]	1089 [1,69]	353 [0,55]	975 [1,51]
Área total da seção transversal do tubo + área do líquido		mm ² [pol ²]	23223 [36,00]	8450 [13,10]	3217 [4,99]
Área da seção transversal do líquido		%	5	4	30

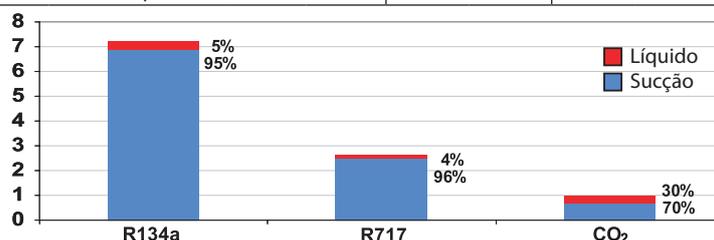
$L_{eqv} = 50 \text{ [m]} / 194 \text{ [ft]}$ - Temperatura de evaporação.: TE = -40[°C] / -40[°F] - Temperatura de condensação.: TE = -15[°C] / -5[°F]

Tabela 2

10,7
Comparação das necessidades
dos componentes em sistemas
com CO₂, amônia e R134a
 (continuação)

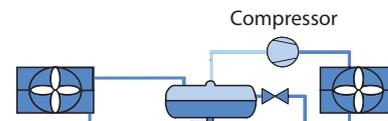
Comparação da área da seção transversal do tubo
da sucção seca / Linhas de líquido


Refrigerante			R 134a	R 717	CO ₂
Capacidade	KW [TR]		250 [71]	250 [71]	250 [71]
Linha de "sucção seca"	Área de "sucção seca"	mm ² [pol ²]	22134 [34,31]	8097 [12,55]	2242 [3,48]
Linha de "líquido"	Área do líquido	mm ² [pol ²]	1089 [1,69]	353 [0,55]	975 [1,51]
Área total da seção	"Sucção seca + área do líquido"	mm ² [pol ²]	23223 [36,00]	8450 [13,10]	3217 [4,99]
Área relativa da seção transversal		-	7,2	2,6	1,0
Área da seção transversal do líquido		%	5	4	30
Área da seção transversal do vapor		%	95	96	70



$T_{\text{evap}} = 50$ [m] / 194 [ft] - Temperatura de evaporação.: TE = -40[°C] / -40[°F] - Temperatura de condensação.: TE = -15[°C] / -5[°F]

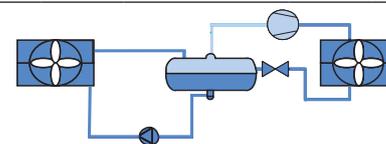
Tabela 3

Comparação do deslocamento do
compressor


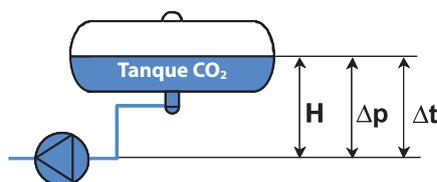
Refrigerante			R 134a	R 717	CO ₂
Capacidade do refrigerante	KW [TR]		250 [71]	250 [71]	250 [71]
Deslocamento do compressor exigido	m ³ /h [ft ³ /h]		1628 [57489]	1092 [38578]	124 [4387]
Deslocamento relativo			13,1	8,8	1,0

Temperatura de evaporação.: TE = -40[°C] / -40[°F] - Temperatura de condensação.: TE = -15[°C] / -5[°F]

Tabela 4

Comparação da pressão / subresfriamento
produzido tubagem de líquido


Refrigerante			R 134a	R 717	CO ₂
Altura da tubagem de líquido "H"	m [ft]		3 [9,8]	3 [9,8]	3 [9,8]
Pressão gerada na tubagem de líquido "Δp"	bar [psi]		0,418 [6,06]	0,213 [2,95]	0,329 [4,77]
Subresfriamento gerado na tubagem de líquido "Δt"	K [°F]		14,91 [26,8]	5,21 [9,4]	0,88 [1,6]



Temperatura de evaporação.: TE = -40[°C] / -40[°F]

Tabela 5

Sistemas de circulação em linhas de retorno úmido:

Uma comparação dos sistemas de bomba de circulação mostra que para as linhas de retorno "úmido", os sistemas com CO₂ requerem tubos muito menores do que a Amônia ou R134a (tabela 3). Na linha de retorno úmido de CO₂, a queda de pressão permitida para uma queda de temperatura equivalente é de aproximadamente

10 vezes maior do que para a linha de retorno "úmido" da Amônia ou do R134a. Este fenômeno é o resultado da alta densidade relativa do vapor de CO₂. A comparação acima é baseada em uma taxa de circulação de 3. Os resultados são levemente diferentes, se a taxa de circulação for otimizada para cada refrigerante.

Linhas de sucção em sistemas de expansão secos:

Na comparação das linhas de sucção "secas", os resultados são quase os mesmos em relação à comparação anterior, tanto em termos de queda de pressão, como em tamanho da linha (tabela 2).

Linhas de líquido:

Para ambos os sistemas de recirculação e expansão seca, os tamanhos calculados para as linhas de líquido de CO₂ são muito maiores do que aqueles para amônia, mas apenas levemente maiores do que aqueles para o R134a (tabela 1 e 2). Isto pode ser explicado pelo calor latente muito maior da amônia em relação ao CO₂ e o R134a. Com referência à tabela que mostra as áreas transversais relativas do líquido e do vapor para os três refrigerantes (tabela 1), a área total de secção transversal para o sistema de CO₂ é de cerca de 2,5 vezes menor do que o sistema de amônia e cerca de sete vezes menor do que do R134a. Este resultado tem implicações interessantes em relação aos custos de instalação para os três refrigerantes. Devido ao pequeno volume de vapor do sistema de CO₂ e da grande capacidade de refrigeração volumétrica, o sistema de CO₂ é relativamente sensível a variações de capacidade. É, portanto, importante projetar o separador de líquido com volume suficiente para

compensar o pequeno volume de vapor nos tubos. A capacidade do compressor exigida para cargas de refrigeração idênticas é calculada para os três refrigerantes (tabela 4). Como pode ser visto, o sistema de CO₂ exige um compressor bem menor do que os sistemas com amônia ou de R134a.

Para os compressores de deslocamento idênticos, a capacidade da capacidade do compressor para o CO₂ é 8,8 vezes maior do que para a amônia e 13 vezes maior do que para o R134a.

O subresfriamento gerado no aumento do líquido de uma dada altura "H" é calculado para os três refrigerantes (tabela 5). O subresfriamento para o aumento do CO₂ líquido é muito menor do que para a amônia e o R134a. Esta característica deve ser observada na elaboração de sistemas com CO₂, a fim de impedir a cavitação e outros problemas com as bombas de CO₂ líquidas.

10,8
Água em sistemas com CO₂

Em sistemas com amônia, o óleo é alterado regularmente e não condensáveis são purgados com frequência para minimizar a acumulação de óleo, água e sólidos contaminantes que podem causar problemas.

Comparado com os sistemas com amônia, o CO₂ é menos sensível, mas se a água estiver presente, podem ocorrer problemas. Algumas instalações iniciais de CO₂ relataram problemas com o equipamento de controle, entre outros componentes. As investigações revelaram que muitos destes problemas foram causados pelo congelamento

da água no sistema. Os sistemas modernos usam filtros secadores para manter a quantidade de água no sistema a um nível aceitável.

O nível aceitável de água em sistemas com CO₂ é muito menor do que com outros refrigerantes comuns. O diagrama na figura 10.8.1 mostra a solubilidade da água em fase líquida e de vapor do CO₂ como uma função de temperatura. A solubilidade na fase líquida, é muito maior do que na fase de vapor. A solubilidade na fase de vapor também é conhecida como o ponto de orvalho.

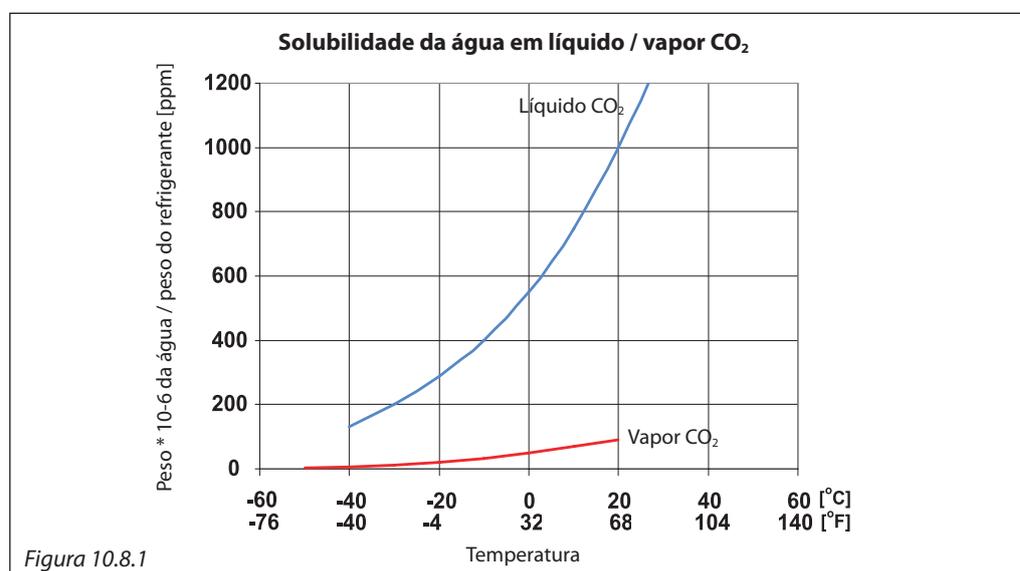
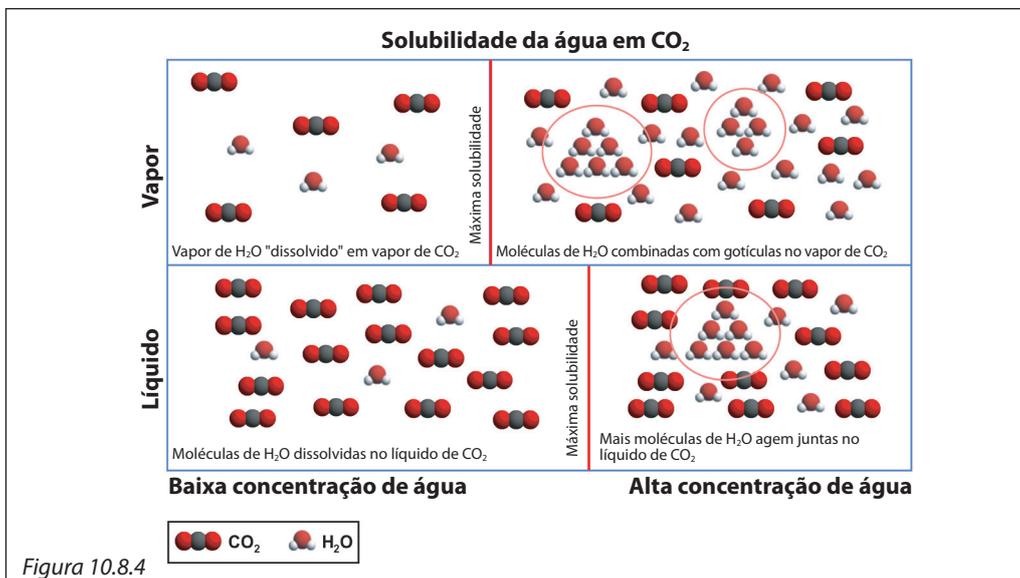
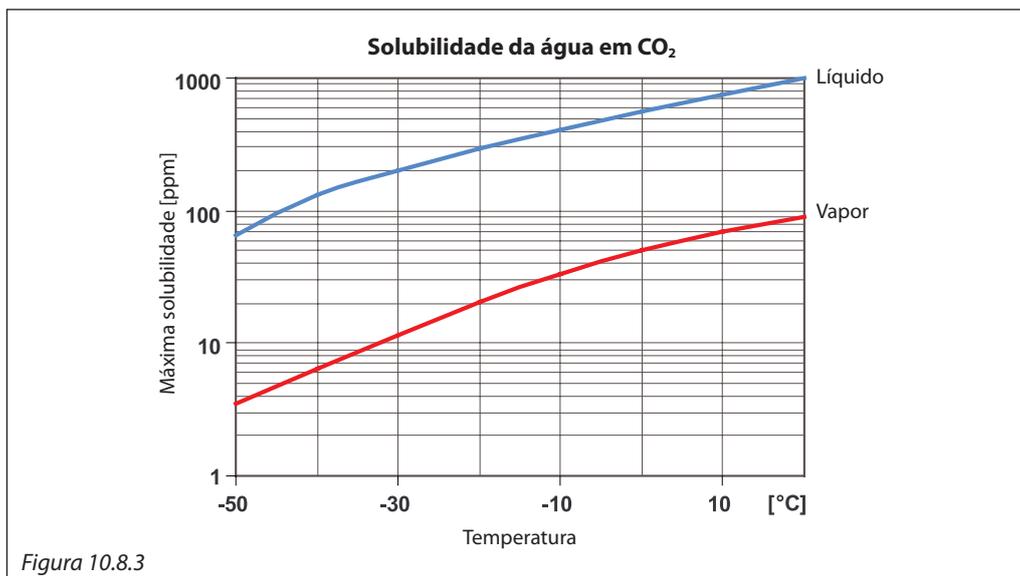
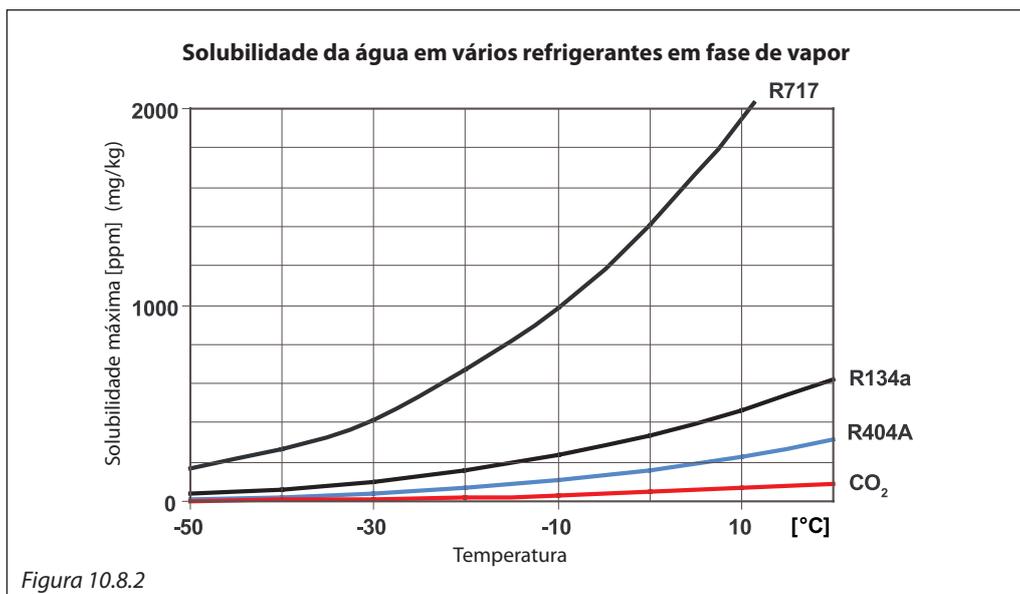


Figura 10.8.1

10,8
 Água em sistemas com CO₂
 (continuação)



10,8
Água em sistemas com CO₂
(continuação)

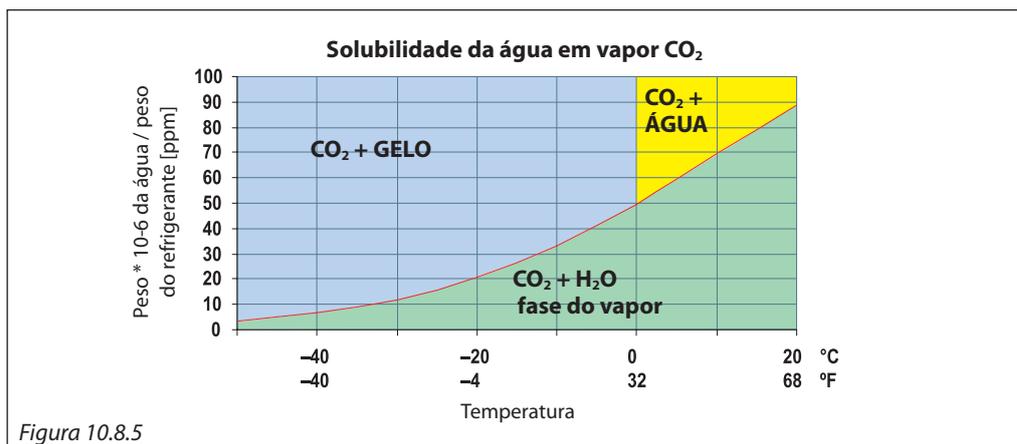


Figura 10.8.5

O diagrama na figura 10.8.1 mostra que a solubilidade da água em CO₂ é muito menor do que para o R134a ou a amônia. Em -20°C [-4°F], solubilidade da água na fase líquida é:

- 20,8 ppm para CO₂
- 158 ppm para R134a
- 672 ppm para amônia

Abaixo destes níveis, a água permanece dissolvida no refrigerante, e não prejudica o sistema. Tal como ilustrado na figura 10.8.4, as moléculas de água (H₂O) são dissolvidas se a concentração for menor do que o limite máximo de solubilidade, mas elas

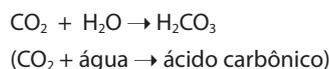
se precipitam fora da solução em gotículas, se a concentração de água for maior do que o limite máximo de solubilidade.

Se a água exceder esse limite em um sistema de CO₂, poderão ocorrer problemas, especialmente se a temperatura for inferior a 0 °C. Neste caso, a água irá congelar, e os cristais de gelo podem bloquear as válvulas de controle, válvulas solenoides, filtros e outros equipamentos (figura 10.8.5). Este problema é especialmente significativo em sistemas com CO₂ de expansão direta e inundados, mas menos em sistemas secundários voláteis devido ao uso de equipamento menos sensível.

Reações químicas

Deve notar-se que as reações descritas abaixo não ocorrem em um sistema de CO₂ bem conservado, onde a quantidade de água é inferior ao limite máximo de solubilidade.

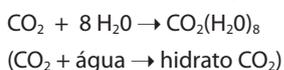
Em um sistema fechado, tal como um sistema de refrigeração, o CO₂ pode reagir com o óleo, oxigênio e água, especialmente à elevadas temperaturas e pressões. Por exemplo, se a quantidade de água elevar-se acima do limite máximo de solubilidade, o CO₂ pode formar ácido carbônico da seguinte forma (ref. [4] e [5]):



Em sistemas de produção de CO₂, onde as concentrações de água podem aumentar para níveis elevados, é bem sabido que o ácido carbônico pode ser muito corrosivo para os vários tipos de metais, mas esta reação não tem lugar em um sistema de CO₂ bem conservado, porque a quantidade de água no sistema é mantida abaixo do limite máximo de solubilidade.

Água na fase do vapor

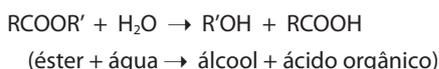
Se a concentração de água é relativamente elevada, o CO₂ e a água na fase de vapor podem reagir para formar um hidrato de gás CO₂:



O hidrato de gás CO₂ é uma grande molécula e pode existir acima de 0°C [32°F]. Isso pode criar problemas no equipamento e filtros de controle similares ao problemas causados pelo gelo.

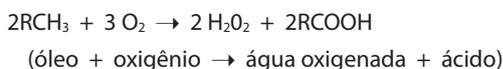
Lubrificante POE

Geralmente, os ésteres como o POE reagem com água da seguinte forma:



Como mostrado, se a água estiver presente, o POE irá reagir com a água para formar o álcool e um ácido orgânico (ácido carboxílico), o qual é relativamente forte e pode corroer os metais no sistema. É, portanto, essencial limitar a concentração de água nos sistemas com CO₂ se os lubrificantes POE são usados.

Lubrificante PAO



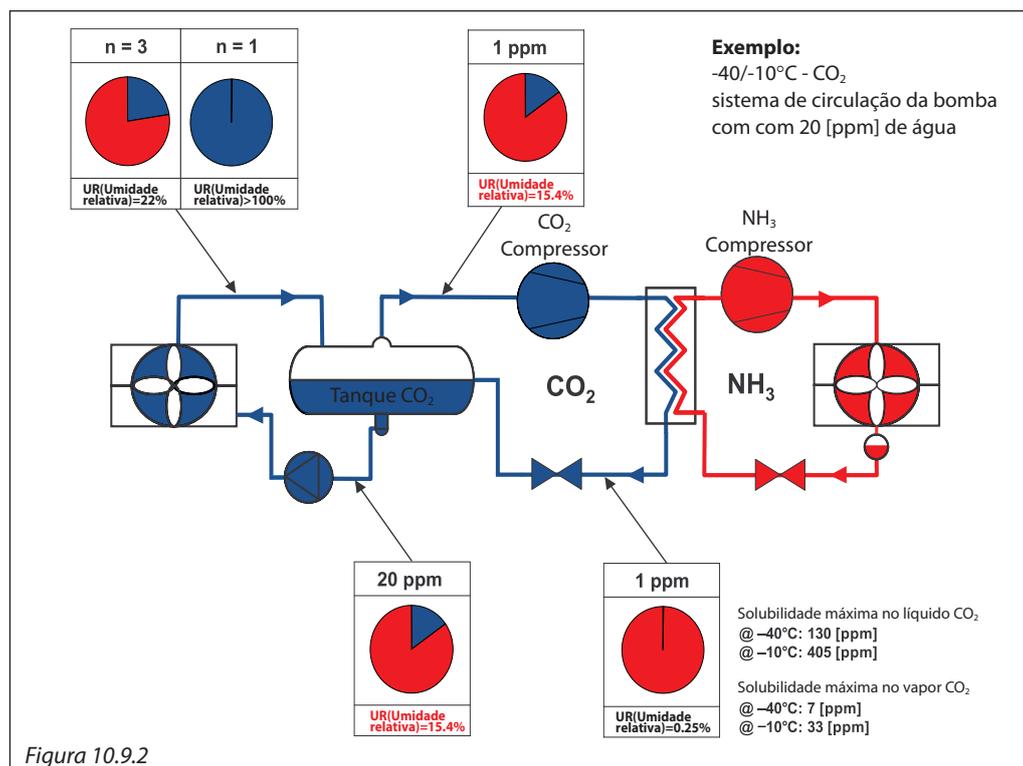
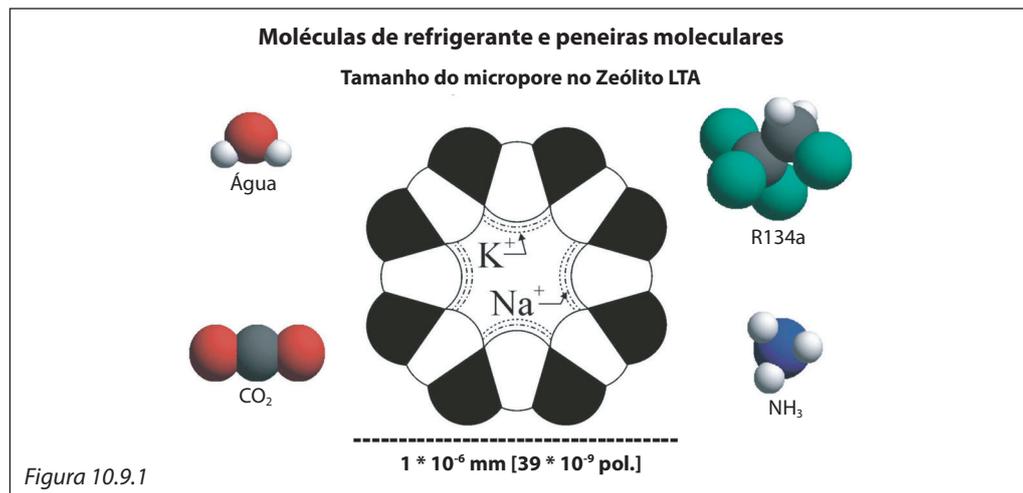
O lubrificante PAO é também chamado de óleo sintético. Geralmente, o PAO é muito estável. No entanto, se suficiente Oxigênio livre está presente, tal como pode estar disponível a partir da corrosão nos tubos, o oxigênio reage com o lubrificante para formar o ácido carboxílico.

