



# Controles Automáticos para Sistemas de Refrigeração Industrial

Índice	Página
Prefácio .....	3
1. Introdução.....	4
2. Controles para o 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 Cártter.....	13
2.4 Controle do Contra-Fluxo.....	15
2.5 Resumo .....	16
2.6 Literatura de Referência.....	17
3. Controles para o Condensador .....	18
3.1 Condensadores Resfriados a Ar .....	18
3.2 Condensadores Evaporativos .....	21
3.3 Condensadores Resfriados a Água .....	24
3.4 Resumo .....	26
3.5 Literatura de Referência.....	26
4. Controles para o Nível de Líquido.....	27
4.1 Sistema de Controle de Nível pelo Lado de Alta Pressão (HP LLRS) .....	27
4.2 Sistema de Controle de Nível pelo Lado de Baixa Pressão (LP LLRS) .....	31
4.3 Resumo .....	35
4.4 Literatura de Referência.....	35
5. Controles para o Evaporador .....	36
5.1 Controle da Expansão Direta .....	36
5.2 Controle da Recirculação do Líquido Bombeado.....	40
5.3 Degelo por Gás Quente para Evaporadores com Expansão Direta .....	41
5.4 Degelo por Gás Quente para Evaporadores com Recirculação por Líquido Bombeado .....	45
5.5 Controle em Sistemas com Múltiplas Temperaturas .....	47
5.6 Controle da Temperatura do Meio.....	48
5.7 Resumo .....	50
5.8 Literatura de Referência.....	51
6. Sistemas de Lubrificação .....	52
6.1 Resfriamento de óleo .....	52
6.2 Controle de Pressão Diferencial do Óleo .....	56
6.3 Sistemas de Recuperação de óleo .....	58
6.4 Resumo .....	61
6.5 Literatura de Referência.....	62
7. Sistemas de Segurança .....	63
7.1 Dispositivos para Alívio de Pressão .....	63
7.2 Dispositivos Limitadores de Pressão e Temperatura .....	66
7.3 Dispositivos para Nível de Líquido .....	67
7.4 Resumo .....	68
7.5 Literatura de Referência.....	68
8. Controles da Bomba de Refrigerante .....	69
8.1 Proteção da Bomba pelo Controle da Pressão Diferencial.....	69
8.2 Controle da Vazão de By-Pass da Bomba .....	71
8.3 Controle da Pressão da Bomba .....	72
8.4 Resumo .....	73
8.5 Literatura de Referência.....	73
9. Outros.....	74
9.1 Filtros Secadores nos Sistemas com Fluorados.....	74
9.2 Filtros Secadores nos Sistemas com CO <sub>2</sub> .....	76
9.3 Remoção de Água no Sistema com Amônia.....	79
9.4 Sistemas de Purga de Ar .....	83
9.5 Sistemas de Recuperação de Calor .....	85
9.6 Literatura de Referência.....	87
10. Apêndice.....	88
10.1 Sistemas de Refrigeração Típicos.....	88
10.2 Controles ON/OFF (liga/desliga) e Controles Modulantes .....	92
<b>Literatura de Referência - Ordem Alfabética .....</b>	<b>101</b>

**Prefácio**

Este guia de aplicação da Danfoss foi elaborado para ser utilizado como um documento de referência por todos aqueles envolvidos com trabalhos em sistemas de refrigeração industrial.

O objetivo deste guia é o de apresentar respostas às diversas questões relativas ao controle do sistema de refrigeração industrial: - Por que um certo método de controle é necessário para o sistema de refrigeração? Por que ele deve ser projetado desta forma? Que tipo de componentes podem ser utilizados? Como selecionar métodos de controle para diferentes sistemas de refrigeração? Ao responder à essas questões, são introduzidos os princípios dos diferentes métodos de controle, seguidos de exemplos onde os mesmos são utilizados, e compreendendo os produtos da Danfoss para Refrigeração Industrial.

Os principais dados técnicos dos componentes também são fornecidos. Finalmente, são feitas comparações entre as diferentes soluções para cada método de controle de modo que o leitor poderá identificar quando e porque esta deverá ser adotada. Neste guia de aplicação, a válvula servo-operada

por piloto ICS é recomendada como um regulador de pressão e temperatura. Observe que a válvula PM, bem reconhecida, também pode ser aplicada onde a ICS for utilizada.

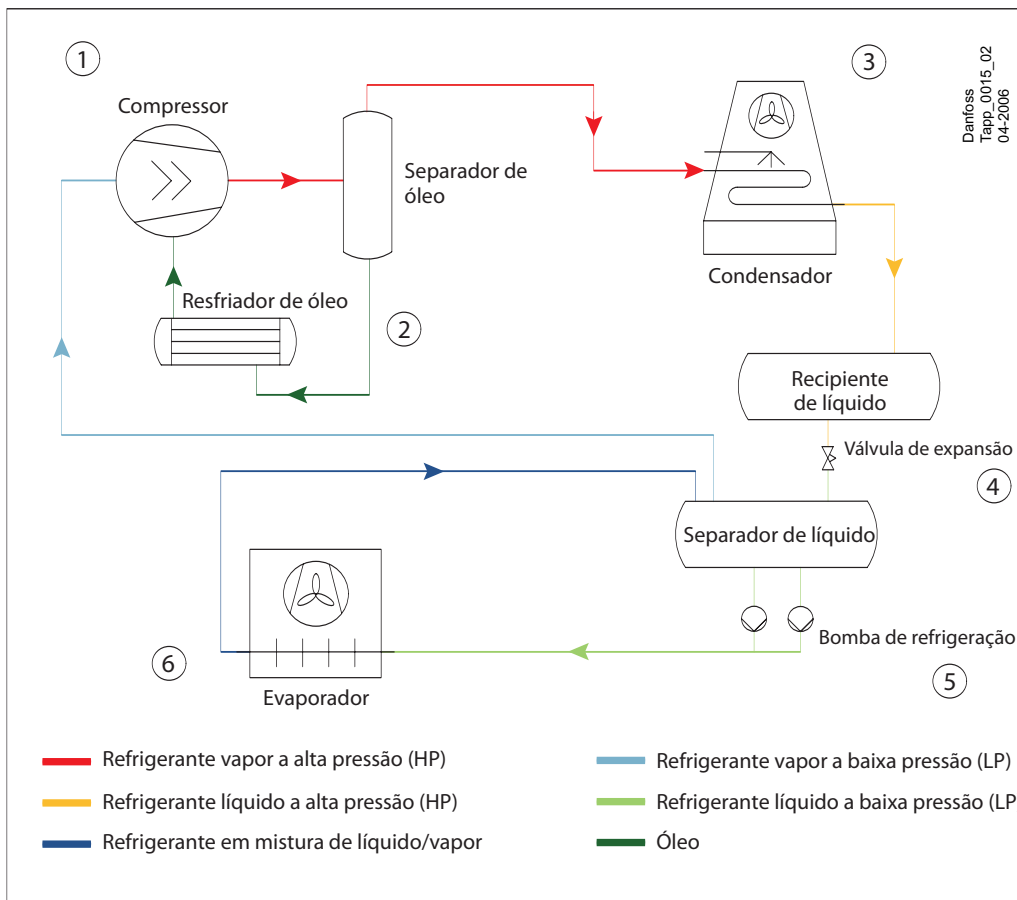
Para o projeto final da instalação será necessário utilizar outras ferramentas, tais como; o catálogo do fabricante e o software de cálculo (por exemplo: o catálogo de Refrigeração Industrial da Danfoss e o programa DIRCalc).