10,9
Removendo a água

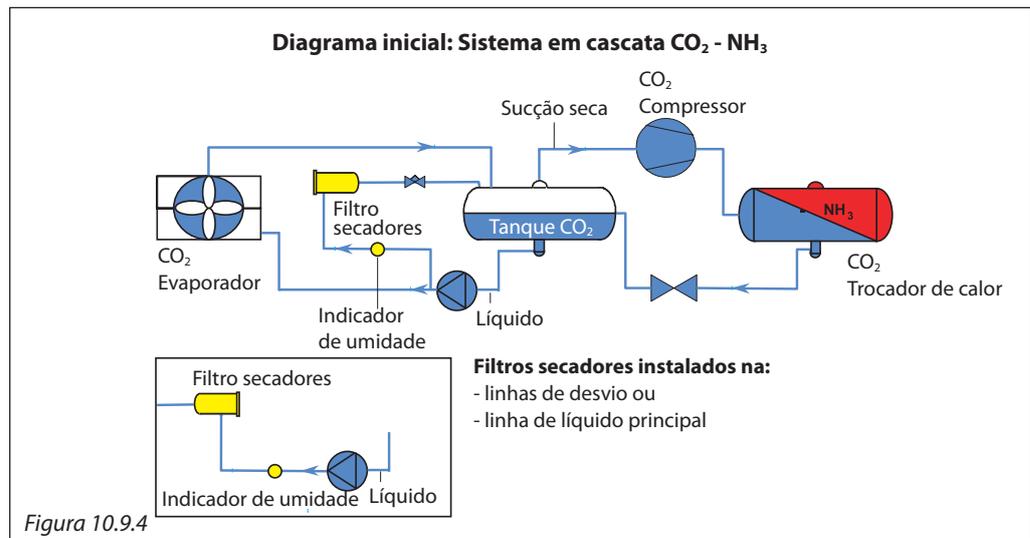
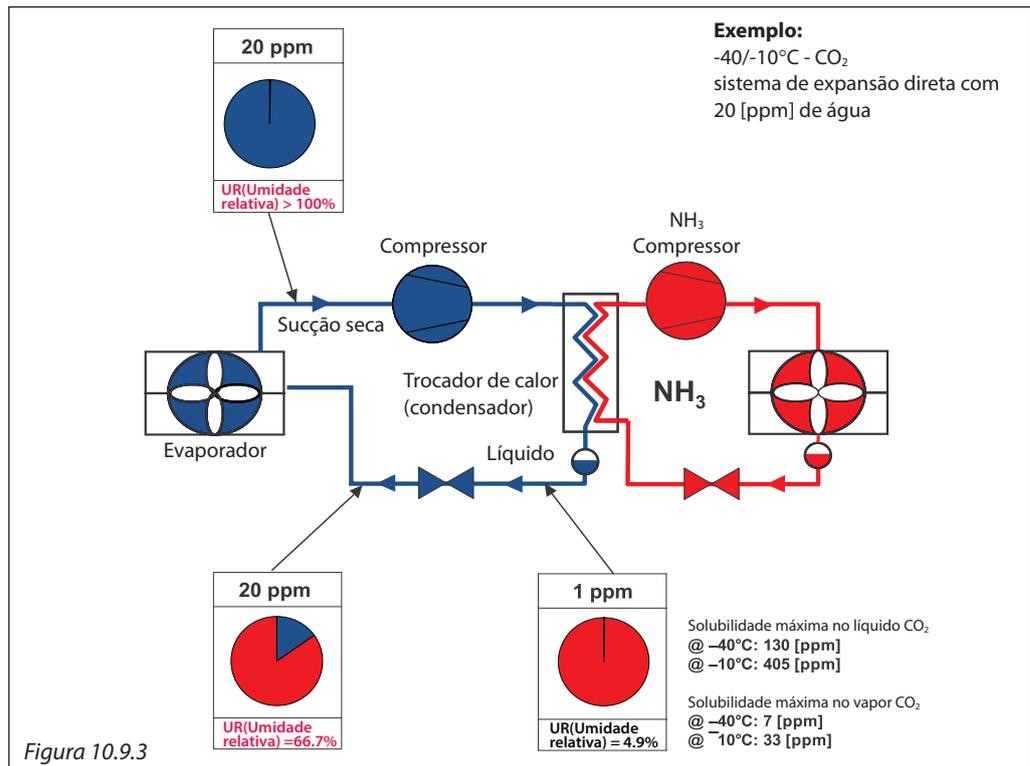
Controlando o conteúdo de água em um sistema de refrigeração é um meio muito eficaz para prevenir as reações químicas acima mencionadas.

Nos sistemas com Freon, filtros secadores são normalmente usados para retirar a água, geralmente o tipo com núcleo de zeólito. O zeólito tem poros extremamente pequenos, e age como uma peneira molecular (figura 10.9.1).

As moléculas de água são suficientemente pequenas para passar através da peneira, e sendo muito polar, são adsorvidas nas moléculas de zeólito. As moléculas de R134a são muito grandes para passar pela peneira. Quando o núcleo substituível é removido, a água vai com ele.



10,9
Removendo a água
(continuação)



O CO₂ é uma molécula não polar, de modo que o processo de remoção é diferente. Como as moléculas de água, as moléculas de CO₂ são suficientemente pequenas para passar através da peneira molecular. No entanto, as moléculas de água adsorvida na peneira molecular tendem a deslocar as moléculas de CO₂, devido à diferença de polaridade. Os filtros secadores de zeólito não podem ser utilizados em sistemas com amônia, porque tanto a água, como a amônia são muito polares. Mesmo que os secadores funcionem de forma diferente a este respeito em sistemas com CO₂, a eficiência é consideravelmente boa. A capacidade de retenção de água é aproximadamente a mesma que nos sistemas com R134a.

A localização mais eficaz para detectar e remover a água, é onde a concentração está elevada. A solubilidade da água no CO₂ é muito mais baixa na

fase de vapor do que na fase líquida, desse modo mais água pode ser transportada em linhas de líquido.

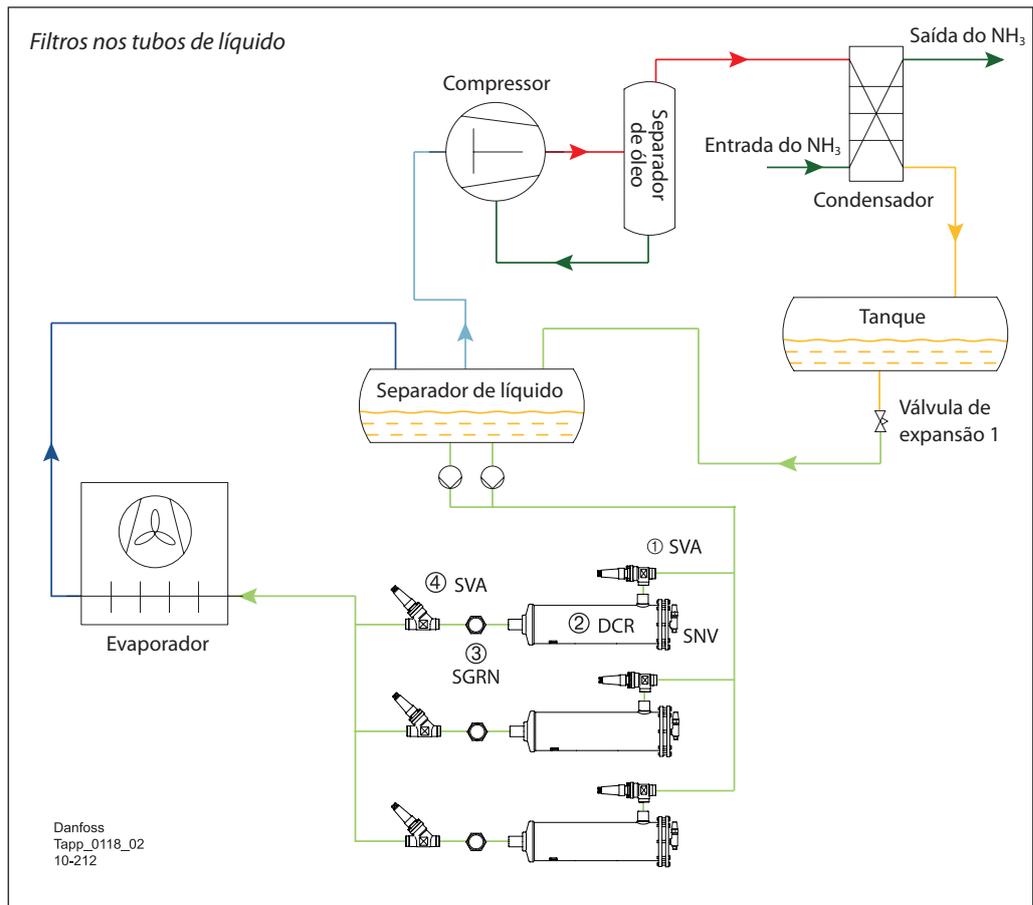
Fig. 10.9.2 ilustra a variação da umidade relativa em um sistema de circulação por bomba operando a temperatura de -40°C. A ilustração mostra que a umidade relativa é a mais elevada na linha de retorno "úmido", e que depende da velocidade de circulação. Em um sistema de expansão direta a variação da umidade relativa difere, mas também neste caso, a maior concentração localiza-se na linha de sucção (fig. 10.9.3).

Aproveitando-se deste princípio, os indicadores de umidade e filtros secadores são normalmente instalados em um tubo de líquido ou desvio de líquido a partir do tanque (figura 10.9.4 e 10.9.5).

Exemplo de aplicação 10.9.5:
Filtros secadores em sistemas de circulação por líquido bombeado de CO₂

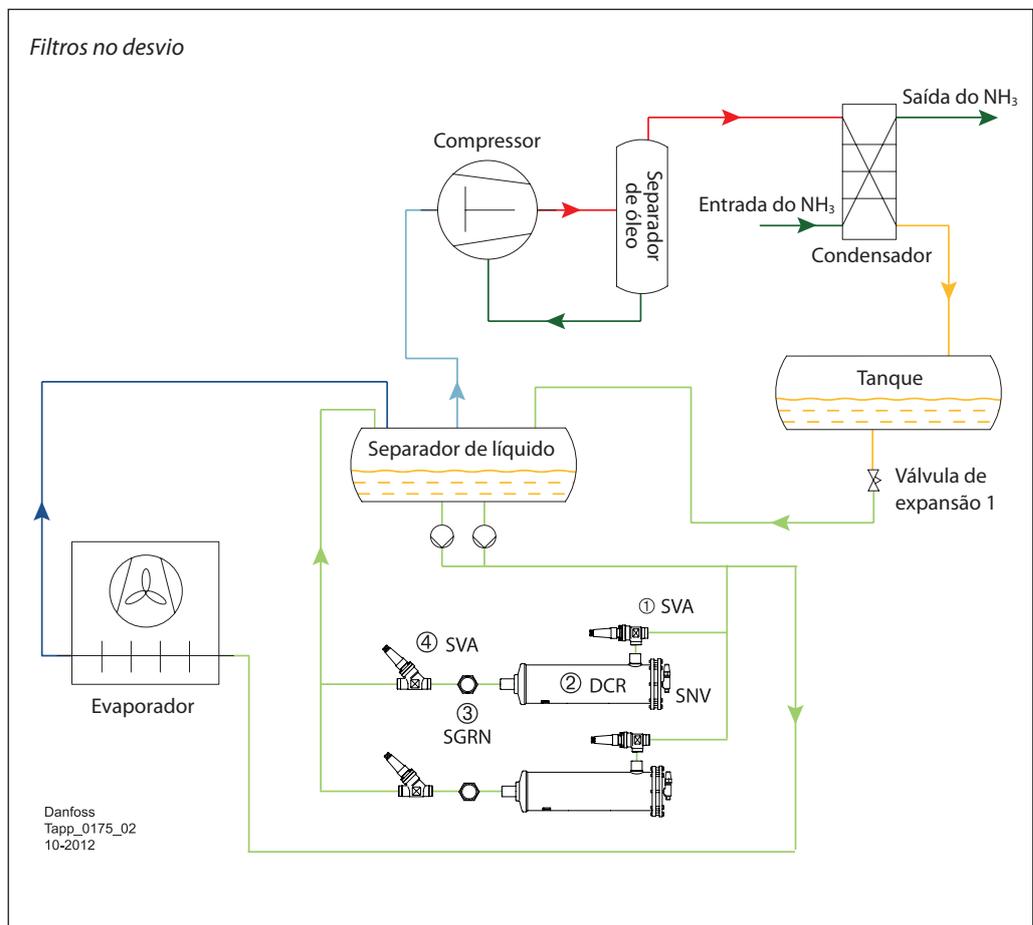
- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)
- Óleo

- ① Válvula de bloqueio
- ② Filtro secador DCR
- ③ Visor de nível SGRN
- ④ Válvula de bloqueio



- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)
- Óleo

- ① Válvula de bloqueio
- ② Filtro secador DCR
- ③ Visor de nível SGRN
- ④ Válvula de bloqueio



Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

Exemplo de aplicação 10.9.6:
Filtros secadores em sistemas de circulação por líquido bombeado de CO₂ (continuação)

Para instalar um filtro secador em um sistema de CO₂, os seguintes critérios devem ser considerados:

- **Umidade Relativa**
A umidade relativa deve ser alta.
- **Queda de Pressão**
A queda de pressão por todo o filtro secador deve ser pequena. O desempenho do sistema não deve ser sensível a esta queda de pressão.
- **Fluxo de Duas Fases**
O fluxo de duas fases através do filtro secador deve ser evitado por expor o sistema a um risco de congelamento e bloqueio devido às características exclusivas da solubilidade da água.

Em sistemas de circulação por líquido bombeado de CO₂, recomenda-se que os filtros secadores sejam instalados nos tubos de líquidos antes dos evaporadores. Nestas linhas, a UR é alta, não há fluxo de duas fases e não é sensível à queda de pressão.

A instalação em outras posições não é recomendada pelos seguintes motivos:

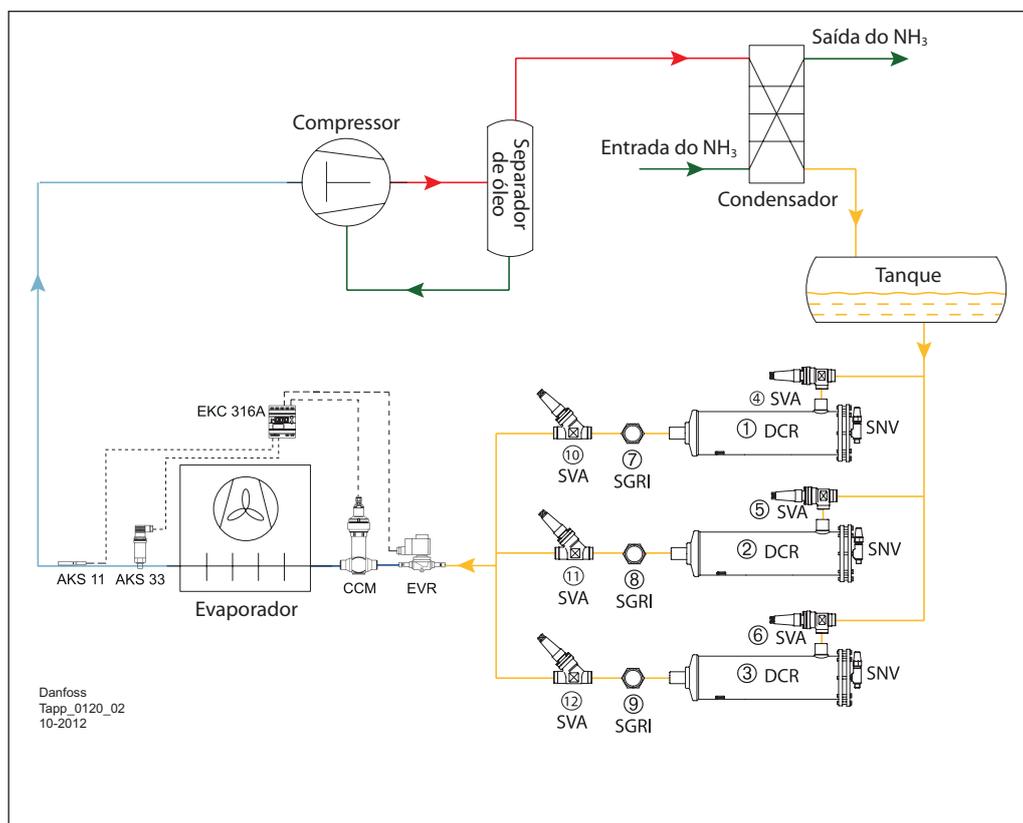
1. No laço (loop) do compressor / condensador / válvula expansão a UR é baixa. No separador de líquido, há mais de 90% de água na fase líquida devido à solubilidade bem menor do vapor de CO₂ em comparação com o líquido. Portanto, pouca água é levada para o laço(loop) do compressor pelo vapor de sucção. Se forem instalados filtros secadores neste laço(loop), o secador terá muito pouca capacidade.
2. Na linha de sucção úmida há um risco de "congelamento" devido às duas fases de fluxo mencionadas.
3. Na linha de líquido, antes das bombas do refrigerante, a queda de pressão aumenta o risco de cavitação para as bombas.

Se a capacidade de um filtro secador não for suficiente, diversos filtros secadores poderiam ser instalados em paralelo.

Exemplo de aplicação 10.9.7:
Filtros secadores em sistemas de expansão direta CO₂

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Óleo

- ① Filtro secador DCR
- ② Filtro secador DCR
- ③ Filtro secador DCR
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Válvula de bloqueio
- ⑥ Válvula de bloqueio
- ⑦ Visor de nível SGRN
- ⑧ Visor de nível SGRN
- ⑨ Visor de nível SGRN
- ⑩ Válvula de bloqueio
- ⑪ Válvula de bloqueio
- ⑫ Válvula de bloqueio



Em um sistema de CO₂ de expansão direta, a concentração de água é a mesma por todo o sistema de modo que o nível de UR corresponde somente à solubilidade da água do refrigerante.

Apesar disto, o UR na linha de líquido antes da válvula de expansão é relativamente pequeno devido à alta solubilidade da água na alta temperatura do CO₂ líquido. Recomenda-se, ainda, que os filtros secadores sejam instalados

nesta linha (na mesma posição que em sistema fluorado) pelos seguintes motivos:

1. Na linha de sucção e de descarga, é sensível à queda de pressão e ainda ocorre o alto risco de congelamento na linha de sucção. Não se recomenda a instalação dos filtros secadores neste local, apesar das URs serem altas.
2. Na linha de líquido, após a válvula de expansão, a instalação do filtro secador também deverá ser evitada devido ao fluxo de duas fases.

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

10,10
Como a água entra no sistema de CO₂?

Ao contrário de alguns sistemas com amônia, a pressão em sistemas com CO₂ é sempre superior à atmosfera. No entanto, a água ainda pode encontrar o seu caminho em sistemas com CO₂.

A água pode contaminar um sistema com CO₂, através de cinco diferentes mecanismos:

1. Difusão
2. Atividades de manutenção e reparo
3. Remoção de água incompleta durante a instalação / comissionamento
4. Lubrificante contaminado com água carregado no sistema
5. CO₂ contaminado com água carregado no sistema

Evidentemente, todos estes mecanismos devem ser evitados ou minimizados.

Para ilustrar um cenário em que a água pode contaminar um sistema, pense em um empreiteiro que acredita que o CO₂ é um refrigerante muito seguro, pense que ele pode ser manuseado sem seguir as exigências normais de segurança em relação a amônia. Ele pode abrir o sistema para realizar um conserto. Uma vez que o sistema é aberto, o ar entra, e a umidade do ar condensa no interior da tubulação. Se o empreiteiro não evacuar o sistema muito cuidadosamente, um pouco de água pode ser deixada no sistema.

Em outro cenário, o empreiteiro esquece que o lubrificante usado no sistema POE, tem uma elevada afinidade pela água, e deixa a tampa para fora do recipiente. Depois que o POE é carregado no sistema, a água pode começar a causar problemas no sistema.

10,11
Outros pontos a serem levados em consideração em sistemas de refrigeração com CO₂

- Expansão do CO₂
- Troca de fases
- Válvulas de segurança

Válvula de segurança

Ponto triplo particularmente elevado do CO₂ pode provocar sob determinadas condições de formar um CO₂ sólido. Figura 10.11.1 mostra os processos de expansão que ocorrem em válvulas de alívio de pressão em três condições diferentes. Se a pressão de ajuste de uma válvula de alívio de

pressão na fase de vapor é de 35 bar [507 psi] ou menos, por exemplo a linha mais à direita, a pressão na linha de alívio passará através do ponto triplo a 5,2 bar [75,1 psi]. Uma vez abaixo do ponto triplo, o CO₂ será vapor puro.

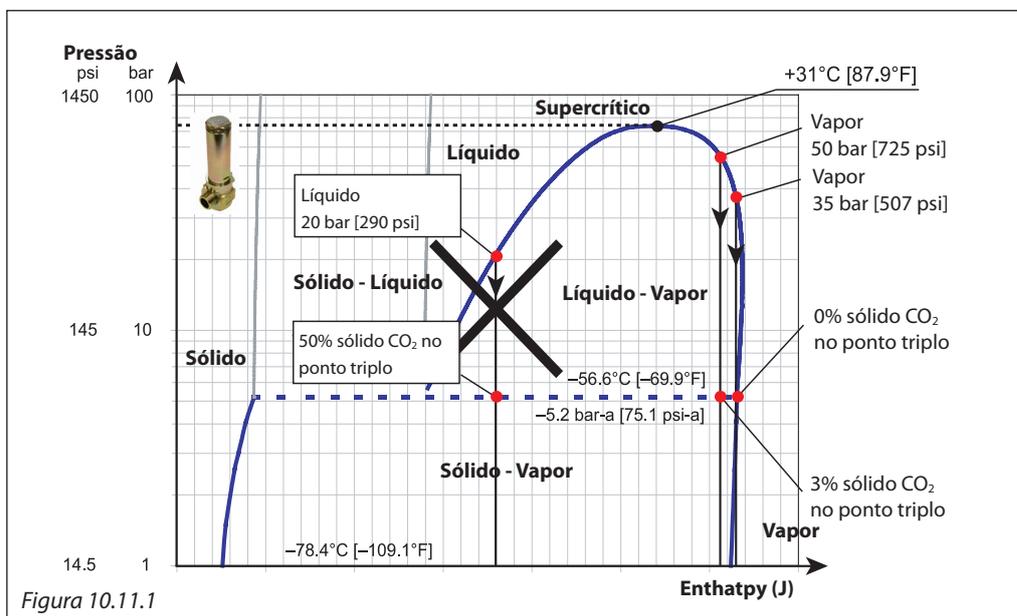


Figura 10.11.1

Se a pressão do conjunto de válvula de segurança na fase de vapor é de 50 bar [725 psi], por exemplo, a linha do meio, da pressão da linha de alívio vai passar o ponto triplo e 3% do CO₂ se tornará sólido durante o alívio. Em um cenário pior (por exemplo, uma linha de alívio longa com muitas curvas), CO₂ sólido pode bloquear esse tubo. A solução mais eficaz para este problema seria montar a válvula de segurança sem uma linha de saída, e aliviar o sistema diretamente para a atmosfera. A mudança de fase do CO₂ não ocorre na válvula, mas sim após a válvula, neste caso, na atmosfera.

Se uma válvula de alívio de pressão está ajustada para liberar o líquido a 20 bar [290 psi], os produtos de alívio passariam através do ponto triplo, onde 50% do CO₂ mudaria para sólido mediante um maior alívio, dessa forma expondo o tubo de alívio a um risco elevado de bloqueio. Assim, para proteger de forma segura as linhas de líquido contra a formação de gelo seco, conecte as válvulas de alívio de segurança a um ponto no sistema, a uma pressão superior à pressão do ponto triplo de 5,2 bar [75,1 psi].

Carregando CO₂

É importante partir o sistema com o CO₂ na fase vapor, e continuar até que a pressão atinja 5,2 bar [75,1 psi]. É portanto fortemente recomendável escrever um procedimento para carga de um sistema de CO₂. Deve-se estar atento ao carregar um sistema de refrigeração que até que a pressão atinja o ponto triplo, o CO₂ pode somente existir

como um sólido ou vapor no interior do sistema de refrigeração. Além disso, o sistema irá apresentar temperaturas muito baixas até que a pressão esteja suficientemente elevada (figura 10.11.1). Por exemplo, a 1 bar [14.5 psi], a temperatura de sublimação será de -78.4°C [-109°F].

Limpeza de filtro

As mesmas considerações se aplicam para a limpeza de filtros de líquidos. Mesmo o CO₂ não sendo tóxico, não podemos simplesmente drenar o líquido para fora do sistema. Uma vez que o líquido de CO₂ entra em contato com a atmosfera, a fase líquida irá parcialmente mudar para a fase sólida, e a temperatura irá cair drasticamente, como no

exemplo acima descrito. Esta queda brusca de temperatura é um choque térmico para os materiais do sistema, e pode causar danos mecânicos aos materiais. Tal procedimento seria considerado uma violação de código porque esse equipamento não é normalmente projetado para temperaturas tão baixas.

Líquido confinado

O líquido confinado é um potencial risco à segurança nos sistemas de refrigeração, e deve sempre ser evitado. O risco é ainda maior para sistemas com CO₂ do que para sistemas com amônia ou R134a. O diagrama na figura 10.11.2

mostra a variação de volume líquido em relação aos três fluidos refrigerantes. Como mostrado, o CO₂ líquido se expande muito mais do que a amônia e o R134a, especialmente quando a temperatura se aproxima do ponto crítico do CO₂.

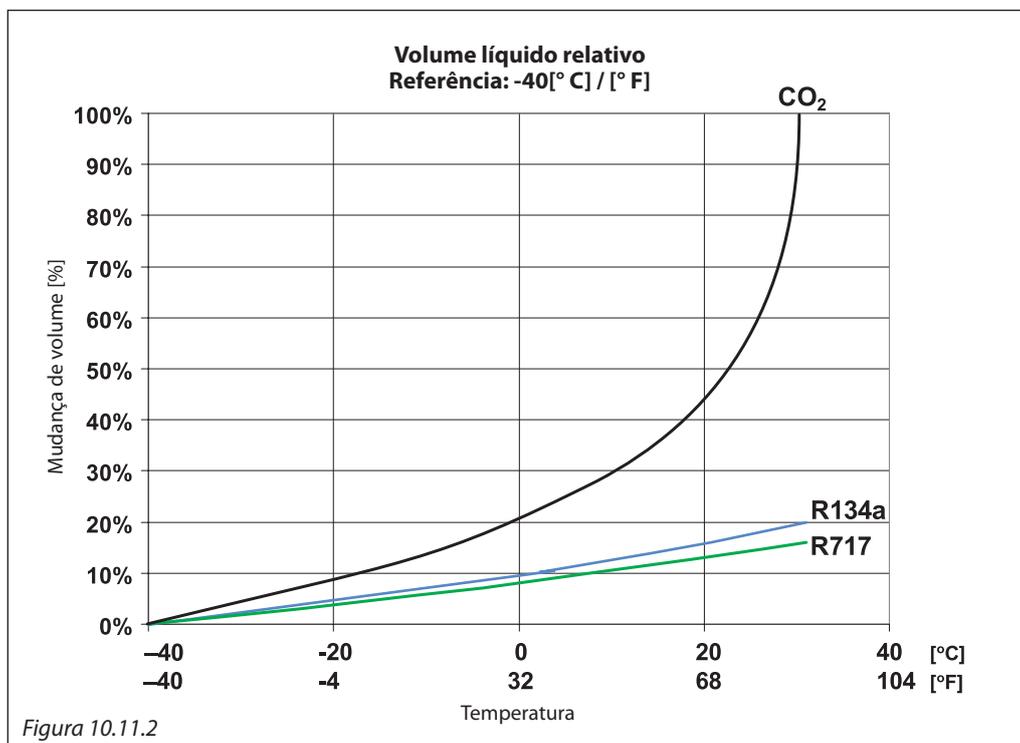
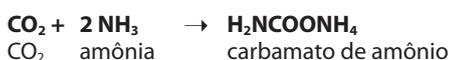


Figura 10.11.2

Vazamentos no CO₂/NH₃ sistemas em cascata

O vazamento mais crítico em um sistema em cascata de CO₂/NH₃ ocorre nos trocadores de calor entre o CO₂ e NH₃. A pressão do CO₂ será maior do que o NH₃, dessa forma o vazamento irá ocorrer dentro do sistema de NH₃, na qual será contaminado.

A substância sólida de carbamato de amônio é formada imediatamente quando o CO₂ está em contato com o NH₃. O carbamato de amônio é corrosivo (ref. [5]).



Compatibilidade de material

O CO₂ é compatível com quase todos os materiais metálicos comuns, ao contrário da NH₃. Não há quaisquer restrições em relação a compatibilidade, quando se utiliza cobre ou latão. A compatibilidade do CO₂ e dos polímeros é muito mais complexa. Devido o CO₂ ser uma substância crítica muito inerte e estável, as reações químicas com polímeros não representam um problema. A principal preocupação com o CO₂ são os efeitos físico-químicos, tais como a permeabilidade, a inchação e a geração de cavidades e fraturas internas. Estes efeitos estão relacionados com a solubilidade e difusividade do CO₂ no material em questão.

Estes testes mostraram que o CO₂ é diferente, e modificações devem ser feitas em alguns produtos. A grande quantidade de CO₂ que pode se dissolver nos polímeros deve ser levado em consideração. Alguns polímeros utilizados normalmente não são compatíveis com o CO₂, e outros requerem diferentes métodos de fixação, por exemplo, materiais de vedação. Quando a pressão está próxima da pressão crítica e a temperatura é elevada, o impacto nos polímeros é muito mais extremo. No entanto, estas condições não são importantes para a refrigeração industrial, visto que a pressão e as temperaturas são mais fracas nestes sistemas.

A Danfoss realizou uma série de testes para assegurar que os componentes liberados para uso com CO₂ possam suportar o impacto de CO₂ em todos os aspectos.

Conclusão

O CO₂ tem boas propriedades, em particular a baixa temperatura, mas não é um substituto para a amônia. Os sistemas de refrigeração industrial CO₂ mais comuns são os sistemas híbridos com amônia no lado de alta temperatura.

A disponibilidade de componentes para os sistemas de refrigeração industrial com CO₂ industrial com pressões de até cerca de 40 bar é bom. Vários fabricantes de equipamentos para refrigerantes tradicionais também podem fornecer alguns componentes para sistemas com CO₂. A disponibilidade de componentes para sistemas de refrigeração industrial com CO₂ de alta pressão é limitada, e a disponibilidade de componentes críticos é um fator importante na taxa de crescimento do uso de CO₂.

O CO₂ é, em muitos aspectos, um refrigerante muito simples, mas é importante perceber que o CO₂ possui algumas características únicas em comparação com outros refrigerantes comuns. Conhecer as diferenças, e ter isso em conta durante o projeto, instalação, comissionamento e operação, irá ajudar a evitar problemas.

Referências

- | | | |
|-----|---|--|
| [1] | Bondinus, William S | ASHRAE Journal April 1999 |
| [2] | Lorentzen, Gustav, | Reprint from IIR Conference 1994 Proceedings "New Applications of Natural Working Fluids in Refrigeration and Air Condition" |
| [3] | P.S Nielsen & T.Lund | IIAR - Albuquerque, New Mexico 2003, Introducing a New Ammonia/CO ₂ Cascade Concept for Large Fishing Vessels |
| [4] | Brosby-Olsen, Finn | Laboratory of Physical Chemistry, Danfoss A/S International Symposium on HCFC Alternative Refrigerants. Kobe 1998 IIF – IIR Commission B1,B2 and E2, Purdue University |
| [5] | Brosby-Olsen, Finn | Laboratory of Physical Chemistry, Danfoss A/S IIF – IIR Commissions B1, B2, E1 and E2 – Aarhus Denmark 1996 |
| [6] | IoR. Safety Code for Refrigeration Systems Utilizing Carbon Dioxide | The Institute of Refrigeration. 2003. |
| [7] | Vestergaard N.P. | IIAR – Orlando 2004. CO ₂ in subcritical Refrigeration Systems |
| [8] | Vestergaard N.P. | RAC – refrigeration and air condition magazine, January 2004. Getting to grips with carbon dioxide. |

11. Sistemas de Refrigeração Industrial com CO₂ bombeado.

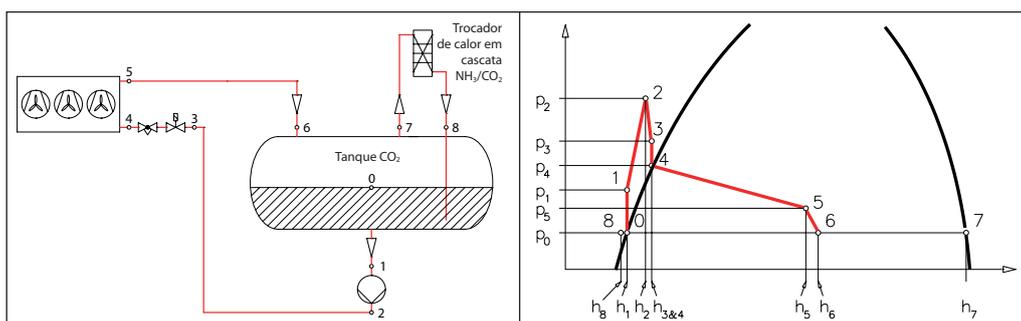


Figura 11.1 - Diagrama geral do sistema com CO₂ bombeado.

Descrição geral dos sistemas

Um esquema típico de um sistema de NH₃/CO₂ com média/baixa temperatura (fig. 11.1) consistindo de

- um sistema de refrigeração NH₃ padrão com um trocador de calor em cascata agindo como evaporador
- O CO₂ atua como um fluido volátil nos evaporadores (sistema inundado (1-6))

O CO₂ é circulado por gravidade no trocador de calor em cascata, o que permite um bom controle da temperatura do CO₂ no tanque.

O gás CO₂ flui (7) para o trocador de calor de cascata, onde é resfriado com NH₃, condensa e reflui para o tanque de CO₂ como CO₂ líquido (8). Em relação a amônia, o ciclo de refrigeração pode ser controlado utilizando uma válvula de bóia de alta pressão (HFI), ou por expansão direta para o evaporador (por exemplo, com uma válvula motorizada tipo ICM, e um controlador em cascata tipo EKC 313).

Diferenças aos sistemas tradicionais NH₃/salmoura.

Desempenho do sistema:

Sistemas com fluidos NH₃/CO₂ possui significativamente um menor consumo de energia em comparação com os sistemas tradicionais com NH₃ e salmouras. O COP do sistema é superior devido ao seguinte:

- *Temperatura de evaporação e eficiência PHE*
Normalmente a temperatura de evaporação do sistema com NH₃ do lado da alta temperatura são alguns graus mais elevados. A razão para isto é o melhor coeficiente de transferência de calor do CO₂ nos resfriadores de ar e do PHE, resultando em uma menor diferença de temperatura nos trocadores de calor. Isso reduz diretamente o consumo de energia dos compressores de NH₃. Alguns dados indicam que o COP de sistemas NH₃/CO₂ é próximo a esses sistemas com NH₃ puro.

- *Bomba de refrigerante*
A bomba de refrigerante necessária para circular o CO₂ através dos resfriadores de ar é significativamente menor, devido ao fato de que necessita menos CO₂ para circular, mas também graças à menor densidade do CO₂. A taxa de circulação da bomba para o CO₂ é relativamente baixa (tipicamente entre 1,1 e 2), e isto também torna possível a utilização de uma bomba menor.

Tamanhos de linha e componente de um sistema inundado:

Devido ao alto teor de calor específico do CO₂ e sua menor densidade, linhas e componentes menores podem ser usados em comparação com um sistema tradicional de salmoura para as linhas externas e de retorno.

O menor volume de CO₂ em circulação significa que bombas menores podem ser usadas gerando um menor consumo de energia para a capacidade de resfriamento em circulação.

Os tubos menores de CO₂ tem uma superfície menor e, portanto, menor perda de calor em comparação com tubos maiores de salmoura/glicol.

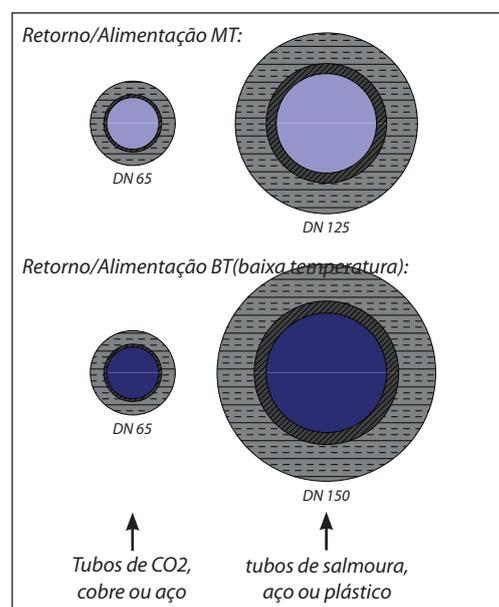


Figura 11.2 - Tamanho relativo dos tubos

Diferenças aos sistemas tradicionais NH₃/salmoura. (continuação)

Otimizando a gestão de energia:
É possível uma maior redução do consumo de energia pelos sistemas com NH₃/CO₂ utilizando algoritmos de controle inteligentes. Um bom modo para melhorar a eficiência (COP) do sistema é o de reduzir a taxa de pressão no compressor de NH₃. Há duas formas de fazer isso:

- Mantenha o condensador com a menor pressão possível.
- Mantenha a evaporação com a maior pressão possível.

O controle do condensador é semelhante ao dos sistemas tradicionais, onde os ventiladores podem ser controlados por uma unidade de frequência variável AKD102, e a pressão de condensação pode variar dependendo da temperatura ambiente.

Isso pode ser feito utilizando o controlador de rack da Danfoss AK-PC 730/840.

O controle da pressão de sucção é outra área onde há diferenças entre os sistemas em cascata com CO₂ e sistemas de salmoura/glicol.

Assumindo um projeto do sistema, como mostrado na FIG. 11,3, um sinal de pressão do tanque de CO₂ pode ser utilizado para controlar a capacidade dos compressores de cascata (o sistema de NH₃). Se a pressão no tanque de CO₂ diminui, então a velocidade dos compressores em cascata também diminui, a fim de manter a pressão de CO₂. Essa função pode ser fornecida pelo Controlador de Rack AK-PC 730 / 840.

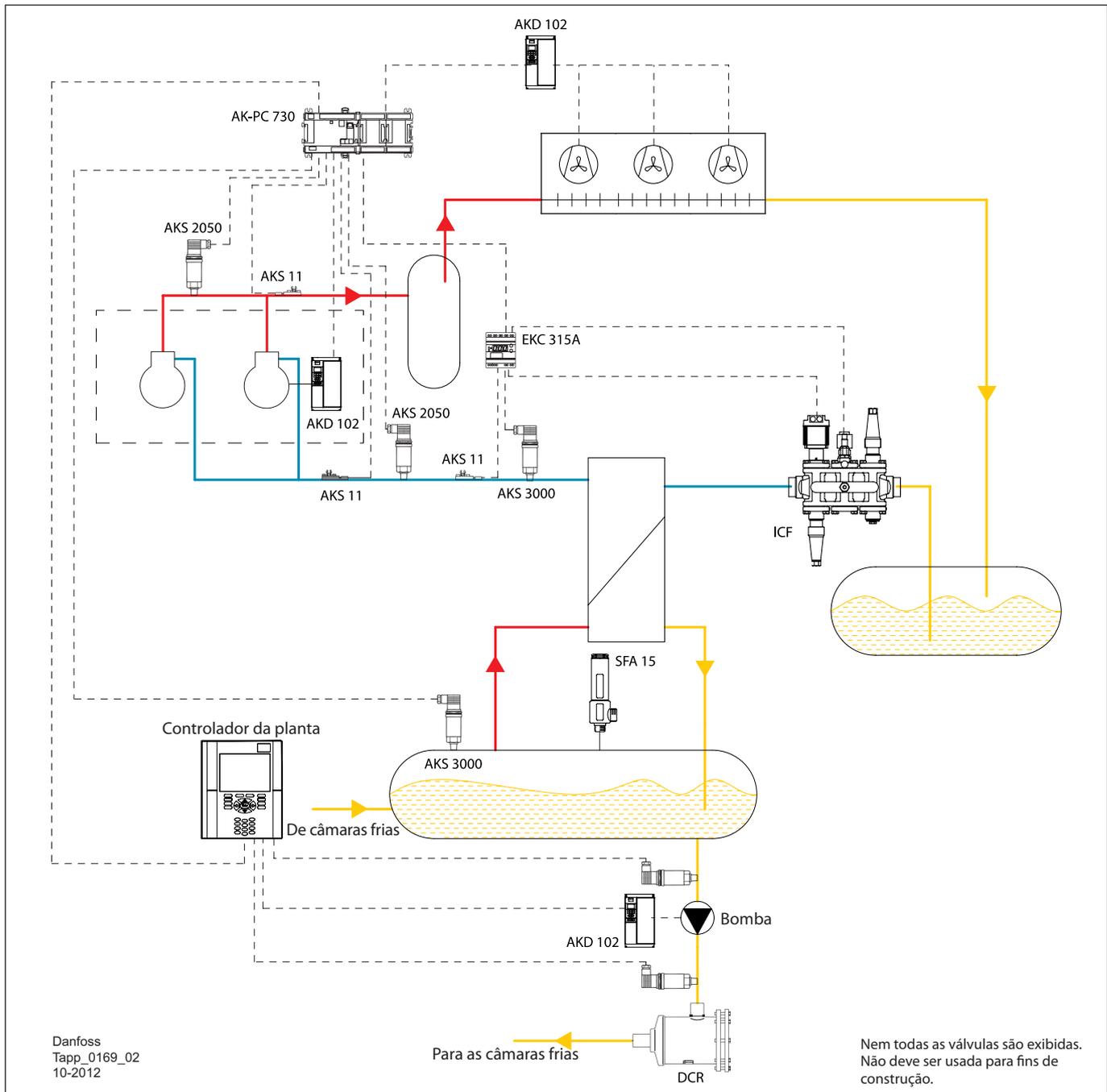


Figura 11.3 - Controle integrado de sistemas com CO₂ com circulação por bomba

Controle de frequência das bombas de CO₂

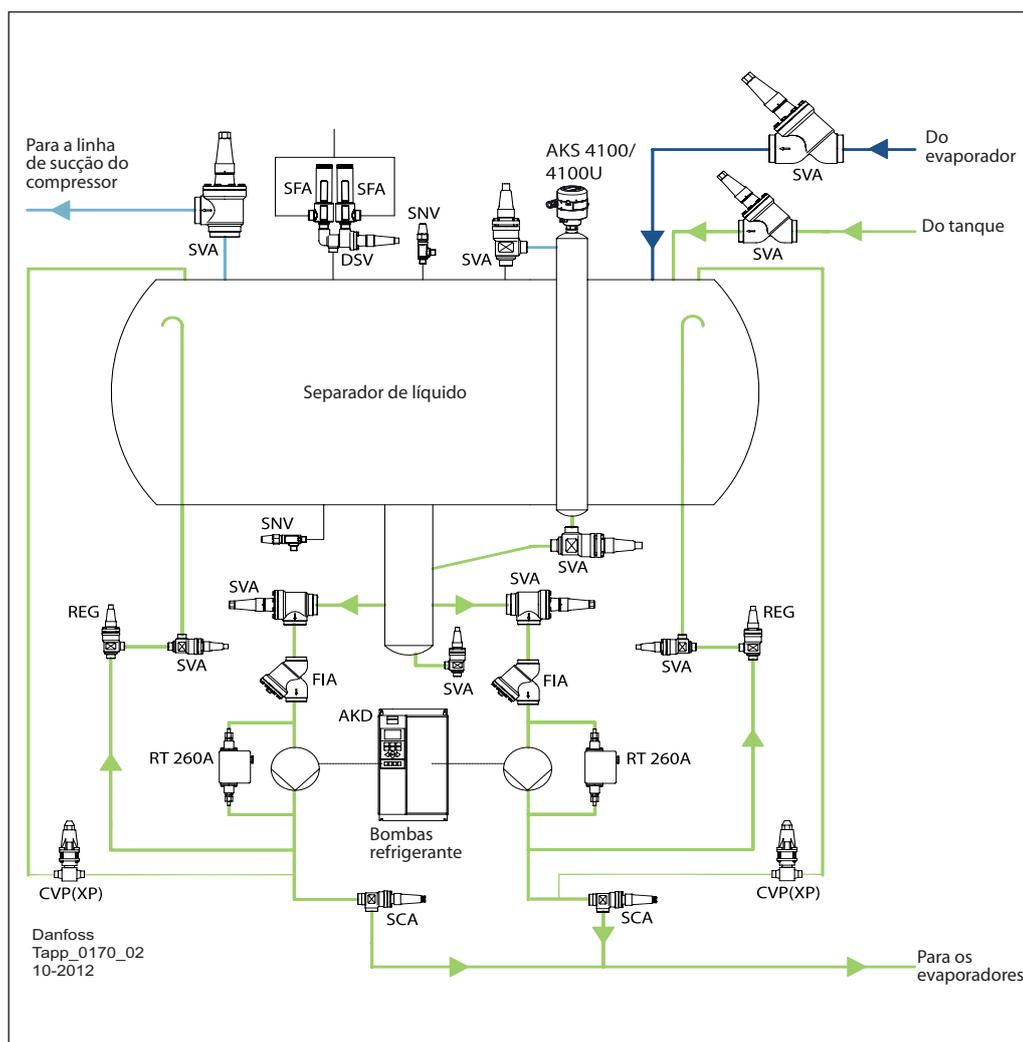


Figura 11.4 - Estações de bombeamento de CO₂ com AKD e as válvulas e controles necessários

Há duas maneiras de controlar as bombas de CO₂ líquido: usando um controle por estágio liga/desliga(ON/OFF) simples ou usar um conversor de frequência (tipo AKD).

Operação do conversor de frequência está se tornando cada vez mais popular por duas razões: economia de energia e melhor distribuição de líquido nas serpentinas do evaporador.

Economia de energia

As bombas de CO₂ são tipicamente controladas por uma diferença de pressão constante. Sob condições normais, o consumo de energia é igual ou levemente maior do que a de uma bomba de velocidade fixa. Ao funcionar sob condições de carga parcial, uma bomba de velocidade fixa ainda consumiria a mesma energia devido ao aumento da diferença de pressão. Uma bomba de CO₂ líquido usando um conversor de frequência irá funcionar a uma velocidade mais baixa e consumir menos energia.

As economias irão variar dependendo do tempo e das reais condições de funcionamento. As economias podem, contudo, ser de até 50% em comparação com as bombas em funcionamento ligando/desligando a toda a velocidade.