O DIRCalc é um software de cálculo e seleção de válvulas para refrigeração industrial Danfoss. O DIRCalc é gratuito; para recebê-lo, por favor contatar o escritório Danfoss em seu País.

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 Recirculação 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 do lado HP de volta para o lado LP, 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;
- Mantenha 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 alternativos);
- Temperatura: pelo by-pass de algum óleo do resfriador de óleo; controlando o ar ou a água de resfriamento para o resfriador de óleo;
- Nível: fazendo o retorno do óleo nos sistemas de amoníaco 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 afogados 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, em alguns sistemas, a pressão diferencial da bomba.

#### Como?

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

### ⑥ Controle do Sistema de Evaporação

#### Por quê?

- Primário: Manter uma pressão 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 recipiente 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 refrigeração. No entanto, durante operação normal, muitas vezes a carga de refrigeração é inferior à carga de refrigeração 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. Por Estágios.

Isto significa desativar cilindros em um compressor de vários estágios de capacidade, abrir e fechar as portas 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 podem ser usados 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.

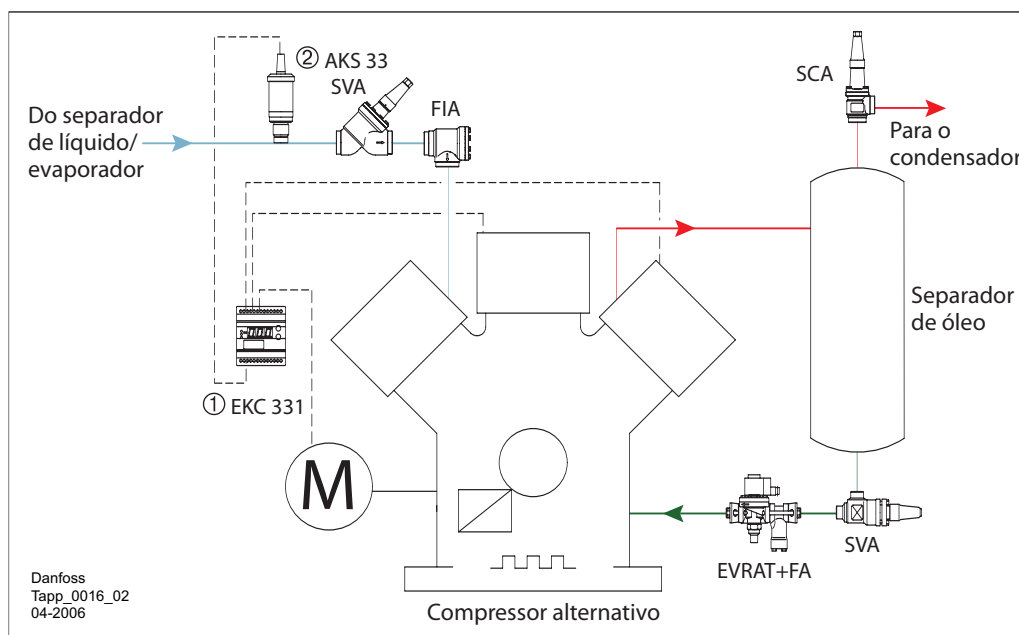
#### 4. By-pass de gás quente.

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 auxilia 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 de Estágios
- 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 . O EKC 331 é um controlador de quatro estágios com saída para até quatro relés. Ele controla o aumento/ redução da capacidade dos compressores, o liga/desliga dos pistões 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 com fluido secundário.

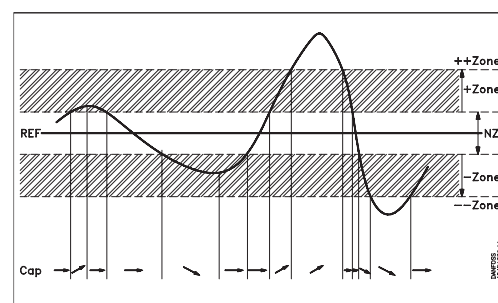
#### Controle de Zona Neutra

A zona neutra é estabelecida próxima ao valor de referência onde não ocorra aumento / redução de 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 ++zone e -zone), as mudanças na capacidade 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.