Melhor distribuição de líquidos nos evaporadores

Um requisito para um bom desempenho dos evaporadores / resfriadores de ar é uma boa distribuição do líquido refrigerante no sistema.

Uma pré-condição para uma boa distribuição do líquido refrigerante é ter uma pressão diferencial estável nos evaporadores.

As bombas controladas por conversores de frequência podem assegurar que a pressão seja mantida a um nível estável sob todas as condições de carga. Em baixa capacidade o consumo de energia será baixo e na alta capacidade haverá fluxo suficiente de CO₂.

Uma disposição típica de tubulação com bombas de CO₂ controladas por conversores de frequência (tipo AKD 102) é mostrado na Figura 11.4. Outra vantagem das bombas acionadas por conversores de frequência é que os orifícios Q-Max podem ser omitidos

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Degelo em sistemas com CO₂ bombeados

Existem várias maneiras de descongelar sistemas com CO₂ bombeado

- **Degelo elétrico.** Este é o método mais simples e menos eficiente em termos energéticos do degelo. O consumo de energia adicional para o degelo pode ser bastante significativo em alguns casos.
- **Degelo por gás quente.** O degelo por gás quente de CO₂ pode ser utilizado se um compressor está incorporado no sistema para apoiar o degelo. Este compressor funciona somente quando o degelo é necessário. Este método é mais econômico do que o degelo elétrico.

O processo é semelhante a um sistema de degelo tradicional de NH₃.

- **Degelo por salmoura.** Usando salmoura, é possível utilizar o calor do sistema em cascata para descongelar os evaporadores de CO₂. Este método é especialmente atrativo se o condensador de amônia for resfriado a água.
- **Degelo por água.** Em alguns casos (especialmente em ambientes com temperaturas acima de zero) os evaporadores podem ser descongelados com água pulverizada.

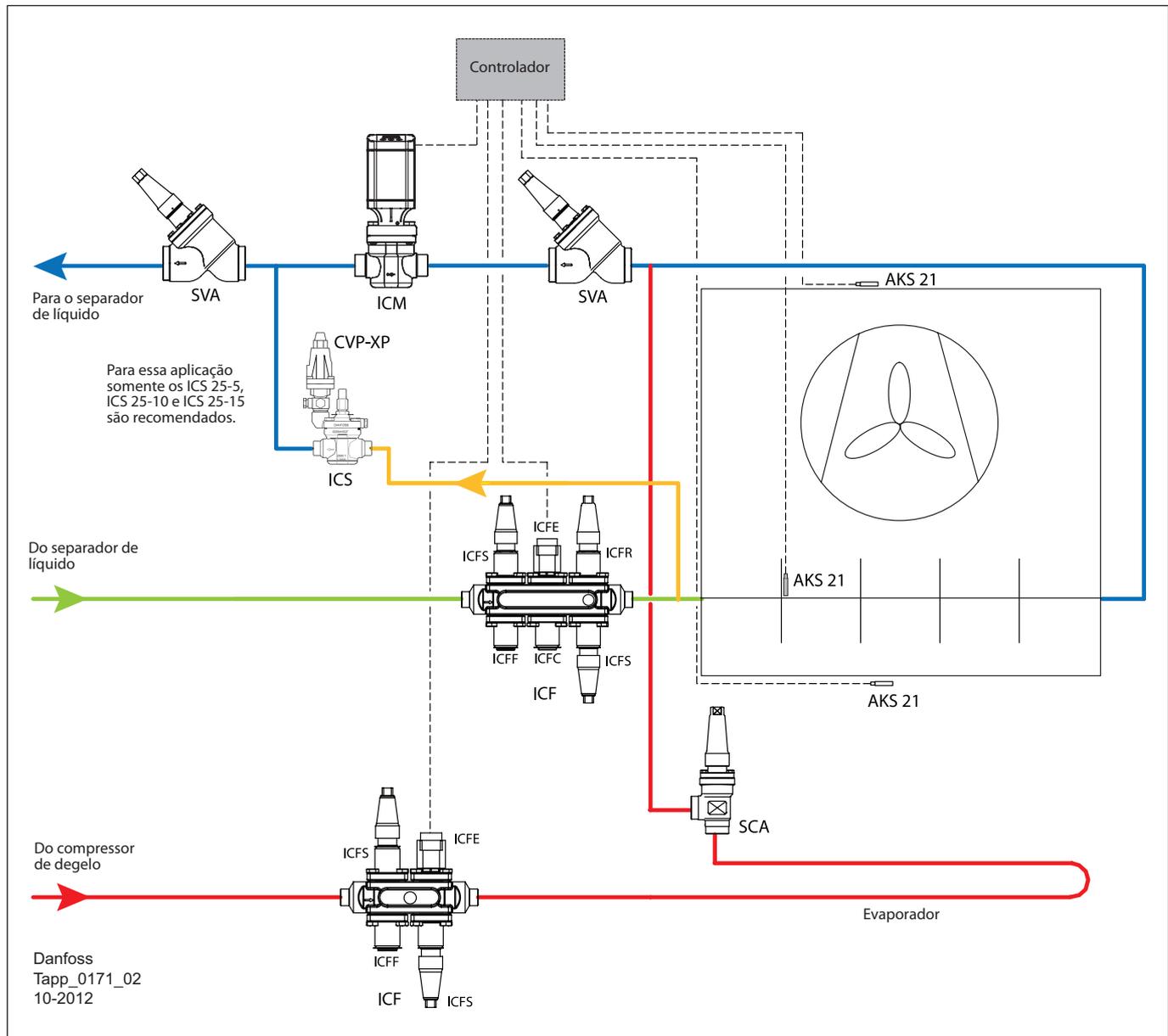


Figura 11.5 - degelo por gás quente de CO₂

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Degelo em sistemas com CO₂ bombeados
(continuação)

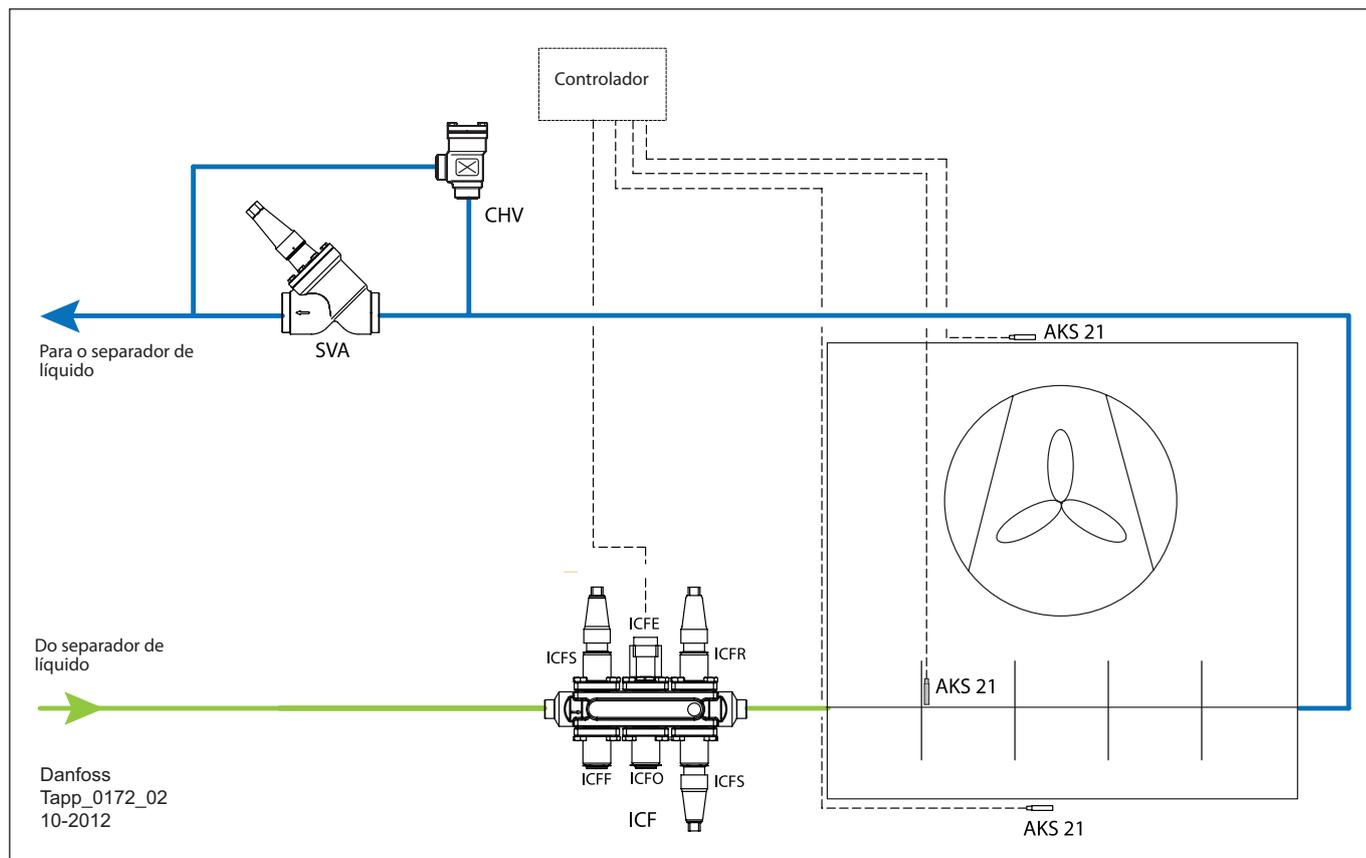


Figura 11.6 - degelo elétrico ou por salmoura CO₂

Controle do evaporador em sistemas com CO₂ bombeados

Sistemas de refrigeração industriais tradicionais são sistemas inundados (bombeados). Em um sistema inundado, os evaporadores são injetados com mais líquido do que necessário para a evaporação total. A quantidade de líquido fornecido para os evaporadores é definida pela "taxa de circulação".

A taxa de circulação é 1 quando for fornecido líquido suficiente para ser completamente evaporado no resfriador. Se, no entanto, duas vezes mais líquido for injetado, a taxa de circulação é 2. Ver tabela abaixo.

Taxa de circulação n	Fluxo de massa de gás criado	Fluxo de massa líquida fornecido	Saída de massa líquida
1	x	x	0

O benefício do excesso de líquido é o aumento da eficiência dos resfriadores, devido a uma melhor utilização da área de superfície do evaporador, e uma melhor transferência de calor devido a um coeficiente de transferência de calor mais elevado. Além disso, os sistemas inundados são relativamente fáceis de controlar.

Quando o líquido é necessário, uma válvula solenoide em frente do evaporador é aberta. Uma válvula de ajuste manual é normalmente montada após a válvula solenoide para permitir que a taxa de circulação requerida seja ajustada e o equilíbrio hidráulico seja alcançado no sistema.

O líquido injetado na temperatura correta é bombeado a partir de um separador para os evaporadores.

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Controle do evaporador em sistemas com CO₂ bombeados (continuação)

O controle de temperatura em evaporadores pode ser gerenciado da seguinte forma:

- Válvula reguladora para controle de distribuição + válvula solenoide LIGA-DESLIGA para controle de temperatura.
- Válvula reguladora para controle de distribuição + válvula solenoide para modulação por largura de pulso para controle de temperatura.
- Válvulas AKV para o controle de distribuição (tamanho do orifício) e controle de temperatura PWM

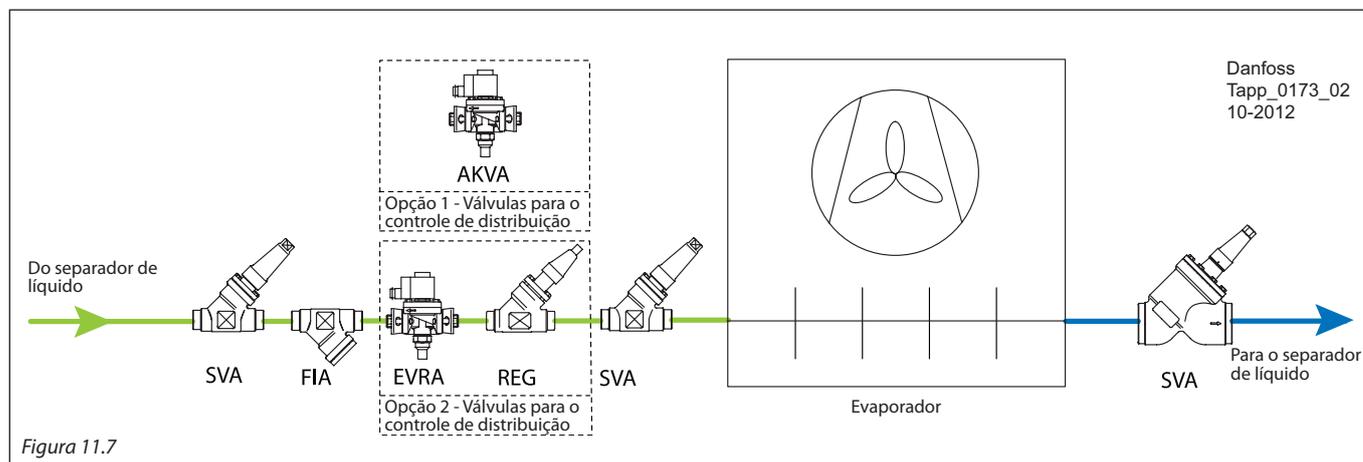


Figura 11.7

Válvulas de injeção tradicionais em sistemas com CO₂ bombeados

Em um sistema inundado tradicional, a injeção de líquido é controlada por um termostato que mede constantemente a temperatura do ar.

A válvula solenoide é aberta por vários minutos ou mais até que a temperatura do ar atinja o ponto de definição. Durante a injeção, a massa do fluxo de refrigerante é constante.

Esta é uma forma muito simples para controlar a temperatura do ar, entretanto a flutuação de temperatura causada pelo diferencial do termostato pode causar efeitos colaterais indesejados em algumas aplicações, tais como a desumidificação e controle impreciso.

Capacidade do resfriador de ar

A capacidade de um resfriador de ar é descrita pelas seguintes equações:

Lado Refrigerante:

Resfriador $Q = \text{fluxo de massa} \times \Delta h$ (1)

Fluxo de massa [líquido evaporado kg/s]
 Δh [kJ/K]

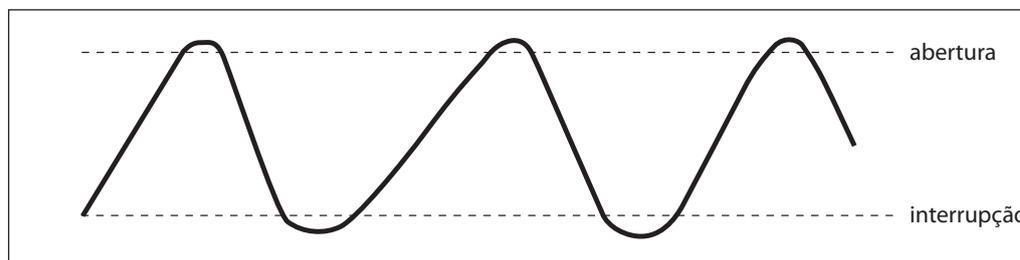
Lado Refrigerante/Ar:

resfriador $Q = k \times A \times \Delta T$ (2)

k [W / (m².K): o coeficiente de transferência total de calor, (dependendo do coeficiente de transferência de calor do ar e do refrigerante, na qual dependem do fluxo do refrigerante/ar), e a condutividade térmica dos materiais utilizados nos resfriadores.

A [m²): superfície do resfriador

ΔT [K]: a diferença entre as temperaturas do ar e evaporação.



Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Injeção em um resfriador de ar usando uma válvula de modulação de modulação por largura de pulso AKV(A)

Em vez de injetar periodicamente, tal como descrito acima, pode-se também adaptar constantemente a injeção de líquido com a necessidade real. Isto pode ser feito por meio de um tipo de válvula PWM AKV(A) controlada por um AK-CC 450.

A temperatura do ar é constantemente medida e comparada com a temperatura de referência. Quando a temperatura do ar atinge o ponto de ajuste, a abertura da AKV(S) é reduzida, permitindo um ângulo de abertura menor durante um ciclo, resultando em menos capacidade e vice-versa. A duração de um ciclo é ajustável entre 30 s. e 900 s..

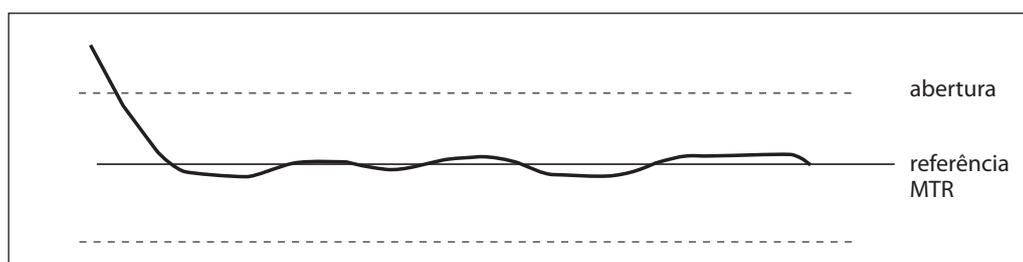
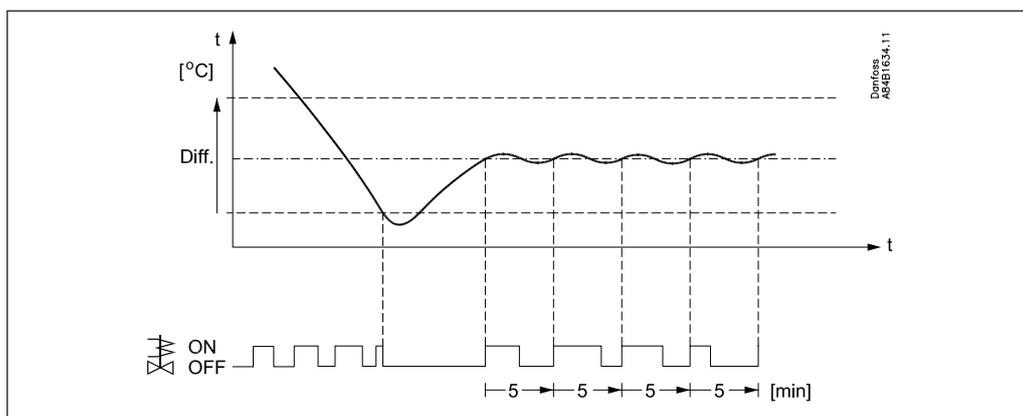
Em princípio, a regulação neste sistema é realizada com uma função de PI. Isto resulta em flutuação reduzida da temperatura regulada do ar com cargas estáveis, resultando em uma umidade do ar mais constante.

A função dá uma regulação de temperatura constante com um valor de temperatura que se situa no meio dos valores ligado e desligado do termostato.

Os parâmetros de funcionamento da regulação PI são automaticamente otimizados através dos valores ligado e desligado pré-definidos e o grau de abertura da válvula. O diferencial afeta a amplificação do regulador e, portanto, pode não ser definido para menos de 2K de modo a garantir a estabilidade da regulação.

Em um sistema inundado, isto significa que o fluxo médio de refrigerante está constantemente controlado e adaptado à demanda, com a diminuição da taxa de circulação, quando menos refrigerante é injetado.

Esta abordagem à injeção de líquidos em um sistema inundado é muito versátil. A quantidade de líquido injetado pode ser controlada com exatidão. Este é um efeito direto de uma temperatura média de superfície inferior do refrigerador de ar, resultando em uma ΔT menor entre os refrigerantes e o ar. Isto aumenta a precisão e a eficiência energética do sistema.



Observando as equações (1) e (2), pode-se concluir que a redução da injeção resulta em:

- uma diminuição do ΔT (temperatura de evaporação se aproxima da temperatura ambiente)

- uma diminuição no valor k (coeficiente de transferência total de calor)
- uma diminuição na superfície de transferência de calor no resfriador de ar (superfície menos "molhada")

Todos resultando em menor capacidade do resfriador.

Esta abordagem para a injeção de líquido em um sistema inundado produz um alto grau de versatilidade operacional. A quantidade de líquido injetado pode ser controlada exatamente, o que aumenta a precisão e a eficiência energética do sistema.

precisa de muito mais capacidade do que um ciclo de armazenamento (AKV válvulas no modo PWM).

Também estes tipos de frigoríficos são muitas vezes utilizados para diferentes quantidades e tipos de frutas, por isso a adaptação de carga é importante.

As aplicações típicas são frigoríficos para frutas/legumes, onde a adaptação à carga real é frequentemente necessária. Um ciclo de refrigeração (válvula AKV totalmente aberta)

Para obter mais detalhes, consulte o manual do AK-CC 450 da Danfoss.

Como selecionar uma válvula AKV(A) em uma aplicação CO₂ inundada?

Quando selecionar uma válvula para um sistema inundado, nós precisamos saber a capacidade máxima do resfriador exigida, dando a mais alta taxa de circulação, o que significa, basicamente, a quantidade máxima de líquido a ser injetado. Em segundo lugar, é preciso definir a possível queda da pressão líquida na válvula AKV(A). A seleção pode ser feita facilmente usando o CoolSelector.

A queda de pressão mínima na pressão necessária na prática, para uma única AKV(A) em um sistema inundado para operar satisfatoriamente foi demonstrado ser 1 bar (ou mais, se a pressão suficiente da bomba está disponível).

Esteja ciente de que a pressão total da bomba exigida depende de vários fatores, como a queda de pressão do sistema (distribuidores/bicos dos resfriadores de ar, componentes, linhas, curvas, altura estática e assim por diante)

Exemplo:

- Refrigerante: CO₂
- N = 1.5
- T_o = -8°C
- Possível queda de pressão através da válvula: 1 bar
- Capacidade do resfriador: 30 kW

The screenshot shows the CoolSelector software interface. The 'Search Criteria' section is populated with the following values:

- Refrigerant: R744
- Temperature: -8 °C
- Cooling Capacity: 30 kW
- Pressure: 27,98 bar
- Mass Flow: 637 Kg/h
- Circ. Rate: 1,5
- Pressure Drop: 2 bar
- Pump Pres. Lift: 2 bar
- Design size, mm(in): [empty]
- Calculation basis: Pressure Drop
- Calculation value: 1 bar

The 'Errors and omission expected the data are subject to change without notice' section contains a table with the following data:

Type	Product	Feedback	Size DN	Size in	Dp. Actual Load (bar)	Dt. Actual Load (K)	Vel. Actual load (m/s)
AKVA	AKVA 15-3	⚠	DN25	1	1,05	1,29	0,285
AKVA	AKVA 15-4	⚠	DN25	1	0,417	0,508	0,285
AKVA	AKVA 15-2	⚠	DN20	3/4.	2,61	3,27	0,466

O CoolSelector recomenda uma válvula AKVA 15-3, (kV = 0,63 m³/h) que produz 30 kW em uma taxa de circulação de 1.5 e uma queda de pressão na válvula de 1 bar. Se mais capacidade é necessária, uma válvula maior ou uma queda de pressão mais alta na pressão ao longo da válvula deve ser fornecida.

Observe que todas as versões AKVA possui um PS de 42 bar, as versões AKV possuem somente um PS de 42 bar na séries AKV10 e AKV15-1,2,3

Sistemas bombeados com ICF

O exemplo da página anterior está implementado com uma válvula AKVA padrão. Uma Estação de válvulas de controle do tipo ICF também seria uma boa opção para esta aplicação.

Se os evaporadores são descongelados usando CO₂, uma versão com uma válvula de retenção é necessária.

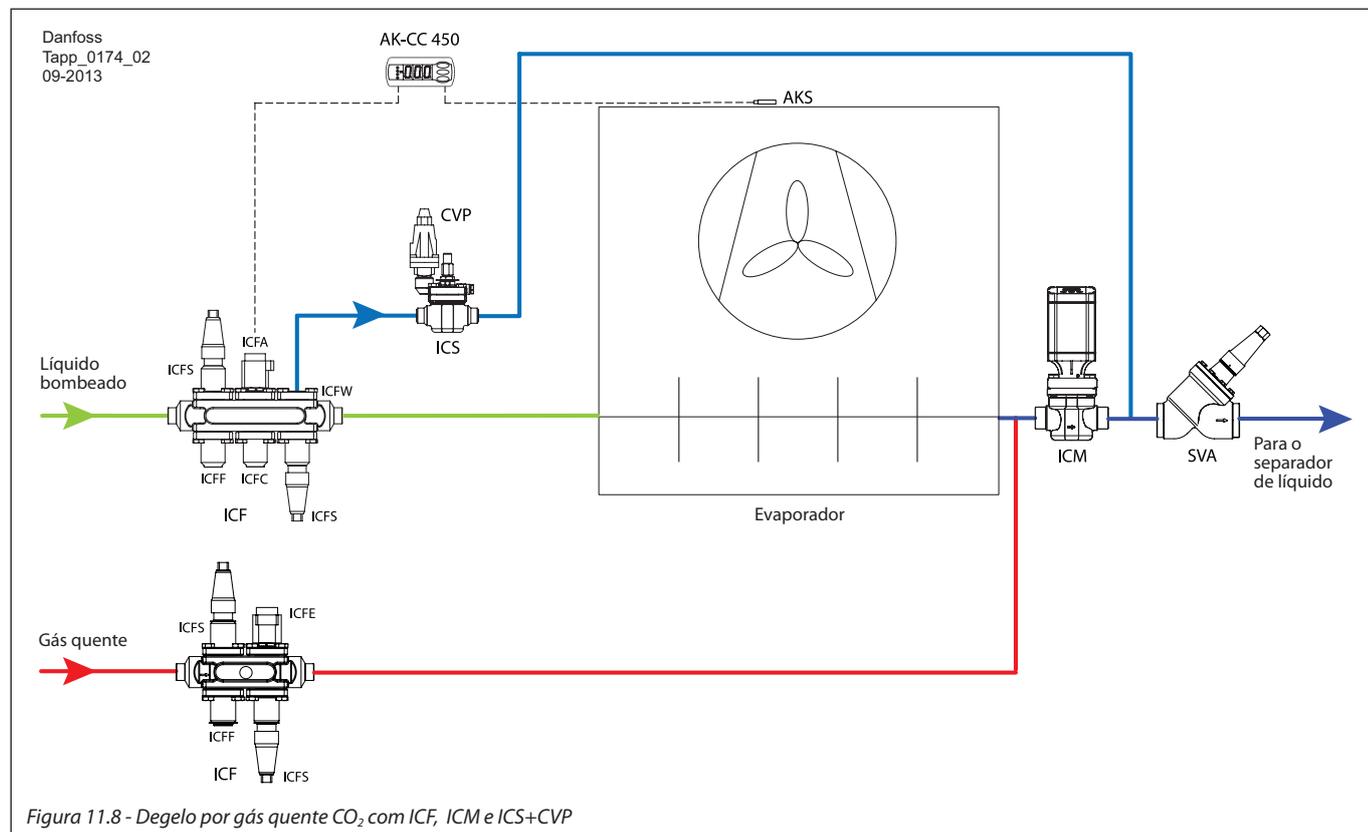


Figura 11.8 - Degelo por gás quente CO₂ com ICF, ICM e ICS+CVP

Um cuidado especial deve ser tomado com a válvula solenoide na linha de sucção úmida. Uma temperatura de degelo utilizada normalmente é de cerca de 9-10°C, correspondendo a uma pressão de 44-45 bar (a) montante dessa válvula solenoide.

Dependendo da pressão do separador, o MOPD dessa válvula pode ser muito pequeno para abrir. É uma boa prática a utilização de uma válvula desvio pequena como a EVRST (PS = 50 bar) para primeiro equalizar a pressão, antes de abrir a válvula principal. O MOPD da ICM 20-32 é de 52 bar, por isso é sempre capaz de abrir após um ciclo de descongelamento, mesmo quando a pressão do separador está próxima do ponto triplo de 5,2 bar a.

A vantagem de usar a ICM é que a pressão de descongelamento pode ser equalizada através da abertura lenta da válvula. Uma forma de baixo custo para fazer isso é usar o modo ICM liga/desliga(ON/OFF) e selecionar uma velocidade muito baixa (I04), ou pode ser feito utilizando o modo de modulação, assim a PLC controla totalmente o grau e a velocidade de abertura.

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Para uma ordem alfabética de todos os documentos de referência ir para a página 146

Folheto / Manual Técnico

Tipo	Nº da Literatura
AK-CC 450	RS8EU
AKD 102	PD.R1.B
AK-PC 730	RS8EG
AKS 21	RK0YG
AKS 33	RD5GH
AKS 4100/ 4100U	PD.SC0.C
AKVA	PD.VA1.B
CVC-XP	PD.HN0.A
CVC-LP	PD.HN0.A
CVP	PD.HN0.A
CVPP	PD.HN0.A
DCR	PD.EJ0.A
EKC 315A	RS8CS

Tipo	Nº da Literatura
EKC 347	PS.G00.A
EVM	PD.HN0.A
EVRA / T	PD.BM0.B
FIA	PD.FN1.A
ICF	PD.FT1.A
ICM / ICAD	PD.HT0.B
ICS	PD.HS2.A
NRV	PD.FE0.A
OFV	PD.HQ0.A
REG	PD.KM1.A
RT 260A	PD.CB0.A
SCA	PD.FL1.A
SGR	PD.EK0.A
SNV	PD.KB0.A
SVA-S/L	PD.KD1.A

Instruções do produto

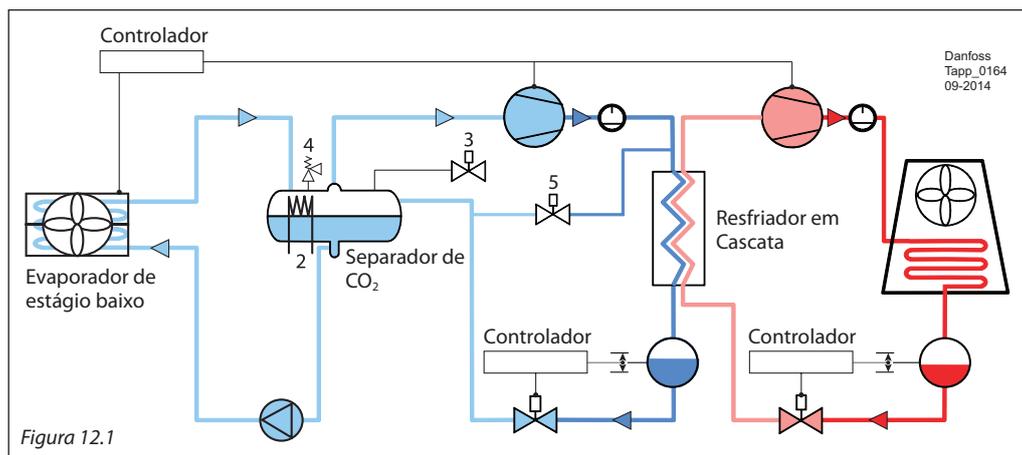
Tipo	Nº da Literatura
AKD 102	MG11L
AKS 21	RI14D
AKS 32R	PI.SB0.A
AKS 33	PI.SB0.A
AKS 4100/ 4100U	PI.SC0.D / PI.SC0.E
AKVA	PI.VA1.B PI.VA1.C
CVC-XP	PI.HN0.A
CVC-LP	PI.HN0.M
CVP	PI.HN0.C
CVPP	PI.HN0.C
DCR	PI.EJ0.B
EKC 347	PI.RP0.A
EVM	PI.HN0.N

Tipo	Nº da Literatura
EVRA / T	PI.BN0.L
FIA	PI.FN1.A
ICF	PI.FT0.C
ICM / ICAD	PI.HT0.A (ICM) PI.HT0.B (ICAD)
ICS	PI.HS0.A / PI.HS0.B
NRV	PI.FE0.A
OFV	PI.HX0.B
REG	PI.KM1.A
RT 260A	RI5BB
SCA	PI.FL1.A
SGR	PI.EK0.A
SNV	PI.KB0.A
SVA-S/L	PI.KD1.A

Para baixar a última versão da literatura, visite o site da Danfoss.

12. Métodos de controle para Sistemas com CO₂

- 2 Sistema de refrigeração auxiliar / unidade de paralisação (refrigeração).
- 3 Válvula solenoide
- 4 Válvula de segurança
- 5 Válvula de desvio



Controle do compressor

Não há diferença na forma como os compressores podem ser controlados em sistemas com CO₂ em comparação com uma instalação de refrigeração industrial normal, mas como são sistemas em cascata, é necessário assegurar que o compressor de NH₃ seja iniciado / pronto para iniciar antes que o sinal de partida seja dado ao compressor de CO₂ (ver a seção sobre o controle do compressor).

Controle de nível de líquido

Não há uma diferença na forma como o nível do líquido pode ser controlado em sistemas com CO₂ comparados com uma instalação de refrigeração industrial normal (ver a seção relativa ao controle do nível de líquido).

Dispositivos de controle disponíveis em caso de alta pressão no separador de CO₂

Se a pressão no separador de CO₂ se elevar acima da escala normal, os seguintes passos podem ser tomados no intuito de minimizar o vazamento de CO₂:

1. O compressor de CO₂ pode ser forçado a iniciar e a bomba de CO₂ líquido forçada a parar para evitar que o líquido relativamente quente retorne para o separador de CO₂.
2. Se houver uma falha que impeça o compressor de CO₂ de iniciar, a pressão continuará a aumentar. Isso forçará a ligação da unidade de paralisação.
3. Se a pressão continuar subindo, uma válvula solenoide pode ser forçada a abrir para realizar uma liberação controlada do CO₂, diminuindo a pressão para uma pressão definida.
4. O último dispositivo é a válvula de segurança, na qual opera em sua pressão de ajuste.

Dispositivos de controle disponíveis em caso de baixa pressão no separador de CO₂

Se a pressão no separador de CO₂ cair abaixo da escala normal de operação, os seguintes passos podem ser tomados para minimizar o risco de formação de gelo seco:

5. Abrir uma válvula desvio permite que o sistema mantenha uma alta pressão de sucção suficiente no separador de CO₂. Isso também evita a parada do compressor caso aconteça uma queda súbita na carga de refrigeração, por exemplo, se houver um processo de congelamento com variações na carga de refrigeração. Isto garante que o compressor continue funcionando e mantenha o sistema pronto para um súbito aumento na carga de refrigeração.
6. O compressor de CO₂ pode ser forçado a parar e, assim, evitar a formação de gelo seco.

13. Projeto de uma instalação subcrítica com CO₂

Em geral, o projeto e a seleção de válvulas para uma instalação subcrítica de CO₂ não são diferentes do que para uma instalação tradicional de HN3, exceto para as pressões de trabalho mais elevadas e o sistema de recuperação de óleo.

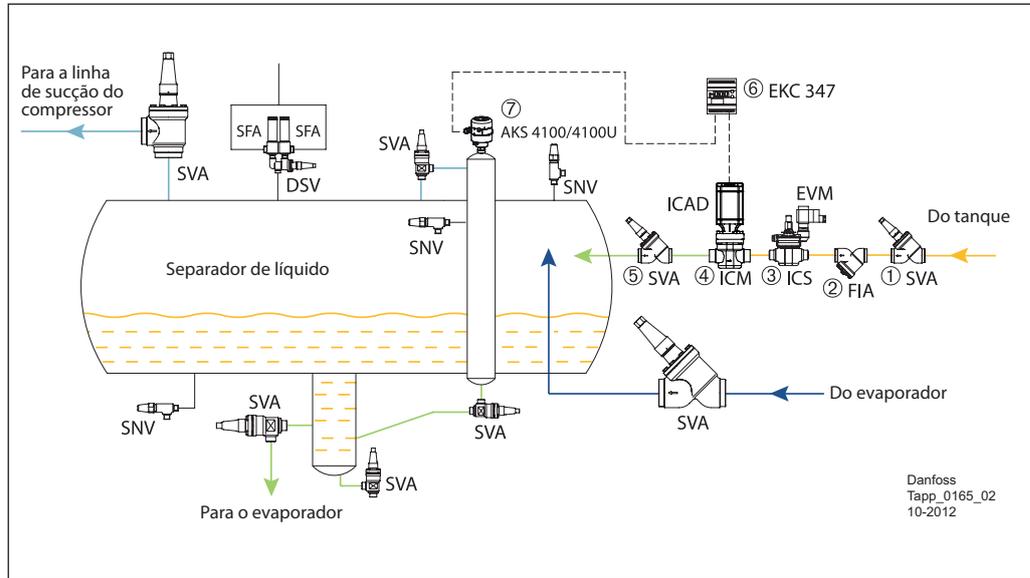
Portanto, os exemplos apresentados nas seções anteriores deste manual também são válidos para o CO₂. No entanto, de modo geral, recomenda-se evitar as conexões de flange em sistemas com CO₂, sempre que possível.

13,1 Solução eletrônica para o controle do nível de líquido

Exemplo de aplicação 13.1.1: Solução eletrônica para o controle de nível de líquido baixa pressão(LP)

- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)

- ① Válvula de bloqueio
- ② Filtro FIA
- ③ Válvula solenoide ICS(EVM)
- ④ Válvula motorizada ICM(ICAD)
- ⑤ Válvula de bloqueio
- ⑥ Controlador de nível de líquido EKC347
- ⑦ Transmissor de nível de líquido AKS 4100/4100U



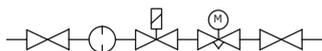
O transmissor de nível de líquido AKS 4100/4100U ⑦, monitora o nível de líquido no separador e envia um sinal de nível para o controlador de nível de líquido EKC 347 ⑥, que envia um sinal de modulação para o atuador da válvula motorizada ICM ④. A válvula motorizada ICM atua como uma válvula de expansão.

O controlador de nível de líquido EKC 347 ⑥ também provê saídas a relé para limites superiores e inferiores e para nível de alarme.

Exemplo de aplicação 13.1.2: Solução eletrônica para o controle de nível de líquido de baixa pressão(LP)

- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)

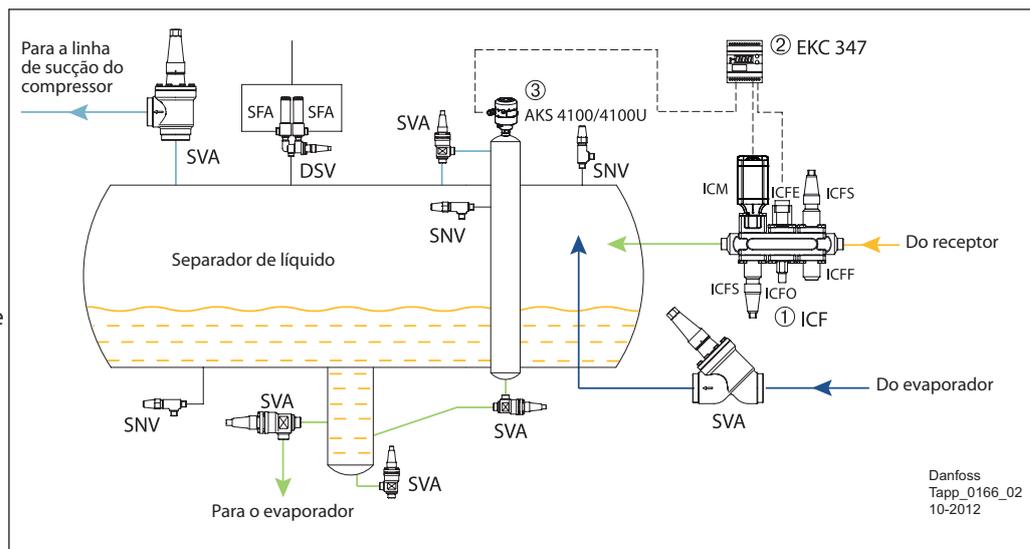
① Estação de válvula de controle ICF, incluindo:



- Válvula de bloqueio ICFS
- Filtro ICFF
- Válvula solenoide ICFE
- Operador manual ICFO
- Válvula motorizada ICM
- Válvula de bloqueio ICFS

- ② Controlador de nível de líquido EKC347
- ③ Transmissor de nível de líquido AKS 4100/4100U

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.



A Danfoss pode fornecer uma solução que utilize uma válvula bem compacta ICF ①. Até seis módulos distintos podem ser encaixados no mesmo corpo, na qual é fácil de instalar. O módulo ICM atua como uma válvula de expansão e o módulo ICFE é uma válvula solenoide.

Esta solução funciona de forma idêntica ao exemplo 13.1.1. Consulte a literatura sobre a ICF para maiores informações.

13.2 Degelo a Gás Quente para Resfriadores a Ar com Circulação por Líquido Bombeado

Exemplo de aplicação 13.2.1: Evaporador de circulação por líquido bombeado, com sistema de degelo por gás quente

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)

Linha do líquido

- ① Válvula de bloqueio na entrada de líquido
- ② Filtro FIA
- ③ Válvula solenoide ICS(EVM)
- ④ Válvula de retenção CHV
- ⑤ Válvula de expansão manual REG
- ⑥ Válvula de bloqueio na entrada do evaporador

Linha de Sucção

- ⑦ Válvula de bloqueio na saída do evaporador
- ⑧ Válvula motorizada ICM
- ⑨ Válvula de bloqueio no tubo de sucção

Linha de gás quente

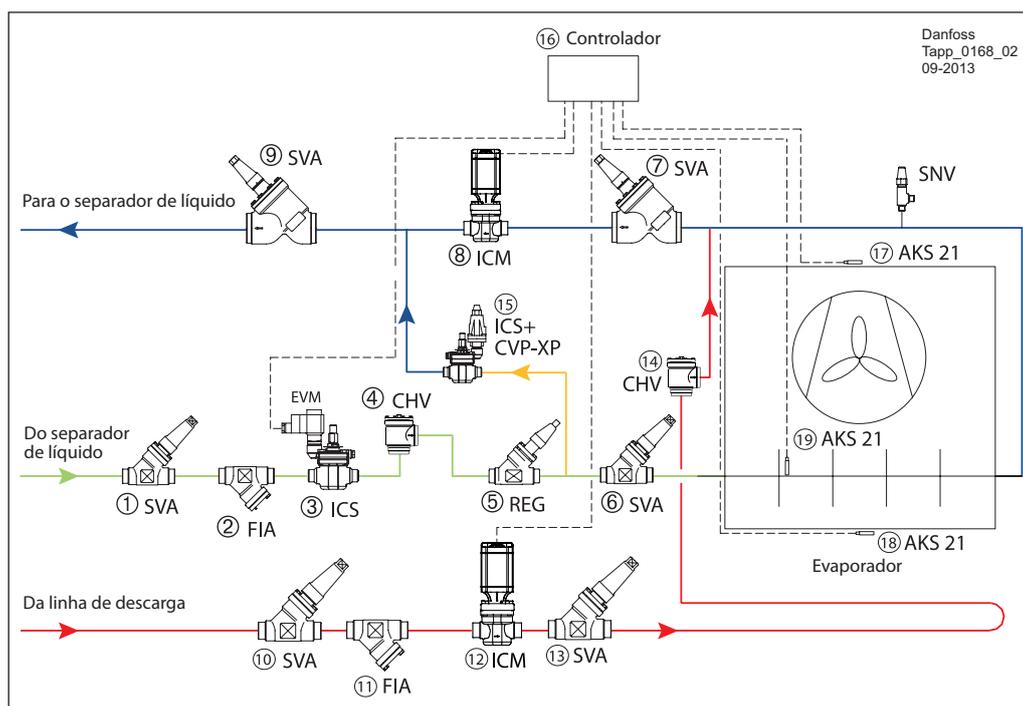
- ⑩ Válvula de bloqueio
- ⑪ Filtro FIA
- ⑫ Válvula motorizada
- ⑬ Válvula de bloqueio
- ⑭ Válvula de retenção CHV

Linha de alívio da pressão do degelo

- ⑮ Válvula de alívio ICS(CVP-XP)

Controles

- ⑯ Controlador
- ⑰ Sensor de temperatura AKS21
- ⑱ Sensor de temperatura AKS21
- ⑲ Sensor de temperatura AKS21



O exemplo de aplicação 13.2.1 mostra uma instalação para evaporadores de circulação por líquido bombeado com degelo por gás quente utilizando as válvulas ICS.

Ciclo de Refrigeração

A válvula válvula servo-operada por sua solenóide piloto ICS ③ na linha de líquido é mantida aberta. A injeção de líquido é controlada pela válvula de regulagem manual REG ⑤.

A válvula motorizada ICM ⑧ na linha de sucção é mantida aberta e a válvula motorizada de degelo ICM ⑫ é mantida fechada.

Ciclo de Degelo

Após a iniciação do ciclo de degelo, é fechado o fornecimento de líquido pelo módulo solenoide EVM da válvula ICS ③. O ventilador é mantido funcionando por 120 a 600 segundos, dependendo do tamanho do evaporador para bombear o líquido no evaporador.

Os ventiladores são parados e a válvula motorizada ICM ⑧ fechada.

Um atraso de 10 a 20 segundos será necessário para permitir que o líquido no evaporador se estabilize na parte inferior sem bolhas de vapor. A válvula motorizada ICS ⑫ é então aberta e fornece gás quente ao evaporador.

Devido à elevada pressão diferencial entre a linha de gás quente e o evaporador, é necessário aumentar a pressão lentamente, permitindo que a pressão seja equalizada antes de abrir completamente para assegurar o bom funcionamento e evitar líquido no evaporador.

Uma vantagem de usar a válvula motorizada ICS ⑫, é que a pressão de degelo pode ser equalizada através da abertura lenta da válvula. Uma forma de baixo custo para fazer isso é usar o módulo ICM liga/desliga(ON/OFF) e selecionar uma velocidade muito baixa, ou pode ser alcançado utilizando o modo de modulação, assim PLC controla totalmente o grau e a velocidade de abertura.

Durante o ciclo de degelo, o gás quente condensado do evaporador é injetado para o lado de baixa pressão. A pressão de degelo é controlada pela ICS+CVP-XP ⑮.

Quando a temperatura no evaporador (medida pelo AKS 21) alcança o valor de ajuste, o degelo está terminado, a válvula motorizada ICS ⑫ é fechada e, após algum atraso, a válvula motorizada ICM ⑧ é aberta.

Devido à elevada pressão diferencial entre o evaporador e na linha de sucção, é necessário aliviar a pressão lentamente, permitindo que a pressão seja equalizada antes de abrir completamente para assegurar o bom funcionamento e evitar líquido na linha de sucção.

Uma vantagem de usar a válvula motorizada ICM ⑧ é que a pressão de degelo pode ser equalizada através da abertura lenta da válvula. Uma forma de baixo custo para fazer isso é usar o modo ICM liga/desliga(ON/OFF) e selecionar uma velocidade muito baixa, ou pode ser obtido utilizando o modo de modulação, assim PLC controla totalmente o grau e a velocidade de abertura.

Após a ICM estar totalmente aberta, a válvula servo-operada por sua solenóide piloto de fornecimento de líquido ICS ③ abrirá para reiniciar o ciclo de refrigeração. O ventilador entra em operação após um retardo para congelar as gotículas de líquido que permaneceram na superfície do evaporador.