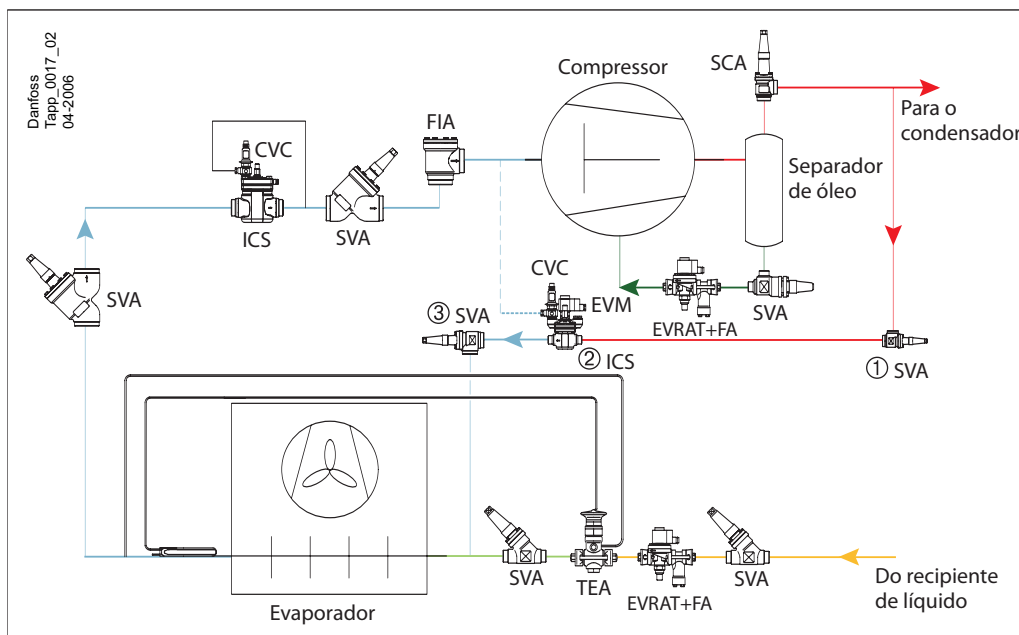
#### Dados técnicos

	Transmissor de pressão - AKS 33	Transmissor de pressão - AKS 32R
Refrigerantes	Todos os refrigerantes, inclusive o R717	
Faixa de operação [bar]	-1 até 34, veja a especificação de encomenda	-1 até 34, veja o pedido de compra
Pressão máxima de trabalho PB [bar]	Até 55, veja a especificação de encomenda	>33
Faixa de temperatura de operação [°C]	-40 a 85	
Faixa de temperatura compensada [°C]	LP: -30 a +40 / HP: 0 a +80	
Sinal nominal de saída	4 a 20mA	10 a 90% do fornecimento de V

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 servo válvula 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 refrigeração.

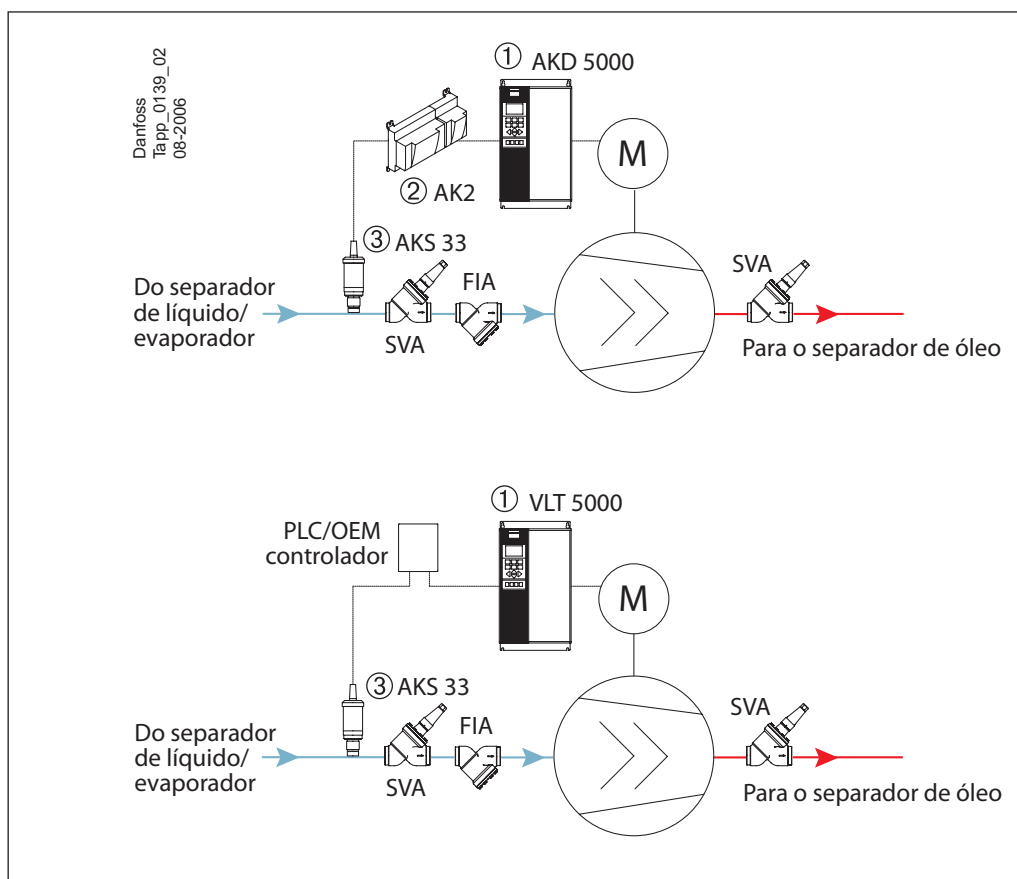
Dados técnicos

	Servo válvula operada por piloto - ICS
Material	Carcaça: 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 80

	Válvula piloto – CVC
Material	Carcaça: aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura
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
Valor de Kv [m3/h]	0,2



Exemplo de aplicação 2.1.3:  
Controle da capacidade com a variação de velocidade do compressor



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

- ① Conversor de frequência
- ② Controlador
- ③ Trandutor 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 longa ao compressor
- Instalação simples
- Controle completo e programação amigável

Dados técnicos

	Conversor de frequência AKD2800	Conversor de frequência AKD5000
Grau de proteção	IP 20	IP 20 ou IP 54
Temperatura ambiente		
Potência kW	0,7kW a 18.5kW	0,75kW a 55kW
Voltagem	200-240V ou 380-480V	200-240V ou 380-500V

**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 sobreaquecimento do óleo, prolongando assim a vida útil dos compressores e impedindo o mal funcionamento devido a temperaturas muito altas do óleo.

- o compressor recebe na sucção vapor com alto grau de superaquecido.
- o compressor funciona com o controle de capacidade por desvio de gás quente (hot gas by-pass).

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

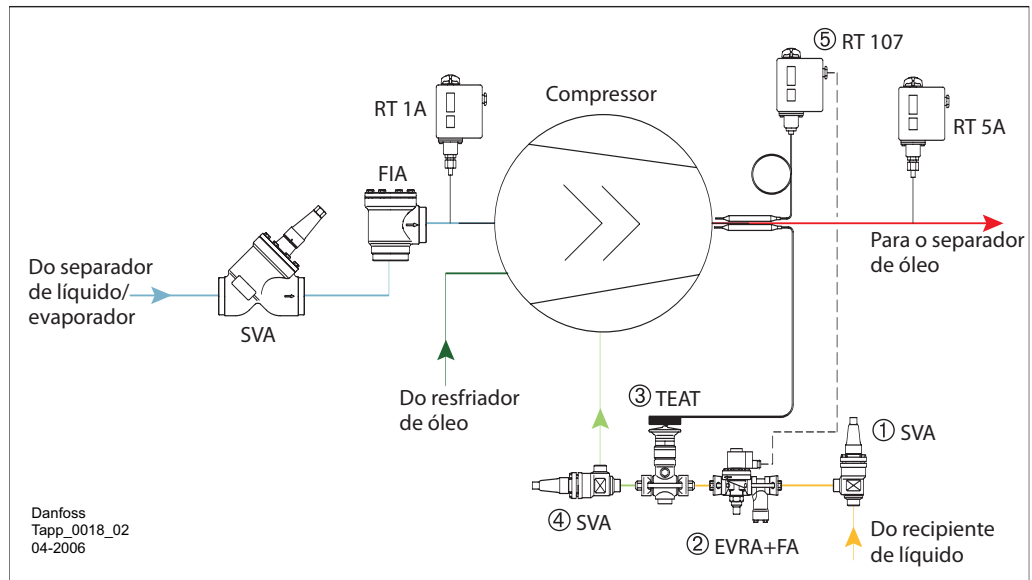
- o compressor opera numa alta pressão diferencial.

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 recipiente é injetado na linha de sucção, no resfriador intermediário ou na porta lateral do compressor parafuso.

*Exemplo de Aplicação 2.2.1: 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 solenóide
- ③ Válvula de injeção termostática
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Termostato



Quando a temperatura de descarga subir acima do valor de ajuste do termostato RT 107, o RT 107 energizará a válvula solenóide EVRA a qual permitirá o início da injeção de líquido na porta lateral do compressor parafuso.

A válvula de injeção termostática TEAT 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 refrigerantes fluorados a especificação de encomenda
Proteção	IP 66/54, veja a especificação de encomenda
Temperatura máxima do bulbo [bar] [°C]	65 a 300, veja a especificação de encomenda
Temperatura ambiente [°C]	-50 a 70
Faixa de ajuste [°C]	-65 a 150, a especificação de encomenda
Diferencial $\Delta t$ [°C]	1,0 a 25,0, a especificação de encomenda

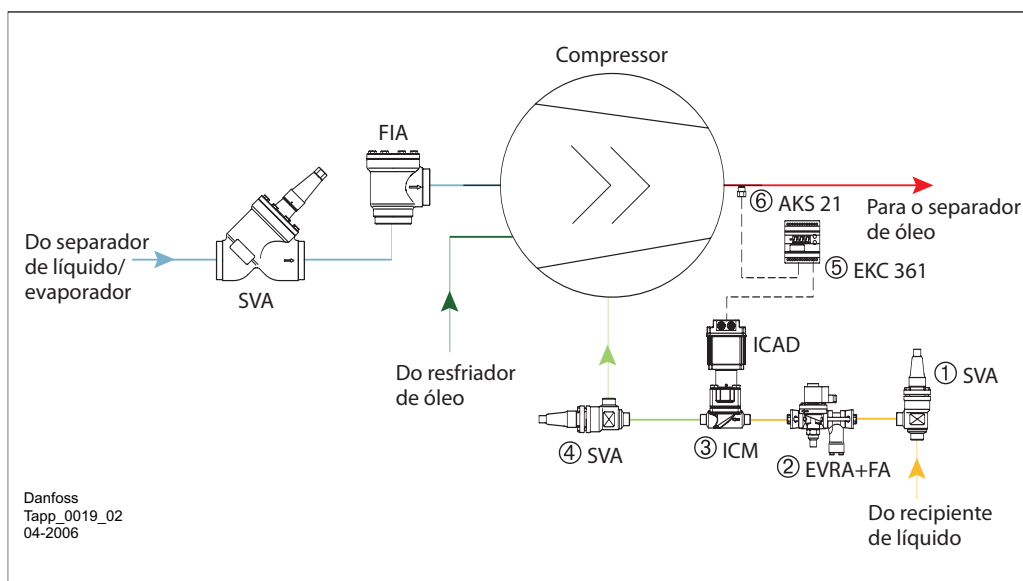
	Válvula de injeção termostática - TEAT
Refrigerantes	R717 e refrigerantes fluorados
Faixa de ajuste [°C]	Temperatura máxima do bulbo [bar] 150P faixa: 20
Pressão máxima de trabalho [bar]	20
Capacidade nominal * [kW]	3,3 a 274

\*Condições:  $T_c = +5^\circ\text{C}$ ,  $\Delta p = 8 \text{ bar}$ ,  $\Delta T_{\text{sub}} = 4^\circ\text{C}$

Exemplo de Aplicação 2.2.2:  
Injeção líquida 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 solenóide
- ③ Válvula motorizada
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Termostato
- ⑥ Sensor de temperatura



Uma solução para o controle de injeção de líquido de forma eletrônica pode ser obtida por meio de uma válvula motorizada ICM<sup>③</sup>. O sensor de temperatura AKS 21 PT 1000<sup>⑥</sup> registrará a temperatura de descarga e transmitirá o sinal para o controlador de temperatura EKC 361<sup>⑤</sup>.

Se a temperatura alcançar o valor de ajuste, o EKC 361 enviará um sinal de controle para o atuador ICAD que ajustará o grau de abertura da válvula motorizada ICM de modo que a temperatura de descarga seja limitada.