Em filtros FIA pos 2 e 11 (e, em geral, em sistemas com CO₂), é recomendado o uso de um elemento filtrante ondulado com uma grande superfície e um projeto mais sólido.}

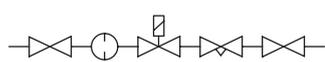
Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

13.2 Degelo a Gás Quente para Resfriadores a Ar com circulação por Líquido Bombeado

Exemplo de aplicação 13.2.2: Evaporador com circulação por bomba, com sistema de degelo por gás quente, completamente soldado, utilizando estação de válvulas de controle ICF para o evaporador com degelo a gás quente

- Refrigerante vapor a alta pressão (HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão (HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante líquido a baixa pressão (LP)

① Linha do líquido ICF, com:



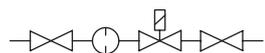
- Válvula de bloqueio ICFS
- Filtro ICFF
- Válvula solenoide ICFE
- Válvula de retenção ICFC
- Válvula de expansão manual ICFR

② Válvula de bloqueio na saída do evaporador

③ Regulador de pressão (válvula motorizada) ICM

④ Válvula de bloqueio na linha de sucção

⑤ Linha de gás quente ICF, com:



- Válvula de bloqueio ICFS
- Filtro ICFF
- Válvula solenoide ICFE
- Válvula de bloqueio ICFS

⑥ Válvula de retenção CHV

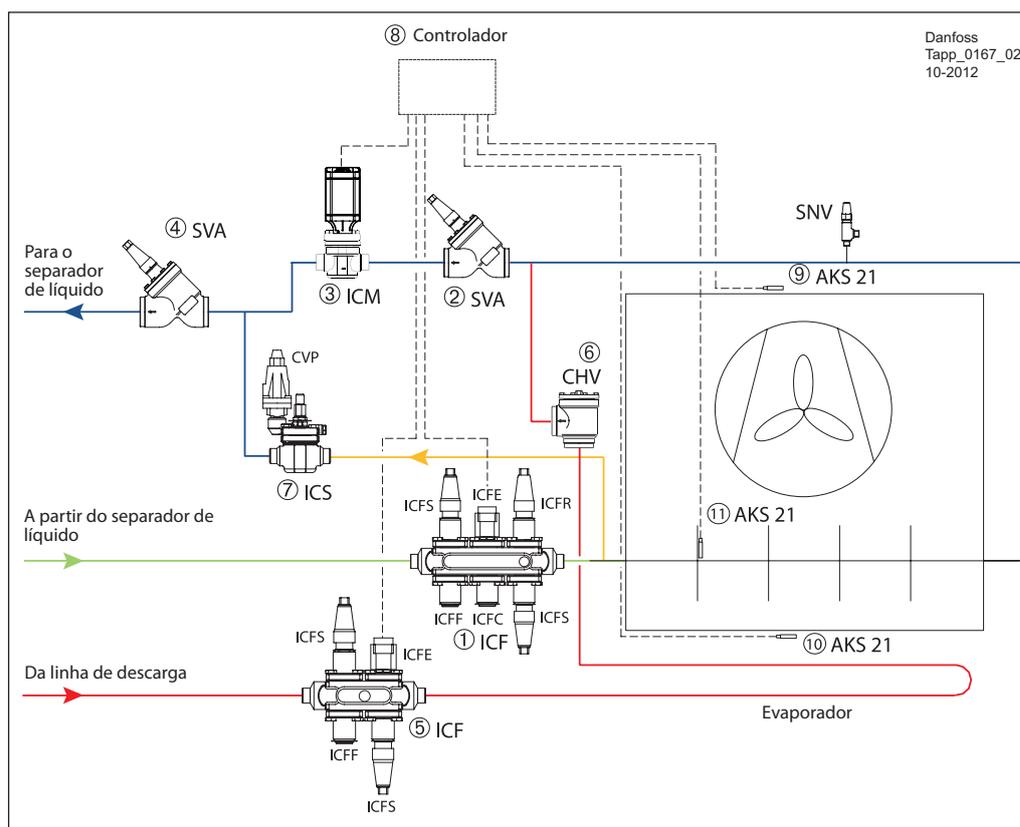
⑦ Regulador de pressão ICS (CVP)

⑧ Controlador

⑨ Sensores de temperatura AKS21

⑩ Sensores de temperatura AKS21

⑪ Sensores de temperatura AKS21



Danfoss
Tapp_0167_02
10-2012

O exemplo de aplicação 13.2.2 mostra uma instalação para evaporadores de circulação por líquido bombeado com degelo por gás quente utilizando a estação de válvulas de controle ICF.

A ICF acomodará até seis módulos distintos montados no mesmo corpo, oferecendo uma solução de controle compacta e de fácil instalação.

Ciclo de Refrigeração

A válvula solenoide ICFE na ICF ① na linha de líquido é mantida aberta. A injeção de líquido é controlada pela válvula reguladora manual ICFR na ICF ①.

A válvula motorizada ICM ③ na linha de sucção é mantida aberta e a válvula solenoide de degelo ICFE na ICF ⑤ é mantida fechada.

Ciclo de Degelo

Após a iniciação do ciclo de degelo, é fechado o fornecimento de líquido pelo módulo solenoide ICFE da válvula ICF ①. O ventilador é mantido funcionando por 120 a 600 segundos, dependendo do tamanho do evaporador para bombear o líquido no evaporador.

Os ventiladores são parados e a válvula ICM fechada. Um atraso de 10 a 20 segundos será necessário para permitir que o líquido no evaporador se estabilize na parte inferior sem bolhas de vapor. A válvula solenoide ICFE na ICF ⑤ é então aberta e fornece gás quente ao evaporador.

Durante o ciclo de degelo, o gás quente condensado do evaporador é injetado para o lado de baixa pressão. A pressão de degelo é controlada pela ICS+CVP ⑦.

Quando a temperatura no evaporador (medida pela AKS 21) alcança o valor de ajuste, o degelo está terminado, a válvula solenoide ICFE na ICF ⑤ é fechada e, após algum atraso, a válvula motorizada ICM ③ é aberta.

Devido à elevada pressão diferencial entre o evaporador e na linha de sucção, é necessário aliviar a pressão lentamente, permitindo que a pressão seja equalizada antes de abrir completamente para assegurar o bom funcionamento e evitar golfadas de líquido na linha de sucção.

A vantagem de usar a válvula motorizada ICM ③ é que a pressão de degelo pode ser equalizada através da abertura lenta da válvula. Uma forma de baixo custo para fazer isso é usar o modo ICM liga/desliga (ON/OFF) e selecionar uma velocidade muito baixa. Isso também pode ser obtido utilizando o modo de modulação assim o PLC controla totalmente o grau e velocidade de abertura.

Após a ICM estar totalmente aberta, a válvula solenoide de fornecimento de líquido ICFE na ICF ① abrirá para iniciar o ciclo de refrigeração. O ventilador entra em operação após um retardo para congelar as gotículas de líquido que permaneceram na superfície do evaporador.

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

14. Componentes de CO₂ subcríticos da Danfoss



Atualmente, a Danfoss oferece uma ampla gama de componentes industriais apropriados para CO₂.

A maioria dos componentes listados abaixo foram avaliados e atualizados, e, portanto, aplicáveis para CO₂ dentro da faixa de pressão e temperatura indicada na documentação técnica. Em particular a pressão é o fator limitante para este grupo de componentes.

Foram desenvolvidos componentes especiais para aplicações de CO₂ de alta pressão. Os tipos mais comuns de válvulas estão listados nas páginas seguintes.

Observe que as versões especiais de alta pressão estão geralmente disponíveis somente por pedido especial e as vezes tempos de entrega prolongados devem ser levados em conta.

Diretriz para Equipamentos de Pressão (PED)
As válvulas para Refrigeração Industrial são aprovadas de acordo com os padrões Europeus especificados na Diretriz para Equipamentos de Pressão e são marcados na CE.

Produtos de Refrigeração Industrial

Produtos de Refrigeração Industrial - Componentes para CO ₂ Subcrítico, Danfoss			DN	PS	PS
				40bar [580 psi]	52 bar [754 psi]
Válvulas principais, Válvula servo-operada por sua solenóide piloto	ICS 1 ICS 3	Tudo	20-150		
Estação de válvulas de controle	ICF	Tudo	20-40		
Válvula servo operada por piloto	CVP-XP				
	CVP-XP				
	CVC-XP				
	CVP-HP				
	CVPP-HP				
	EVM (NC)				
Válvulas de bloqueio	SVA-S	Tudo	6-200		
	SVA-L	Tudo	15-40		
Válvulas de Regulagem manual	REG-SA/SB	Tudo	15 - 65		
Válvula conjugada de bloqueio e de retenção	SCA-X	Tudo	15-125		
Filtros	FIA	Tudo	15-200		
Válvulas de retenção	CHV-X	Tudo	15- 125		
Válvulas Solenoides	EVRS/EVRST	Tudo	3-20		
	ICS + EVM	Tudo	20-150		
Válvula motorizada	AKVA	Tudo	10-20		
	ICM	Tudo	20-65		
	ICMTS	Tudo	25		140 bar
	CCMT	Tudo	15		140 bar
	CCM	Tudo	15-25		90 bar
Válvulas de Segurança e Válvulas Bloqueio dupla de 3 Vias Válvula de segurança interna operada por piloto	SFA	15	-		
	DSV	1, 2	20-32		
	POV	40, 50, 80	40-80		
Filtro secadores	DCRH	Versão de alta pressão			46 bar
Transmissor do nível de líquido	AKS 4100/4100U	-	-		
Sensor de detecção de gás	GD				

O produto pode ser usado em versão padrão.
Todos os produtos têm aprovação CE

O produto deve ser fabricado em uma versão especial (pressão máxima de ensaio, marcação e documentação).
Todos os produtos têm aprovação CE

14,1
Componentes de CO₂
subcríticos da Danfoss
(continuação)
Produtos da Refrigeração Industrial

Produtos de Refrigeração Industrial - Componentes para CO ₂ Subcrítico, Danfoss		PS 42 bar [609 psi]	PS 46 bar [667 psi]	PS 52 bar [754 psi]	PS 90 bar [1305 psi]	PS 140 bar [2031 psi]
Válvulas Solenoides	EVR 2 - EVR 15					
	EVUL					
	EVUB					
Válvulas de Fechamento (Válvulas de Esfera)	GBC para CO ₂					
Válvulas de retenção	NRV para CO ₂					
Válvula motorizada	AKVH 10					
	AKV 15					
	ETS 12,5 -100					
	CCM10 - 40					
	CCMT2 - 8					
	ICMTS					
Reguladores de Pressão Automáticos	ICV					
	MBR					
Filtros secadores	DCR					
	DML					
	DMT					
Indicador de umidade	SG (Alinhada)					
	SG (Soquete)					

O produto pode ser usado em versão padrão.
 Todos os produtos têm aprovação CE

O produto deve ser fabricado em uma versão especial
 (pressão máxima de ensaio, marcação e documentação).
 Todos os produtos têm aprovação CE

Controles Eletrônicos para CO₂

Controladores de câmara: AK-CC 550A, AK-CC 750
 Controles de evaporador: EKC 315A, AKC 316, EKD 316, EKC 312
 Controladores por estágios: EKC 331T, AK-PC 530, AK-PC 420, AK-PC 781, AK-PC 840
 Controles de chiller: AK-CH 650, AK-CH 650A
 Controlador em cascata: EKC 313
 Controlador de pressão: EKC 326A

Bobinas para válvulas solenoides

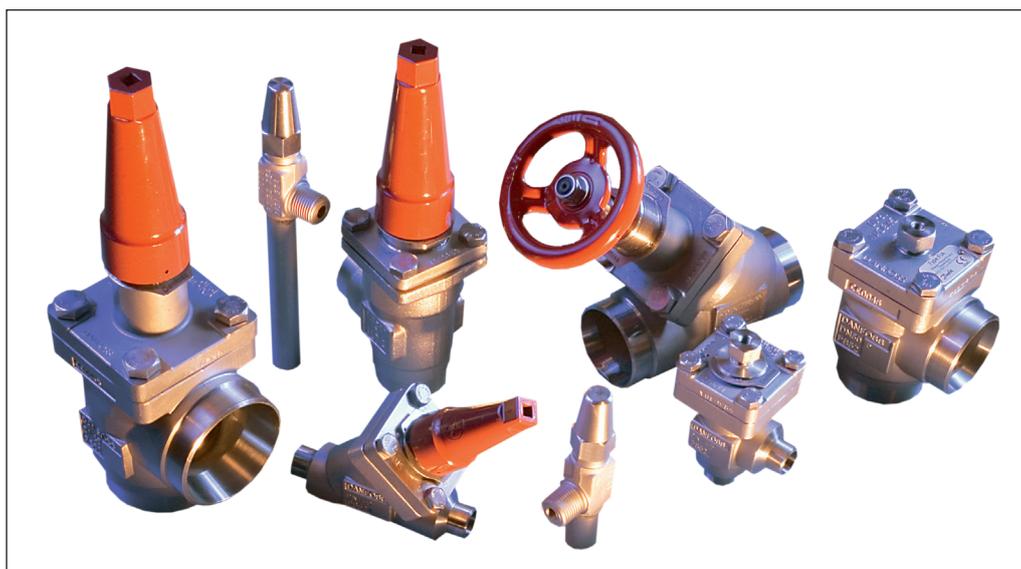

Devido à elevada diferença de pressão entre o condensador e o evaporador, a exigência do diferencial de pressão de abertura máxima (MOPD) para a válvula solenoide, em algumas aplicações, pode exceder a capacidade das bobinas normais.

Exemplos de aplicações típicas são:

- Injeção de líquido para resfriamento do compressor
- Degelo por gás quente
- Válvula de fechamento antes das válvulas de expansão

Portanto, a Danfoss oferece uma bobina de 20 W que abrange uma gama MOPD de até 40 bar. A faixa da bobina de 20 W inclui bobinas para 24, 110 e 230 V c.c de tensão de alimentação 50 Hz.

15. Uma linha completa de produtos de aço inoxidável



A proteção de superfície está se tornando cada vez mais importante, especialmente para sistemas de refrigeração na indústria de alimentos, onde a limpeza com agentes de limpeza fortes é comum.

Portanto, a Danfoss oferece as versões de fluxo angular e direto de válvulas de aço inoxidável nos tamanhos DN 15 mm (1/2 ") a DN 125 mm (5")

- Válvulas de Bloqueio SVA-SS
- Válvulas de regulação manual REG-SS
- Válvula conjugada de Bloqueio e Retenção SCA-SS (somente angular)
- Válvulas de Retenção CHV-SS (somente angular)
- Filtros FIA-SS
- Válvulas de Alívio de Pressão OFV-SS (somente angular)
- Válvula de bloqueio do tipo agulha SNV-SS

Esta gama de válvulas atende às exigências mais rigorosas resultantes de:

1. A necessidade de maior proteção de superfícies externas em válvulas e acessórios
2. A necessidade de acomodar as tendências atuais em projeto de instalação.

Em certas áreas específicas, como aplicações ao ar livre e ambientes corrosivos, como por exemplo instalações costeiras, existe uma necessidade de uma proteção de superfície elevada para evitar falhas devido à corrosão.

As normas atuais de segurança alimentar, muitas vezes usadas para a limpeza diária com detergentes para proteção contra o crescimento de bactérias, produzindo novamente a necessidade de proteção de superfície elevada.

- Compatível com todos os refrigerantes comuns não inflamáveis, inclusive o R717 e gases/líquidos não corrosivos dependendo do material vedante.
- Acessórios opcionais:

	Tampa ventilada	Volante
SVA-SS	X	X
REG-SS	X	
SCA-SS	X	
CHV-SS		
FIA-SS		
OFV-SS	X	

- Projetado para dar condições de fluxo favoráveis.
- A contra vedação interna permite a substituição da vedação do fuso enquanto a válvula está ativa, isto é, sob pressão (SVA-SS, REG-SS, SCA-SS, OFV-SS).

- A carcaça é feita de aço inoxidável especialmente resistente ao frio, aprovado para operação em baixa temperatura.
- Fácil desmontagem para inspeção e serviço.
- As válvulas de bloqueio SVA-SS podem aceitar fluxo em ambas as direções.
- Conexões DIN de solda de topo.
- Pressão máx. de operação: 52 bar g (754 psig)
- Faixa de temperatura: -60 a +150°C (-76 a 302°F).
- Válvulas compactas e leves para fácil manuseio e instalação.
- Classificação: entre em contato com sua empresa de vendas Danfoss para obter uma lista atual de certificação de produto.

Válvulas solenoides de aço inoxidável EVRS e EVRST



A EVRS 3 é operada diretamente.
 A EVRS 10, 15 e 20 são servo-operadas.
 A EVRST 10, 15 e 20 são válvulas servo-operadas forçadas usadas em linhas de líquido, de sucção, de gás quente e de retorno de óleo com amônia ou refrigerantes fluorados.

A EVRS 3 e a EVRST foram projetadas para se manterem abertas a uma queda de pressão de 0 bar. As EVRS/EVRST 10, 15 e 20 são equipadas com eixo para operação manual.
 A EVRS e a EVRST são fornecidas na forma de componentes, por exemplo, corpo de válvula e bobina devem ser encomendados separadamente.

Recursos

- Conexões e corpo da válvula em aço inoxidável
- Pressão máx. de trabalho 50 barg
- Usada para amônia e todos os refrigerantes fluorados
- MOPD de até 38 bar com bobina de 20 watt c.a.
- Ampla variedade de bobinas c.a. e c.c.
- Projetada para temperaturas de meio de até 105°C
- Haste manual em EVRS e EVRST 10, EVRST 15 e EVRST 20

16. Apêndice

16.1 Sistemas Típicos de Refrigeração

Os sistemas de refrigeração são basicamente caracterizados pelo ciclo de refrigeração e pela forma em que fornecem refrigerante para o evaporador. Pelo ciclo de refrigerante, os sistemas de refrigeração industrial são categorizados em três tipos:

Sistema de simples estágio

Este é o ciclo mais básico compressão-condensação-expansão-evaporação.

Sistema de dois estágios

Neste tipo de sistema, a compressão é tratada em dois estágios, tipicamente por dois compressores. Utiliza-se frequentemente resfriamento intermediário para otimizar o desempenho do sistema.

Sistema em cascata

Este sistema é na verdade dois ciclos básicos em cascata. O evaporador no ciclo de alta temperatura atua como o condensador do ciclo de baixa temperatura.

Pela forma de fornecimento(alimentação) de refrigerante para os evaporadores, os sistemas podem ser categorizados em dois tipos básicos:

Sistema de expansão direta

A mistura do líquido / vapor do refrigerante após a expansão é diretamente alimentada aos evaporadores.

Sistema por circulação

A mistura do líquido / vapor do refrigerante após a expansão é separada em um separador de líquido e somente o líquido é alimentado aos evaporadores. A circulação do líquido pode ser por gravidade ou bombeamento.

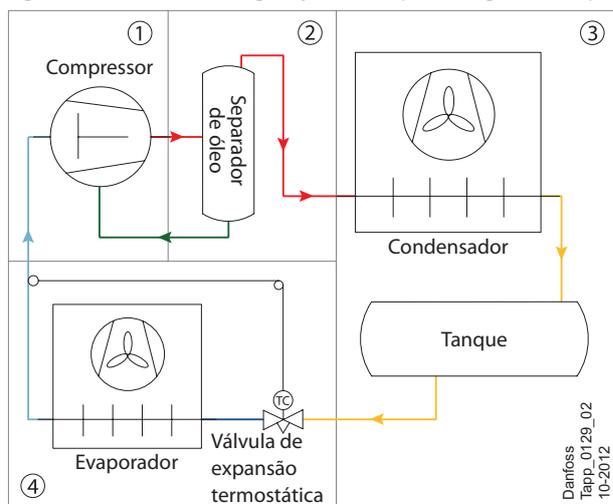
Estes tipos de sistemas de refrigeração serão ilustrados por alguns exemplos:

Sistema de simples estágio com expansão direta (DX)

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Óleo

- ① Zona de controle do compressor
- ② Zona de controle de óleo
- ③ Zona de controle do condensador
- ④ Zona de controle do evaporador

Fig.16.1.1 Sistema de Refrigeração de Simples Estágio com Expansão Direta



O sistema de refrigeração de simples estágio com expansão direta é o sistema de refrigeração mais básico, que é muito popular para ar condicionado e pequenos sistemas de refrigeração, fig.16.1.1. O ciclo de refrigeração é: o refrigerante vapor a baixa pressão é comprimido pelo compressor e direcionado ao condensador onde o vapor a alta pressão condensa transformando-se em líquido pressurizado. O líquido a alta pressão então se expande através da válvula de expansão térmométrica para o evaporador onde o líquido a baixa pressão se evapora e gera o vapor a baixa pressão e será aspirado para o compressor novamente.

O separador de óleo e o tanque de líquido não participam diretamente do ciclo de refrigeração, mas são importantes para o controle:

O separador de óleo separa e coleta o óleo do refrigerante e então envia o óleo de volta para o compressor. Este loop de óleo é importante para garantir funcionamento seguro e eficiente do compressor, por exemplo, uma boa lubrificação. E o controle de óleo (ponto 6), é essencial para manter a temperatura e pressão de óleo a um nível aceitável.

O tanque de líquido é capaz de absorver / liberar refrigerante quando os conteúdos do refrigerante em diferentes componentes variam com a carga ou quando alguns componentes estiverem desligados para manutenção. O tanque de líquido também mantém um fornecimento de líquido refrigerante sob pressão constante para a válvula de expansão.

A válvula de expansão termostática é controlada pelo superaquecimento. Esta válvula é de grande importância para as funções do evaporador e compressor:

- Mantendo um superaquecimento na saída do evaporador, a válvula de expansão termostática fornece a vazão exata de líquido refrigerante para o evaporador, de acordo com a carga.
- Uma certa quantidade de superaquecimento é capaz de assegurar que somente vapores entrem na sucção do compressor. Gotículas de líquido na sucção causarão golpes de líquido, o que equivale às batidas de um motor.

Observe que a válvula de expansão termostática só é capaz de manter um superaquecimento constante, ao invés de uma temperatura de evaporação constante. Especificamente, se não ocorrer nenhum outro controle, a temperatura de evaporação subirá com o aumento de carga e cairá com a diminuição de carga. Já que uma temperatura de evaporação constante é o objetivo da refrigeração, alguns outros controles também são necessários, por ex., o controle do compressor e do evaporador. O **controle do compressor** pode ajustá-lo à capacidade de refrigeração do sistema e o **controle do evaporador** pode assegurar uma vazão adequada de refrigerante para o evaporador. Detalhes destes dois tipos de controle foram apresentados na Seção 2 e Seção 5, respectivamente.

Teoricamente, quanto mais baixa for a temperatura de condensação, mais alta será a eficiência de refrigeração. Porém em um sistema de expansão direta, se a pressão no tanque de líquido for muito baixa, a diferença de pressão pela válvula de expansão será muito baixa para fornecer uma vazão suficiente de refrigerante. Portanto, controles devem ser projetados para impedir uma pressão de condensação muito baixa, quando existe a possibilidade de muita variação da capacidade de condensação em um sistema de expansão direta. Isto foi discutido nos **Controles do Condensador** (Seção 3).

A maior desvantagem da expansão direta é a baixa eficiência. Considerando que um superaquecimento deva ser mantido:

- Parte da área de transferência de calor no evaporador é ocupada pelo vapor e a eficiência de transferência de calor é mais baixa.
- O compressor consome mais energia para comprimir o vapor superaquecido do que o vapor saturado.

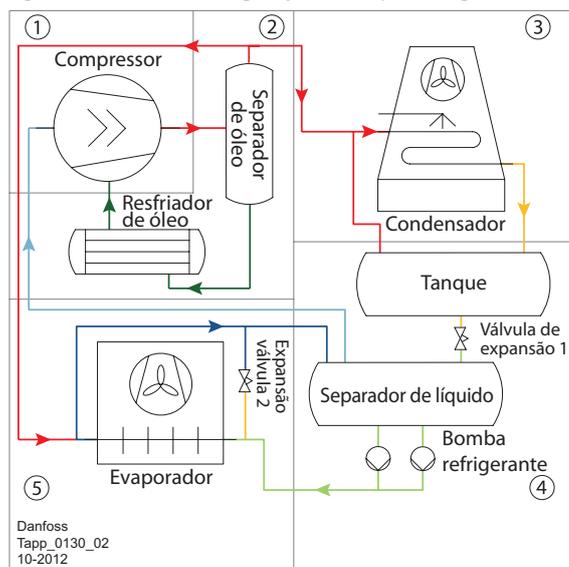
Esta desvantagem torna-se especialmente crítica em uma instalação de refrigeração de baixa temperatura ou em uma instalação de refrigeração de grandes proporções. Para economizar energia, sistemas de refrigeração com circulação por bomba ou por circulação natural são projetados.