Dados técnicos

	Válvula motorizada -ICM
Material	Carcaça: Aço especial 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 bar
DN [mm]	20 a 65
Capacidade nominal. [kW]	224 a 14000

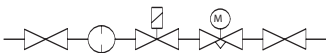
\*Condições: T<sub>e</sub> = +10°C, Δp = 8,0 bar, ΔT<sub>sub</sub> = 4K

	Atuador - ICAD
Material	Carcaça: alumínio
Faixa de temperatura do meio [°C]	-30 a 50 (ambiente)
Sinal de entrada de controle	0/4-10mA, ou 0/2-10V
Tempo de abertura-fechamento	3 a 13 segundos dependendo do tamanho da válvula

Exemplo de Aplicação 2.2.3:  
Uma solução compacta para  
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

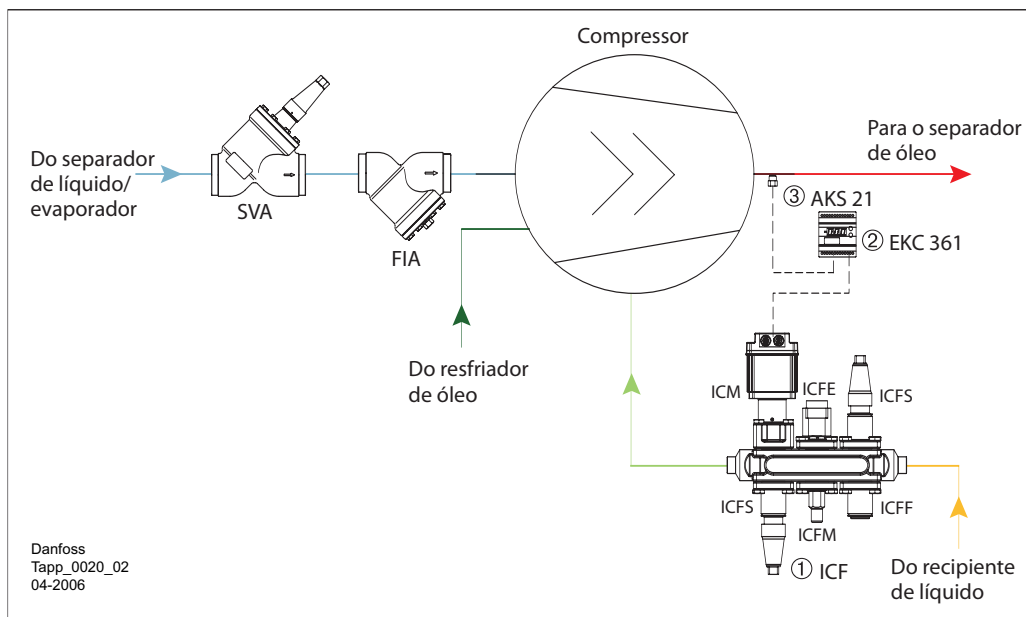
① Estação de válvula com:



- Válvula de bloqueio
- Filtro
- Válvula solenóide
- 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 bem compacta, a válvula ICF. Até seis módulos distintos podem ser montados na mesma carcaça. Esta solução opera da mesma maneira que apresentado no exemplo 2.2.2, no entanto ocupa um espaço bem reduzido compacta e é mais fácil de instalar.

Dados técnicos

Solução de controle ICF	
Material	Carcaça: Aço especial 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 bar
DN [mm]	20 a 40

**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.

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

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 carga parcial, por exemplo, desativando alguns dos pistões

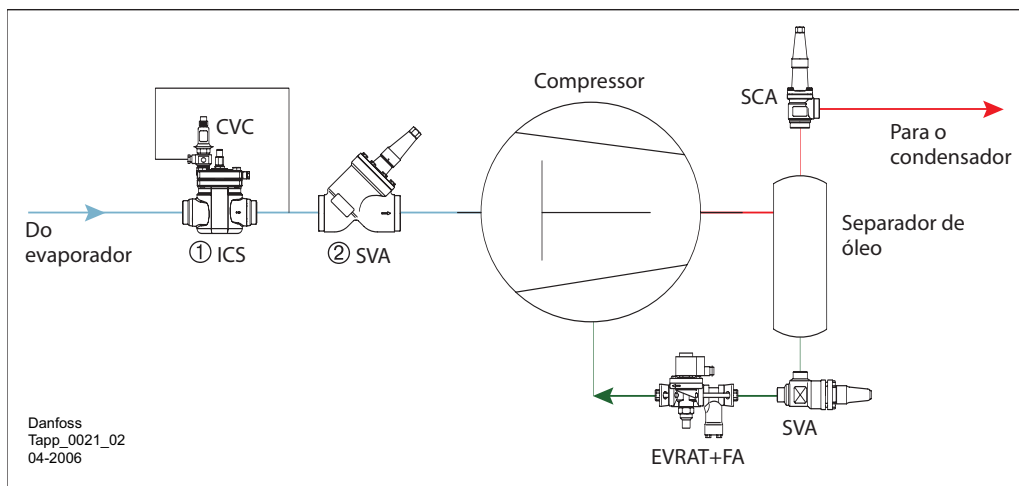
para compressores alternativos com vários pistões ou desviando algum gás de sucção para compressores parafusos com "slide valve", etc.

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.

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
- 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, devem ser instaladas na linha de sucção a servo válvula operada por piloto ICS com a válvula piloto controlada por

contrapressão CVC. 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	Carcaça: Aço especial 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 80
Capacidade* [kW]	11,4 a 470

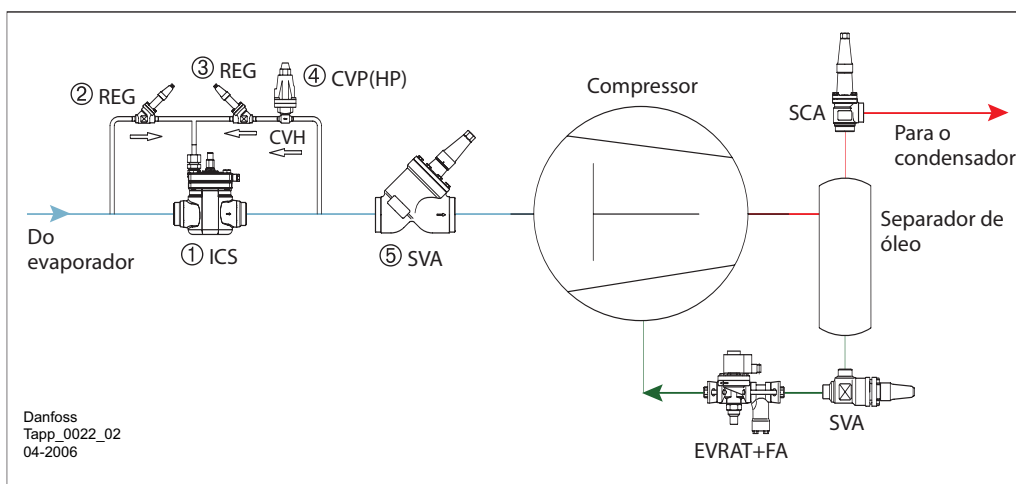
\*Condições: T<sub>e</sub> = -10°C, T<sub>i</sub> = 30°C, Δp = 0,2 bar, ΔT<sub>sub</sub> = 8K

	Válvula piloto - CVC
Material	Carcaça: Aço especial para serviço a baixa temperatura
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns
Faixa de temperatura do meio [°C]	-52 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
Valor de Kv [m <sup>3</sup> /h]	0,2

Exemplo de Aplicação 2.3.2:  
Controle de pressão do cárter  
com ICS e CVP - (P > 17 bar)

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

- ① Servo válvula operada por piloto
- ② Válvula de regulagem manual
- ③ Válvula de regulagem manual
- ④ Válvula piloto de pressão constante
- ⑤ Válvula de bloqueio



Para os sistemas de refrigeração com a pressão de sucção acima de 17 bar (por exemplo, sistema com CO<sub>2</sub>), a válvula piloto CVC não pode ser utilizada. O controle de pressão do cárter pode ser obtida utilizando a válvula piloto de pressão constante CVP.

A pressão máxima de sucção requerida é ajustada na válvula piloto CVP ④. Quando a pressão de sucção alcançar o valor de ajuste, o CVP ④ abre. Uma vez que o vapor de alta pressão no servo pistão da válvula principal ICS ① é aliviado para a linha de sucção, a pressão sobre o pistão diminui e a válvula começa a fechar. Isto evitará que a pressão na sucção aumente acima do valor de ajuste.

Após a operar por algum tempo, o compressor puxará uma quantidade suficiente de vapor do evaporador capaz de fazer com que a pressão de evaporação caia abaixo daquela ajustada na CVP. Quando isto estiver ocorrido, o CVP fechará e a válvula principal ICS estará completamente aberta. As válvulas de regulagem REG ② e ③ mostradas são ajustadas para uma abertura que resulta em um tempo de abertura e fechamento adequados na válvula principal.

**Observação:** O CVH para o piloto CVP deve ser instalado contra a direção do fluxo principal, conforme mostrado no diagrama.

Dados técnicos

	Válvula piloto de pressão constante - CVP
Material	CVP (LP) Corpo: aço Base: aço CVP (HP) Corpo: ferro fundido Base: aço inoxidável CVP (XP) Corpo: aço Base: aço
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	CVP (LP): 17 CVP (HP): 28 CVP (XP): 52
Faixa de pressão [bar]	CVP (LP): -0,66 a 28 CVP (HP): -0,66 a 28 CVP (XP): 25 a 52
Valor de Kv [m3/h]	CVP (LP): 0,4 CVP (HP): 0,4 CVP (XP): 0,45

**2.4**  
**Controle do Contra-Fluxo**

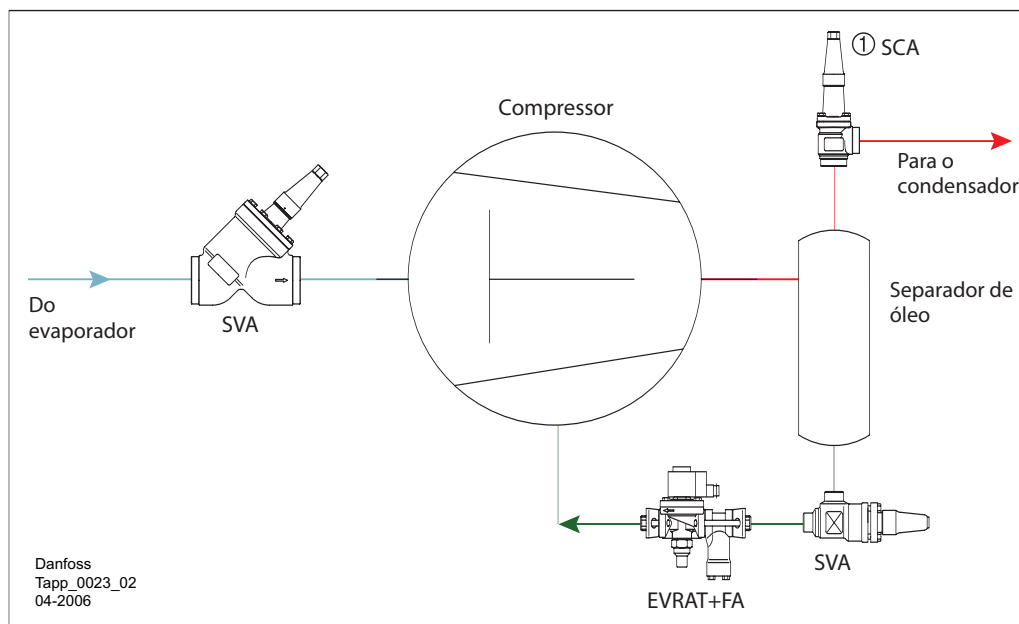
O contra-fluxo do refrigerante do condensador e a condensação de refrigerante no separador de óleo e no compressor deverão ser evitados em todo momento. Para os compressores de pistão, o contra-fluxo pode resultar em golpe de ariete. Para os compressores parafuso, o contra-fluxo pode causar rotação contrária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

Além disso, durante as paradas de curta duração, deverá ser evitada a migração da refrigeração 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 funciona 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 convencional. 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 aplicações a baixa temperatura. Haste: 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
Pressão máxima de trabalho [bar]	40
DN [mm]	15 a 125

2.5  
Resumo

Solução		Aplicação	Benefícios	Limitações
<b>Controle da Capacidade do Compressor</b>				
Controle gradual da capacidade do compressor com EKC 331 e AKS 32/33		Aplicável a compressor com vários pistões, compressor parafuso com múltiplas portas 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 a capacidade continuamente de acordo com a carga térmica requerida. O gás quente pode ajudar o retorno do óleo do evaporador.	Não é eficiente em carga parcial. Alto consumo de energia.
Controle de 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 do compressor Instalação simples	O AKD2800 não pode ser aplicado à compressores de pistão. O compressor deve poder trabalhar em velocidades baixas
<b>Controle da Temperatura de Descarga com Injeção de Líquido</b>				
Solução mecânica para 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. Menor eficácia do que um resfriador intermediário.
Solução eletrônica para o controle de 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 ser monitorado e controlado remotamente.	Não aplicável a refrigerantes inflamáveis. A injeção de líquido refrigerante pode ser perigosa ao compressor. Menor eficácia do que um resfriador intermediário.
Solução eletrônica para o controle de injeção de líquido com EKC361 e ICF.				
<b>Controle da Pressão do Cárter</b>				
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.				
<b>Controle do Contra- Fluxo</b>				
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**
**Literatura de Referência**

Consulte a página 101 para obter a relação das literaturas de referência em ordem alfabética.