Sistema de simples estágio com circulação de refrigerante por bomba

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)
- Óleo

- ① Zona de controle do compressor
- ② Zona de controle de óleo
- ③ Zona de controle do condensador
- ④ Zona de controle de nível de líquido
- ⑤ Zona de controle do evaporador

Fig.16.1.2 Sistema de Refrigeração de Simples Estágio com Re-Circulação por Bomba e Degelo com Gás Quente



O circuito para um sistema de refrigeração de um único estágio, como mostrado na figura 16.1.2 tem muita semelhança com o sistema de expansão direta, mostrado na figura 16.1.1. A principal diferença é que neste sistema o vapor refrigerante, que entra na sucção do compressor, é vapor saturado em vez de vapor superaquecido.

Isto é causado pela instalação de um separador de líquido entre o evaporador e o compressor. No separador de líquido, o líquido da mistura líquido/vapor vem, em parte, do evaporador e, em parte, da válvula de expansão 1. Somente o vapor saturado passará para a sucção do compressor enquanto que apenas o líquido é alimentado pelas bombas de refrigerante para o evaporador.

Como o vapor de sucção não está superaquecido, a temperatura de evaporação será menor que em um sistema de expansão direta. Devido à temperatura de evaporação mais baixa, o compressor funcionará mais eficientemente. O evaporador fornecerá mais capacidade à medida que a sua superfície for utilizada totalmente para resfriar e não parcialmente para superaquecer o refrigerante. Desse modo, um sistema de circulação é mais eficiente que um sistema de expansão direta correspondente.

A linha entre o ponto de entrada do condensador e o tanque é destinada à equalização da pressão, para garantir que o líquido de condensação do condensador possa fluir para o tanque sem problemas.

Em sistemas de circulação por bomba é importante manter a bomba funcionando, ou seja, que a operação da bomba não seja acidentalmente interrompida. Portanto, o controle da bomba é importante para assegurar que a bomba tenha a diferença de pressão correta, que um suprimento de líquido constante seja garantido e que a condição da bomba não seja comprometida. Este assunto é discutido na Seção 8.

Em sistemas de circulação não há superaquecimento que possa ser usado como uma variável de controle para uma operação com válvula de expansão controlada termostaticamente.

A Válvula de Expansão 1 normalmente é controlada pelo nível no separador de líquido ou, algumas vezes, pelo nível no tanque/condensador. Isto também é denominado de controle pelo nível de líquido, que é discutido na Seção 4.

Se os evaporadores forem originários de um projeto com aletas e tubos e utilizados com ar e se a temperatura de evaporação estiver abaixo de 0 °C, uma camada de geada/gelo forma-se na superfície do evaporador, que se origina da água/umidade presentes no ar. Esta camada deve ser removida, pois, caso contrário, ela restringirá o fluxo de ar do evaporador e reduzirá a capacidade do evaporador.

Os métodos possíveis para degelo incluem gás quente, aquecimento elétrico, ar e água. Na figura 16.1.2 é utilizado o gás quente para degelo. Parte do gás quente do compressor é encaminhada ao evaporador para degelo.

O gás quente aquece o evaporador e funde a camada de gelo no evaporador e, simultaneamente, o gás quente condensa e converte-se em um líquido em alta pressão. Ao utilizar uma válvula de alívio, este líquido de alta pressão pode retornar ao separador de líquido no tubo de sucção.

O degelo a gás quente somente pode ser utilizado em sistemas que contêm no mínimo três evaporadores paralelos.

Durante o degelo, no mínimo dois dos evaporadores (por capacidade) devem estar resfriando e um máximo de um evaporador deve estar degelando – caso contrário não haverá gás quente suficiente para o processo de degelo.

O método para chavear entre ciclos de refrigeração e de degelo é discutido na seção sobre controle do evaporador (Seção 5).

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

Sistema de dois estágios

Um sistema de dois estágios típico é mostrado na fig. 16.1.3. Parte do líquido refrigerante do tanque de líquido primeiro se expande em pressão intermediária e se evapora para resfriar a outra parte do líquido refrigerante no resfriador intermediário.

O vapor na pressão intermediária é então direcionado para a linha de descarga de estágio de baixa pressão, resfria o vapor de descarga de estágio de baixa pressão e entra no compressor de estágio de alta pressão.

A energia utilizada para comprimir esta parte do vapor da pressão de sucção para a pressão intermediária é economizada e a temperatura de descarga do compressor de estágio de alta pressão é mais baixa.

Desta forma, o sistema de dois estágios é especialmente adequado para um sistema de refrigeração de baixa temperatura, para alta eficiência e baixa temperatura de descarga.

O resfriador intermediário também pode fornecer refrigerante para os evaporadores de temperatura intermediária. Na Fig. 16.1.3, o refrigerante de

fornecimento intermediário para o evaporador de placa através de circulação por gravidade.

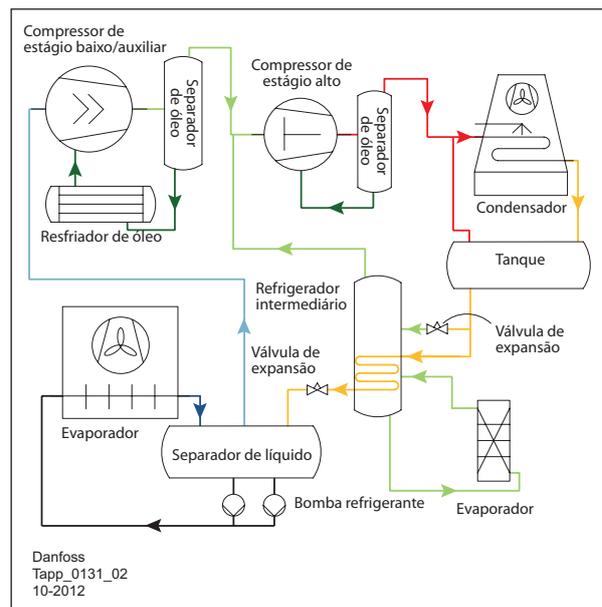
Em comparação com a circulação por bomba, a circulação por gravidade é acionada pelo efeito termosifônico no evaporador, ao invés da bomba. A circulação natural é mais simples e mais confiável (quanto à falha da bomba), mas a transferência de calor geralmente não é tão boa quanto à da circulação por bomba.

O sistema de dois estágios pode ser teoricamente efetivo. No entanto, é difícil encontrar um tipo de refrigerante que seja adequado tanto para a temperatura baixa quanto para a alta em sistemas de refrigeração de baixa temperatura.

Em temperaturas altas, a pressão do refrigerante será muita alta demandando requisitos rigorosos do compressor. Sob baixas temperaturas, a pressão do refrigerante pode ser o vácuo, o que leva a mais vazamentos/entrada de ar para dentro do sistema (o ar no sistema reduzirá a transferência de calor do condensador, veja a Seção 9.3). Portanto, o sistema em cascata pode ser uma melhor opção para sistemas de baixa refrigeração.

Fig. 16.1.3 Sistema de Refrigeração de Dois Estágios

- Refrigerante vapor a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)
- Refrigerante líquido a pressão intermediária
- Refrigerante vapor a pressão intermediária
- Outro meio (óleo, água, etc.)



Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

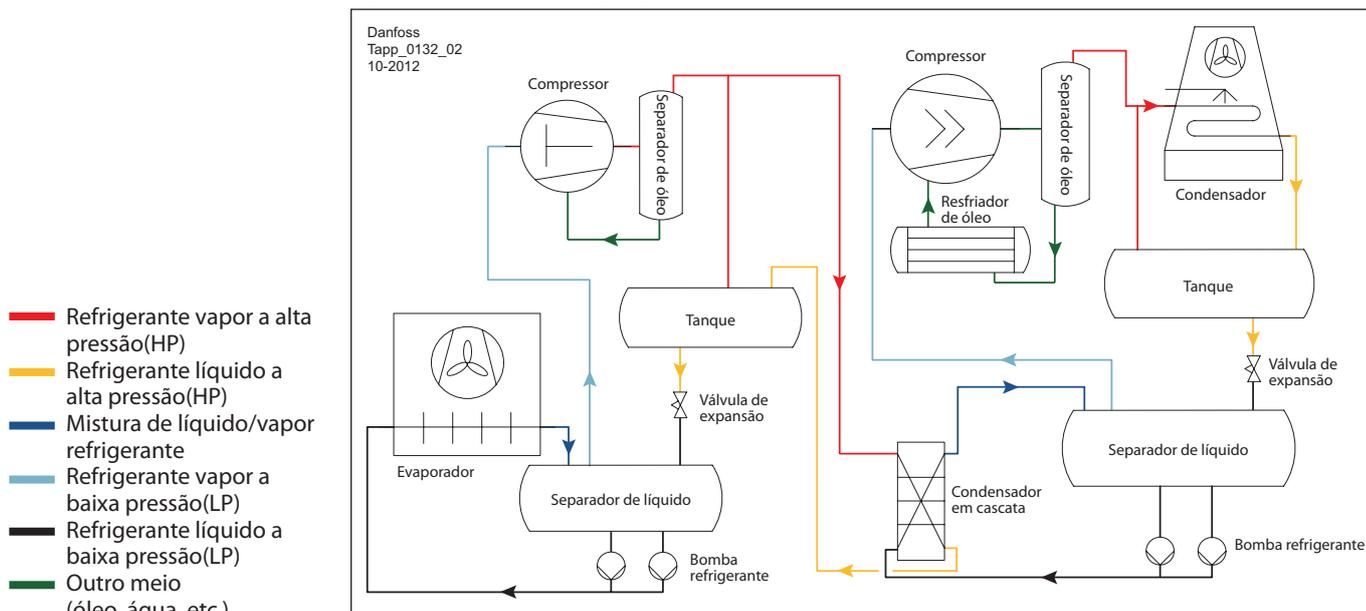
Sistema em cascata

O sistema em cascata consiste em dois circuitos de refrigeração independentes, conforme mostrado na fig. 16.1.4. O condensador num sistema em cascata interconecta os dois circuitos atuando como condensador do circuito de alta temperatura e evaporador do circuito de baixa temperatura.

Este sistema de CO₂ /NH₃ precisa de menos carga de amônia e é comprovadamente mais eficiente para refrigeração de baixa temperatura do que um sistema similar de dois estágios.

O refrigerante utilizado para os dois circuitos pode ser diferente e otimizado para cada circuito. Por exemplo, o refrigerante pode ser NH₃ para o circuito de alta temperatura e CO₂ para o circuito de baixa temperatura.

Fig.16.1.4 Sistema de Refrigeração em Cascata



Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

17. Controles liga/ desliga (ON/OFF) e modulantes

Abaixo é detalhado a teoria básica para controle liga/desliga(ON / OFF) e controle por modulação. A intenção é proporcionar uma compreensão básica da teoria de controle e os termos técnicos utilizados, sem exigir necessariamente formação

ou grau acadêmico teórico em matéria de engenharia de controle. Este documento irá pormenorizar a teoria realmente básica dos controles do tipo Adicionalmente, serão oferecidas algumas sugestões práticas.

Abreviações e definições

P	Proporcional
I	Integral
D	Derivativo
PB	Faixa(banda) proporcional (%) de um controlador de P, PI ou PID. Valor porcentual em que o PV terá que ser alterado, para que a ação do controlador (y) passe de 0 para 100%
K_p	Fator de amplificação em um controlador P, PI ou PID.
T_i	Tempo de integração [s] em um controlador PI ou PID
T_d	Tempo diferencial [s] em um controlador PID
PID	Um controlador típico que inclui as funções P, I e D.
SP	Ponto de ajuste
PV	Variável do processo (o parâmetro controlado: temperatura, pressão, nível do líquido, etc.)
offset (x)	Diferença entre o Ponto de Definição (SP) e a Variável do Processo (PV)
y	Saída calculada de um controlador.
tempo morto	Se a medição física da PV for assim montada, o sinal será sempre retardado, comparativamente a uma medição da PV instalada localmente e sem atraso.

Referências

[1] Reguleringsteknik, Thomas Heilmann / L. Alfred Hansen

17,1
Controle liga/desliga
(ON/OFF)

Em alguns casos, o dispositivo de controle pode ser integrado no controle do tipo liga/desliga(ON/OFF). Isso significa que o dispositivo regulador (válvula, termostato etc.) somente poderá ter duas posições, contatos fechados ou abertos. Esse princípio de controle é chamado de controle liga/desliga(ON/OFF). Historicamente falando, os controles liga/desliga(ON/OFF) sempre foram amplamente utilizados em refrigeração, principalmente em resfriadores equipados com termostatos.

No entanto, os princípios liga/desliga(ON/OFF) também podem ser utilizados em sistemas avançados onde os princípios do PID(Proporcional Integral Derivado) são utilizados. Por exemplo, uma válvula do tipo liga/desliga(ON/OFF) (pode ser a válvula Danfoss tipo AKV/A) utilizada para controlar o superaquecimento com parâmetros PID(Proporcional Integral Derivado) disponíveis no controlador eletrônico dedicado. (Danfoss tipo EKC 315A)

Um controlador liga/desliga(ON/OFF) somente reagirá em alguns valores limites indicados, como por exemplo Máx e Mín. Fora desses valores limites, um controlador liga/desliga(ON/OFF) não pode executar qualquer ação.

Normalmente o controle do tipo liga/desliga(ON/OFF) é utilizado devido ao:

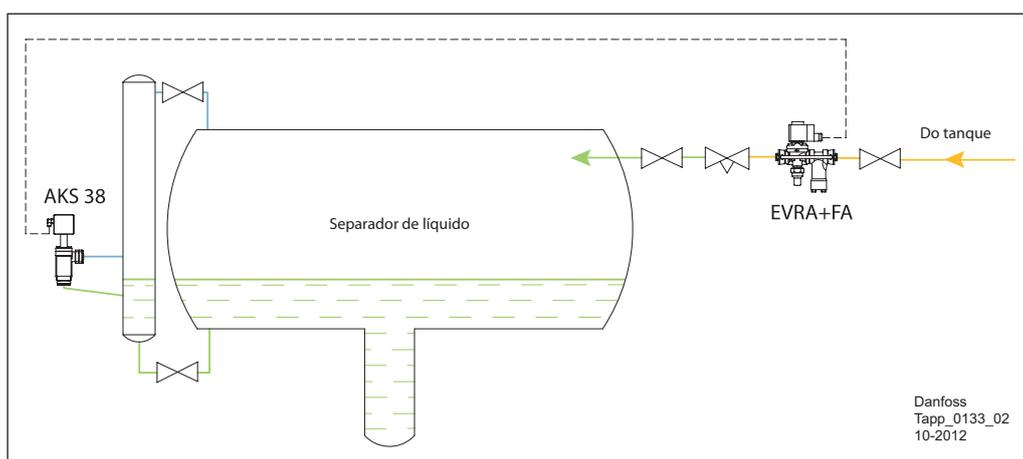
- Baixo custo, sistema menos complicado, sem malha (loop) de feedback.
- É aceitável uma certa variação da PV(Variável de Processo), durante o intervalo de operação do dispositivo liga/desliga(ON/OFF).
- O processo tem uma capacidade tão grande que a operação liga/desliga(ON/OFF) não tem qualquer influência na PV(Variável de Processo).
- Em sistemas com tempo morto, o controle ON/OFF pode ser vantajoso.

Em sistemas liga/desliga(ON/OFF) haverá um feedback, tal como para sistemas do tipo modulante, mas, a característica dos sistemas liga/desliga(ON/OFF) é que a PV(Variável de Processo) varia e o sistema não é capaz de eliminar nenhum desvio (offset).

Exemplo de aplicação 17.1.1
Controle liga/desliga(ON/OFF)

Se houver necessidade de controlar os níveis máximo e mínimo de um líquido, poderá ser utilizado um dispositivo LIGA/DESLIGA(ON/OFF) como o Danfoss AKS 38. O AKS 38 é uma chave de nível acionada por flutuador (bóia), capaz de controlar válvulas solenoides LIGA/DESLIGA (ON/OFF).

- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Refrigerante vapor a baixa pressão(LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)



Nem todas as válvulas são exibidas.
Não deve ser usada para fins de construção.

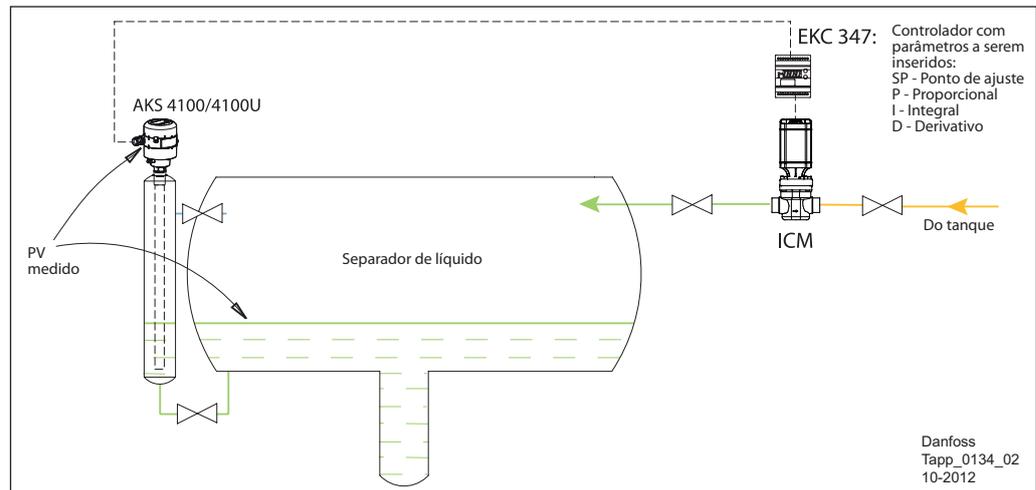
17,2
Controle modulante

A principal diferença entre os controles de modulação e os controles do tipo liga/desliga(ON/OFF) é que os sistemas de modulação reagem continuamente durante a variação da PV(Variável de Processo).

Além disso controlador eletrônico proporciona a flexibilidade para mudar diferentes parâmetros de controle, tal como P, I e D(Proporcional, Integral e Derivativo). Isto dá um elevado grau de flexibilidade, no qual é muito útil porque o controlador pode ser ajustado para se adequar a diferentes aplicações.

Exemplo de aplicação 17.2.1
Controle modulante

- Refrigerante líquido a alta pressão(HP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão(LP)



Princípios básicos de P, I e D

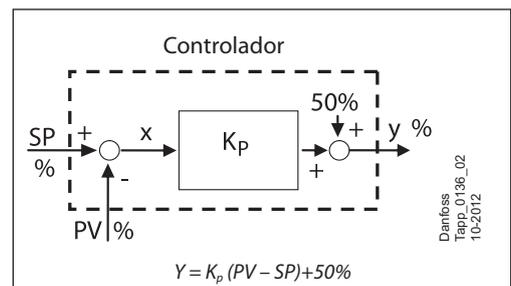
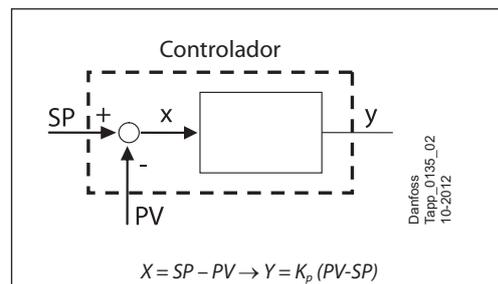
Na maioria dos controles comuns existe a possibilidade de ajustar os parâmetros de controle em P, PI ou PID(Proporcional, Proporcional Integral, Proporcional Integral Derivativo)

- Em um controlador P é possível ajustar: PB(Banda proporcional) ou K_p ;(Fator de amplificação);

- Em um controlador PI é possível ajustar: PB ou K_p (Fator de amplificação) e T_i (Tempo de integração);
- Em um controlador PID é possível ajustar: PB ou K_p e T_i e T_d (Tempo diferencial).

Controlador P

Em todo controlador existe um componente P. Em um controlador P há uma relação linear entre a entrada e saída.



Na prática, os controladores de P são projetados de forma que, quando $SP = PV$ (Variável do Processo), o controlador ofereça um rendimento correspondente à carga normal do sistema.

Normalmente isto significa que a saída será 50% da saída máxima. Por exemplo, uma válvula motorizada, funcionará com o passar do tempo em grau de abertura 50% de modo a manter SP.

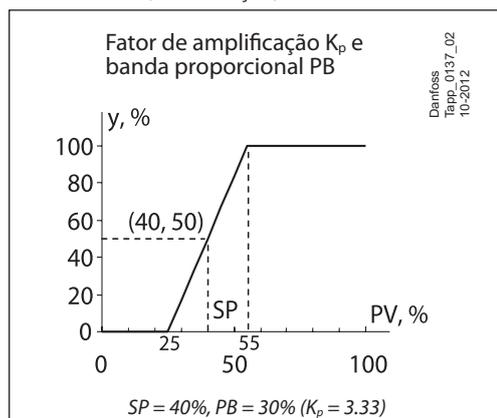
Alguns controladores não utilizam PB, mas K_p . A relação entre PB e K_p é:
 $PB[\%] = 100/K_p$

Observe que PB pode ser maior do que 100%, correspondendo à K_p é menor que 1.

Nem todas as válvulas são exibidas. Não deve ser usada para fins de construção.

17,2
Controle modulante
(continuação)

Controlador P (continuação)



Quando PV = SP = 40% o regulador fornecerá uma saída y (Fator de amplificação) de 50%. (Isto significa que a válvula tem um grau de abertura de 50%).

Se a PV aumentar para 46%, haverá um desvio entre a PV e SP de 6%. Como K_p é assumido ser 3.33, um desvio de 6 significa que a saída aumenta de 6% x 3.33 = 20%, ou seja, se a PV subir para 46%, a saída aumentará para 50% + 20% = 70%.

O desvio de 6% é um desvio que um regulador P não pode superar. O desvio resultante provém da função básica de um regulador P.

A fim de conseguir um desvio mínimo, é importante que o dispositivo de ajuste (a válvula) seja modelado de modo que a saída (y) do regulador possa controlar o processo de modo que seja igual à carga média padrão. Então o desvio será sempre tão pequeno quanto possível e, com o tempo, tenderá para zero.

Características de ajuste do controlador P

P é o componente de controle primário. Na maioria dos casos, P criará um desvio permanente que pode ser significativamente pequeno, mas ao mesmo tempo inaceitavelmente grande. No entanto, o controle P é melhor que nenhum controle (sem feedback, sem malha fechada).