**Folheto / Manual Técnico**

Tipo	N° da Literatura
AKD	RB.8D.B
AKS 21	ED.5A0.A
AKS 32R	RD.5G.J
AKS 33	RD.5G.H
CVC	PD.HN0.A
CVP	PD.HN0.A
EKC 331	RS.8A.G
EKC 361	RS.8A.E
EVRA(T)	RD.3C.B

Tipo	N° da Literatura
ICF	PD.FT0.A
ICM	PD.HT0.A
ICS	PD.HS0.A
REG	RD.1G.D
SCA	RD.7E.C
SVA	PD.KD0.A
TEAT	RD.1FA

**Instrução do Produto**

Tipo	N° da Literatura
AKD 2800	EI.R1.H
AKD 5000	EI.R1.R
AKS 21	RI.14.D
AKS 32R	PI.SB0.A
AKS 33	PI.SB0.A
CVC	RI.4X.L
CVP	RI.4X.D
EKC 331	RI.8B.E
EKC 361	RI.8B.F
EVRA(T)	RI.3D.A

Tipo	N° da Literatura
ICF	PI.FT0.A
ICM	PI.HT0.A
ICS	PI.HS0.A
REG	PI.KM0.A
SCA	PI.FL0.A
SVA	PI.KD0.B
TEAT	PI.AU0.A

Para baixar a última versão da literatura, visite o site da Danfoss na Internet  
<http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

### 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 a um menor grau nas zonas subtropicais e tropicais.

A idéia básica do controle, portanto, é 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 é um condensador resfriado pelo ar ambiente, insuflado por ventiladores axiais ou centrífugos, de baixo para cima e passando através da

superfície de troca de calor (tubos com aletas). O controle de pressão de condensação para condensadores resfriados a ar pode ser realizado das seguintes formas:

##### 3.1.1 - Controle Gradual 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.

este método foi utilizado em conjunto com um controlador em estágios, que possuía um número de contatos de acordo com a quantidade de ventiladores existentes.

Entretanto este sistema reagia com muita rapidez e foi necessário utilizar temporizadores para retardar o liga desliga dos ventiladores.

O segundo método utilizado para controlar os ventiladores foi a através da instalação de um controlador de pressão de zona neutra equivalente ao Danfoss tipo RT-L. Inicialmente,

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

##### 3.1.2 - Controle de Velocidade dos Ventiladores dos 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 - O controle da área de 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 recipiente de líquido. Este recipiente de líquido deve ter um volume suficiente para ser capaz de acomodar as variações na quantidade de refrigerante no condensador.

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:

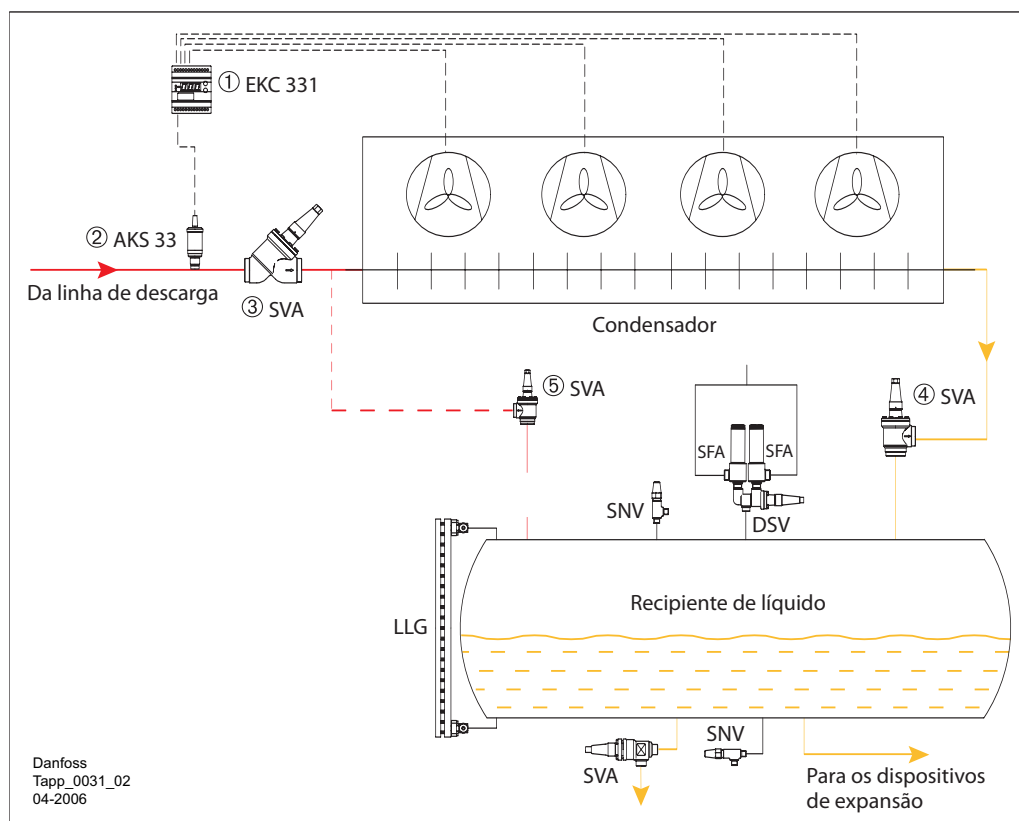
1. Com a válvula principal ICS ou PM, pilotada através de válvula piloto de pressão constante CVP (HP), montada na linha de descarga do compressor na entrada do condensador, e uma outra válvula principal ICS, agora pilotada por válvula piloto de pressão diferencial CVPP (HP), montado numa tubulação de by-pass entre a linha de descarga do compressor e o recipiente de líquido. Na tubulação entre o condensador e o recipiente deve ser instalada uma válvula de

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

Exemplo de Aplicação 3.1.1:  
Controle gradual dos ventiladores  
com o controlador  
por estágios EKC 331

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

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



O EKC 331 ① é um controlador de quatro estágios com até quatro saídas a relé. Ele controla a ativação dos ventiladores de acordo com o sinal de pressão de condensação do transmissor de pressão AKS 33 ou AKS 32R. Com base no controle da zona neutra o EKC 331 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 by-pass onde a SVA está instalada é um tubo de equalização que ajuda equilibrar a pressão no recipiente de líquido com a pressão de entrada do condensador de modo que o líquido refrigerante no condensador possa ser drenado para este recipiente.