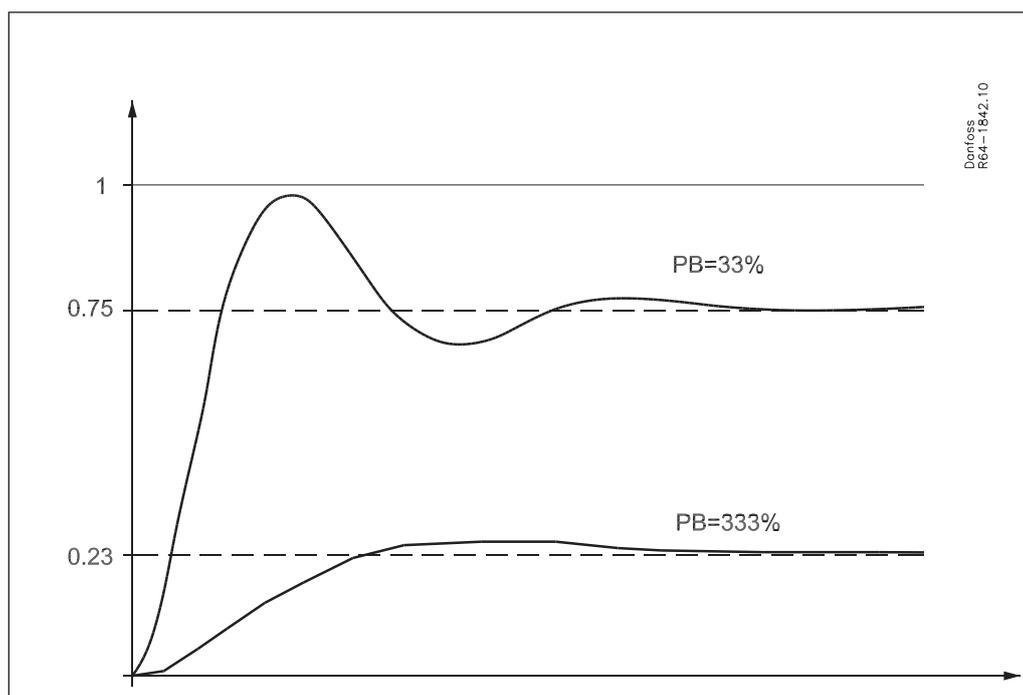
A alteração de PB tem dois efeitos importantes:

- O PB menor (maior amplificação) causa um desvio menor, ou seja, melhor efeito contra alterações de carga, mas também acarreta uma maior tendência de flutuações.
- A banda P maior (amplificação menor) causa mais desvio, mas uma menor tendência de flutuações.

- PB menor significa que teoricamente o controle está se aproximando da operação liga/desliga (ON/OFF).

O desenho abaixo é válido universalmente para a malha de controle direto P.

O desenho mostra as diferentes respostas de uma malha (loop) com PB = 33% e com PB = 333% quando a malha com controle P for influenciada por SP ele será mudado por + 1 unidade.



17,2 Controle modulante (continuação)

Controlador I

A característica mais importante de um controlador I (Integral) é que ele elimina o desvio e por isso é utilizado. O controlador I continua a mudar sua saída enquanto existir um desvio. No entanto, a habilidade de remover totalmente os desvios está ligada com o desvio que, na prática, esteja corretamente proporcional.

A boa propriedade do controlador I de remover desvios tem um lado negativo também: Ele

umentará a tendência de flutuações em uma malha de controle. Basicamente, a tendência a flutuações é maior para um controlador I que para um controlador P (Proporcional).

A habilidade de opor-se a mudanças de carga é mais lenta para um controlador I que para um controlador P.

Controlador PI

A combinação de vantagens e desvantagens relativas ao P e I faz com que seja vantajoso combinar P e I em um controlador PI.

Em um controlador PI seria possível ajustar: PB e T_i. T_i é normalmente registrado em segundos ou minutos.

Quando T_i precisar ser inserido, ele deverá ser conciliado entre estabilidade e eliminação de desvios.

T_i reduzido (maior influência de integração) significa uma eliminação de desvio mais rápida, mas também um aumento da tendência de flutuações.

Controlador D

A característica mais importante de um controlador D (derivativo) é que ele pode responder às mudanças. Isto também significa que se houver um desvio constante, o controlador D não será capaz de executar qualquer ação para removê-lo. O componente D faz com que o sistema responda rapidamente às alterações de cargas.

O efeito D melhora a estabilidade e deixa o sistema mais rápido. Este controlador não exerce nenhuma ação contra desvios, mas opera de modo a causar tendências a flutuações menores. O D responde às alterações de erro e a malha (loop) responde mais rápido às alterações de carga do que sem o D. A reação rápida às alterações significa um amortecimento de todas as flutuações.

Em controladores com a influência de D, o T_d pode ser ajustado. Normalmente o T_d é registrado em segundos ou minutos.

Deve-se ter o cuidado para não deixar o T_d muito grande, pois, neste caso, a influência poderá ser muito grande ao mudar, por ex. o SP. Durante a partida das instalações poderá ser vantajosamente mais simples remover a influência D. (T_d=0)

A igualdade acima significa que o controlador D nunca será utilizado sozinho. A sua utilização típica seria uma combinação PD ou PID com a habilidade de amortecer flutuações.

Controlador PID

A combinação de todos os três componentes em um controlador PID tem se tornado a utilização mais comum.

As diretrizes / propriedades gerais para um controlador PID são:

- O PB reduzido melhora o desvio (desvio menor), mas piora a estabilidade;
- O componente I elimina o desvio (offset). Um I maior (T_i menor) causa uma eliminação mais rápida do desvio.

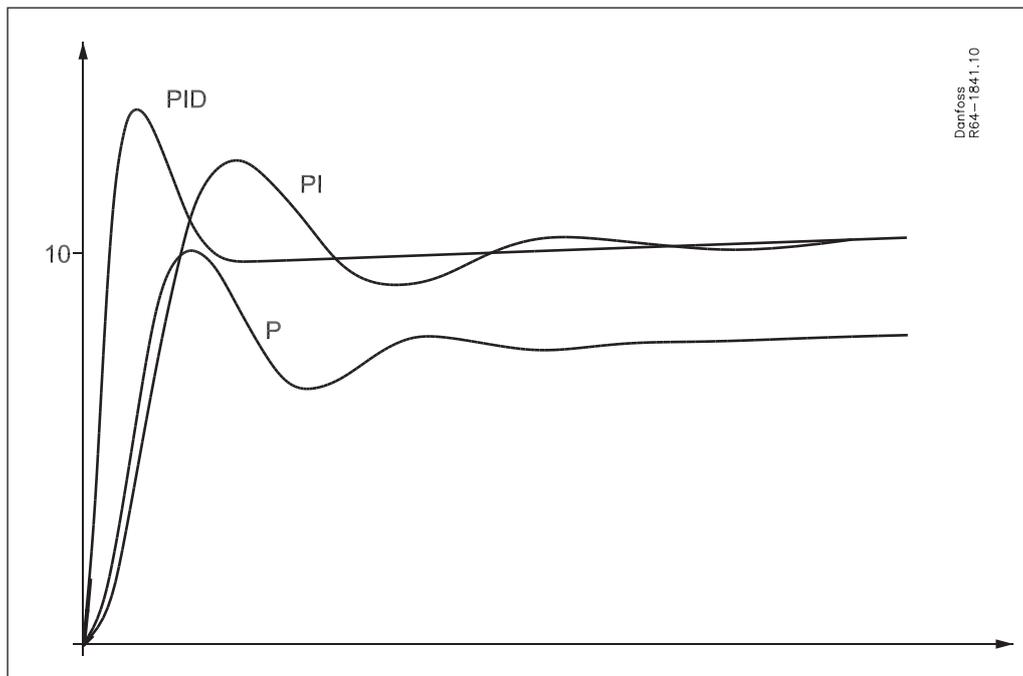
- O componente I aumenta a tendência de flutuações.
- O componente D amortece a tendência de flutuações e faz com que o controle seja mais rápido. Um D maior (T_d maior) causa uma influência mais forte na condição acima, no entanto, até um limite específico. Um T_d muito grande significa que haverá reações de grande intensidade e alterações repentinas deixando a malha de controle instável.

17,2
Controle modulante
(continuação)

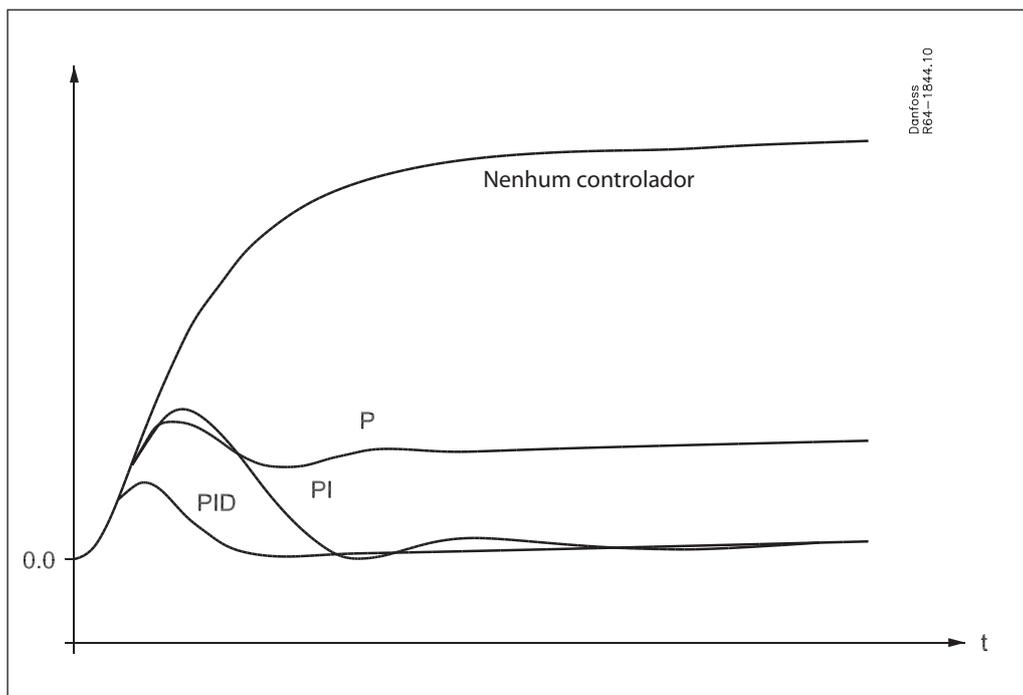
Curvas 1 - típicas de estado transitório de PID: Ajustes ideais de PID

Os ajustes:

	PB	T _i	T _d
P	66,7 %	-	-
PI	100 %	60 s	-
PID	41,7 %	40 s	12 s



Acima são exibidos os diferentes princípios de controle quando influenciado pela alteração SP por + 1 unidade.



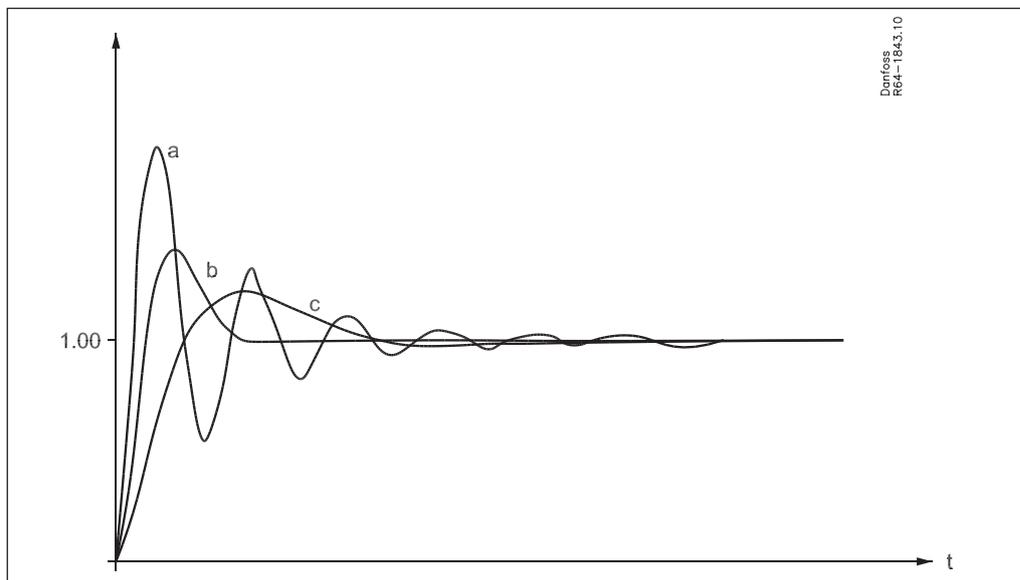
Os mesmos ajustes daqueles indicados acima. Exposto a uma alteração de carga igual a 1.

17,2
Controle modulante
(continuação)

Curvas 2 - típicas de estado transitório de PID: Alteração de PB

Os ajustes:

	PB	T _i	T _d
PID-a	25,0 %	40 s	12 s
PID-b	41,7 %	40 s	12 s
PID-c	83,3 %	40 s	12 s



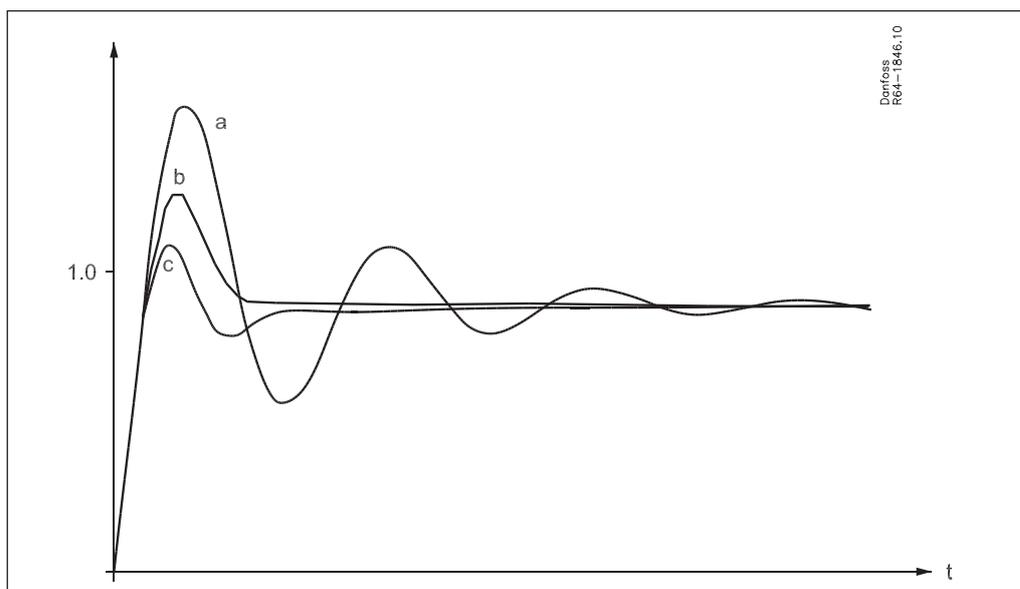
O indicado acima mostra uma variação de PB com relação ao controle PID, que quando influenciado por SP será mudado para + 1 unidade. De acordo com o exposto acima, fica evidente que quando o

PB for muito pequeno os sistemas se tornam mais instáveis (oscilatórios). Quando PB for muito grande ele se tornará muito lento.

Curvas 3 - típicas de estado transitório de PID: Alteração de T_i

Os ajustes:

	PB	T _i	T _d
PID-a	41,7 %	20 s	12 s
PID-b	41,7 %	40 s	12 s
PID-c	41,7 %	120 s	12 s



O indicado acima mostra uma variação de T_i com relação ao controle PID, que quando influenciado por SP será mudado para + 1 unidade. De acordo com o exposto acima, fica evidente que quando o

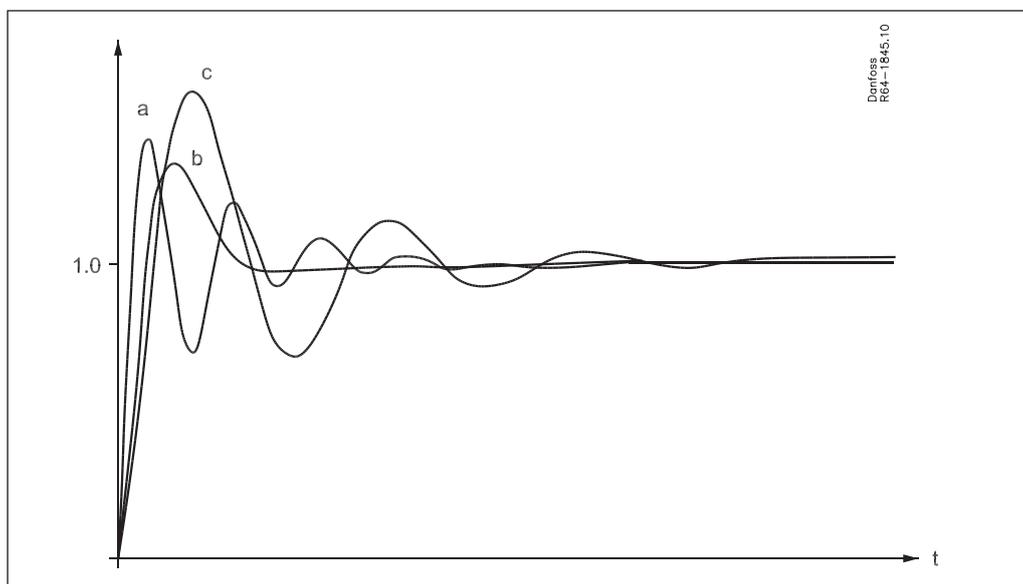
T_i for muito pequeno os sistemas se tornam mais instáveis (oscilatórios). Quando T_i for muito grande levará muito tempo para a eliminação do último desvio.

17,2
Controle modulante
(continuação)

Típicas curvas de estado transitório 4 de PID: alteração de T_d

Os ajustes:

	PB	T _i	T _d
PID-a	41,7 %	40 s	24 s
PID-b	41,7 %	40 s	12 s
PID-c	41,7 %	40 s	6 s



O indicado acima mostra uma variação de T_d com relação ao controle PID, que quando influenciado por SP será mudado para + 1 unidade. De acordo com o exposto acima, fica evidente que quando o

T_d for muito pequeno ou muito grande em comparação com o ideal ($T_d=12$) os sistemas se tornam mais instáveis (oscilatórios).

Documentos de Referência - Ordem Alfabética

Tipo	Título	Folheto / Manual Técnico	Instruções do produto	
AKD 102	Conversor de frequência	PD.R1.B	MG11L	
AKS 21	Sensor de temperatura	RK0YG	R14D	
AKS 32R	Transmissor de pressão		PI.SB0.A	
AKS 33	Transmissor de pressão	RD5GH	PI.SB0.A	
AKS 38	Chave de nível	PD.GD0.A	PI.GD0.A	
AKS 4100/4100U	Transmissor do nível de líquido	PD.SC0.C	PI.SC0.D	PI.SC0.E
AKVA	Válvula de expansão de modulação por largura de pulso	PD.VA1.B	PI.VA1.C	PI.VA1.B
AMV 20	Atuador controlado por três	ED95N	EI96A	
BSV	Válvula de alívio de segurança interna	PD.IC0.A	PI.IC0.A	
CVC-XP	Válvulas piloto controlada por contrapressão para as válvulas servo operadas principais	PD.HN0.A	PI.HN0.A	
CVC-LP	Válvulas piloto controlada por contrapressão para as válvulas servo operadas principais	PD.HN0.A	PI.HN0.M	
CVP	Válvulas piloto controlada por contrapressão para as válvulas servo operadas principais	PD.HN0.A	PI.HN0.C	
CVPP	Válvulas piloto controlada por contrapressão para as válvulas servo operadas principais	PD.HN0.A	PI.HN0.C	
CVQ	Válvulas piloto controlada por contrapressão para as válvulas servo operadas principais	PD.HN0.A	PI.VH1.A	
DCR	Filtro secadores	PD.EJ0.A	PI.EJ0.B	
DSV	Válvula de bloqueio dupla de 3 vias (para válvula de segurança)	PD.IE0.A	PI.IE0.A	RI.7D.A
EKC 202	Controlador de temperatura	RS8DZ	R18JV	
EKC 315A	Controlador do evaporador	RS8CS		
EKC 331	Controlador por estágios	RS8AG	R18BE	
EKC 347	Controlador de nível de líquido	PS.G00.A	PI.RP0.A	
EKC 361	Controlador da temperatura do meio	RS8AE	R18BF	
EVM	Válvulas solenóide piloto para as válvulas servo operadas principais	PD.HN0.A	PI.HN0.N	
EVRA / EVRAT	Válvula solenóide	PD.BM0.B	PI.BN0.L	
FA	Filtro	PD.FM0.A	PI.FM0.A	
FIA	Filtro	PD.FN1.A	PI.FN1.A	
GD	Sensor de detecção de gás	PD.S00.A	PI.S00.A	
GPLX	Válvula solenóide de dois estágios acionada por gás	PD.BO0.A	PI.BO0.A	
HE	Trocador de calor	PD.FD0.A	PI.FD0.A	
ICF	Solução de controle	PD.FT1.A	PI.FT0.C	
ICM / ICAD	Válvula motorizada / atuador	PD.HT0.B	PI.HT0.A	PI.HT0.B
ICS	Válvula servo operada por piloto	PD.HS2.A	PI.HS0.A	PI.HS0.B
KDC	Válvula de retenção para descarga do compressor	PD.FQ0.A	PI.FQ0.A	
LLG	Visor de nível de líquido	PD.GG0.A	PI.GG0.A	
MLI	Visor de nível	PD.GH0.A	PI.GH0.A	
MP 55 A	Controle de pressão diferencial	PD.CG0.B	PI.CG0.E	
NRVA	Válvula de retenção para amônia	PD.FK0.A	PI.FK0.A	
OFV	Válvula de alívio de pressão	PD.HQ0.A	PI.HX0.B	
ORV	Válvula reguladora de óleo de três vias	PD.HP0.B	PI.HP0.A	
PMFL / PMFH	Válvula solenóide, liga/desliga(ON/OFF) de dois estágios	PD.GE0.C	PI.GE0.D	PI.GE0.A
ICLX	Válvula solenóide reguladora de nível de líquido modulante de dois estágios operada por gás	PD.HS1.A	PI.HS1.A/B	
POV	Válvula de segurança interna operada por piloto	PD.ID0.A	PI.ID0.A	
QDV	Válvula de drenagem rápida de óleo	PD.KL0.A	PI.KL0.A	
REG-SA/SB	Válvula reguladora de pressão manual	PD.KM1.A	PI.KM1.A	
RT 107	Termostato de diferencial	PD.CB0.A		
RT 1A	Controle de pressão, controle de pressão diferencial	PD.CB0.A	R15BC	
RT 260A	Controlador de pressão Diferencial	PD.CB0.A	R15BB	
RT 5A	Controle de pressão, controle de pressão diferencial	PD.CB0.A	R15BC	
SCA-X	Válvula conjugada de bloqueio e de retenção	PD.FL1.A	PI.FL1.A	
SFA	Válvula de alívio de segurança	PD.IF0.A	PI.IB0.A	
SGR	Visor de nível	PD.EK0.A	PI.EK0.A	
SNV	Válvula de bloqueio do tipo agulha	PD.KB0.A	PI.KB0.A	
SV 1-3	Válvula solenóide, liga/desliga(ON/OFF) de dois estágios	PD.GE0.B	PI.GE0.C	
SV 4-6		PD.GE0.D	PI.GE0.B	
SVA-S/L	Válvula de bloqueio	PD.KD1.A	PI.KD1.A	
TEA	Válvula de expansão termostática	PD.AJ0.A	PI.AJ0.A	
TEAT		PD.AU0.A	PI.AU0.A	
VM 2	Válvula de pressão balanceada	ED97K	VIHBC	
WVS	Válvula de água	PD.DA0.A	PI.DA0.A	

Para baixar a última versão da literatura, visite o site da Danfoss.

Danfoss Flexline™ Simple. Eficiente. Flexível.

Projetada para oferecer simplicidade com inteligência, eficiência, economia de tempo e flexibilidade avançada, a série Flexline™ inclui três categorias populares de produtos:



ICV Flexline™
Válvulas de controle



ICF Flexline™
Blocos de válvulas completos



SVL Flexline™
Componentes de linha

Todos os produtos desta linha têm como base um projeto modular sem nenhuma funcionalidade no corpo. Tal configuração reduz a complexidade desde a fase de concepção até a instalação, o comissionamento e a manutenção, todos aspectos fundamentais para reduzir os custos totais de ciclo de vida – e aumentar a economia.

Visite www.danfoss.com.br/flexline para obter mais informações sobre a plataforma Flexline™.

Conhecimento técnico internacional Apoio local

Apoiados pelos mais de 60 anos de experiência na produção de válvulas e controladores para aplicações de refrigeração industrial, a Danfoss é uma parceira de confiança para quem procura componentes de qualidade.

O nosso conhecimento técnico internacional e o suporte local que disponibilizamos oferecem os melhores produtos e manutenção possíveis.