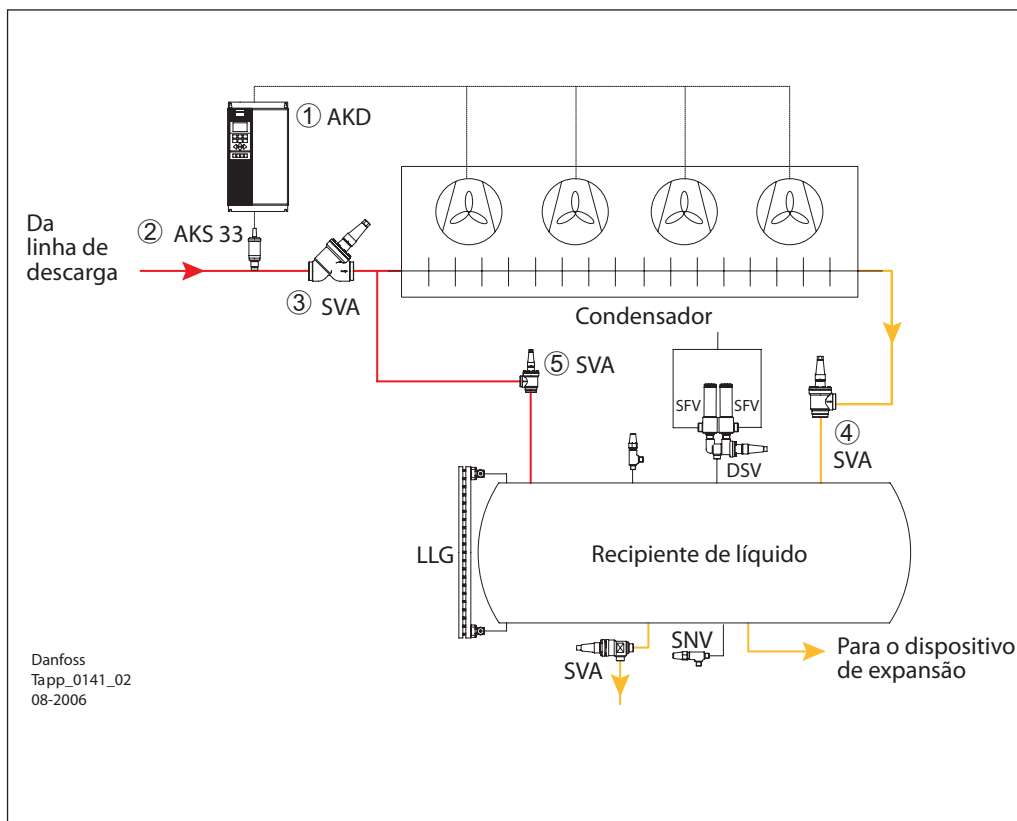
Em algumas instalações, o EKC 331 é utilizado. Neste caso, o sinal de entrada pode ser de um sensor de temperatura PT 1000, por exemplo, O AKS 21. O sensor de temperatura é normalmente instalado na saída do condensador.

**Observe o seguinte:** Esta solução não é tão precisa quanto a solução que utiliza o transmissor de pressão pois a temperatura de saída pode não refletir corretamente a pressão de condensação devido ao subresfriamento. Se o subresfriamento for muito baixo, pode ocorrer flash gas, quando os ventiladores estiverem partindo.

Dados técnicos

	Transmissor de pressão - AKS 33	Transmissor de pressão - AKS 32R
Refrigerantes	Todos os refrigerantes, inclusive o R717	
Faixa de operação [bar]	-1 até 34, veja a especificação de encomenda	-1 até 34, veja a especificação de encomenda
Pressão máxima de trabalho [bar]	Até 55, veja a especificação de encomenda	>33
Faixa de temperatura de operação [°C]	-40 a 85	
Faixa de temperatura compensada [°C]	LP: -30 a +40 / HP: 0 a +80	
Sinal nominal de saída	4 a 20 mA	10 a 90% do fornecimento de V

Exemplo de aplicação 3.1.2:  
Controle de velocidade dos ventiladores de condensadores resfriados a ar



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

Controle por conversor de frequência oferece as seguintes vantagens:

- ① Conversor de frequência
- ② Transdutor de pressão
- Economia de energia
- Melhor controle e qualidade do produto
- Redução do nível de ruído do compressor
- Vida longa ao compressor
- Instalação simples
- Controle completo e programação amigável

Dados técnicos

	Conversor de frequência AKD2800	Conversor de frequência AKD5000
Grau de proteção	IP20	IP20 ou IP54
Temperatura ambiente		
Potência kW	0,37 kW a 18,5 kW	0,75 kW a 55 kW
Voltagem	200-240 V ou 380-480 V	200-240 V ou 380-500 V

\* Potências kW maiores mediante solicitação

Dados técnicos  
(Continuação)

	Válvula piloto de pressão constante - CVP (HP/XP)
Material	CVP (HP) Corpo: ferro fundido Base: aço inoxidável CVP (XP) Corpo: aço Base: aço
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	CVP (HP): 28 CVP (XP): 52
Faixa de pressão [bar]	CVP (HP): -0,66 a 28 CVP (XP): 25 a 52
Valor Kv [m <sup>3</sup> /h]	CVP (HP): 0,4 CVP (XP): 0,45

	Válvula de alívio - 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 até 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) normalmente há um

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 bastante 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.

#### 3.2.1 - Controle de Condensadores Evaporativos

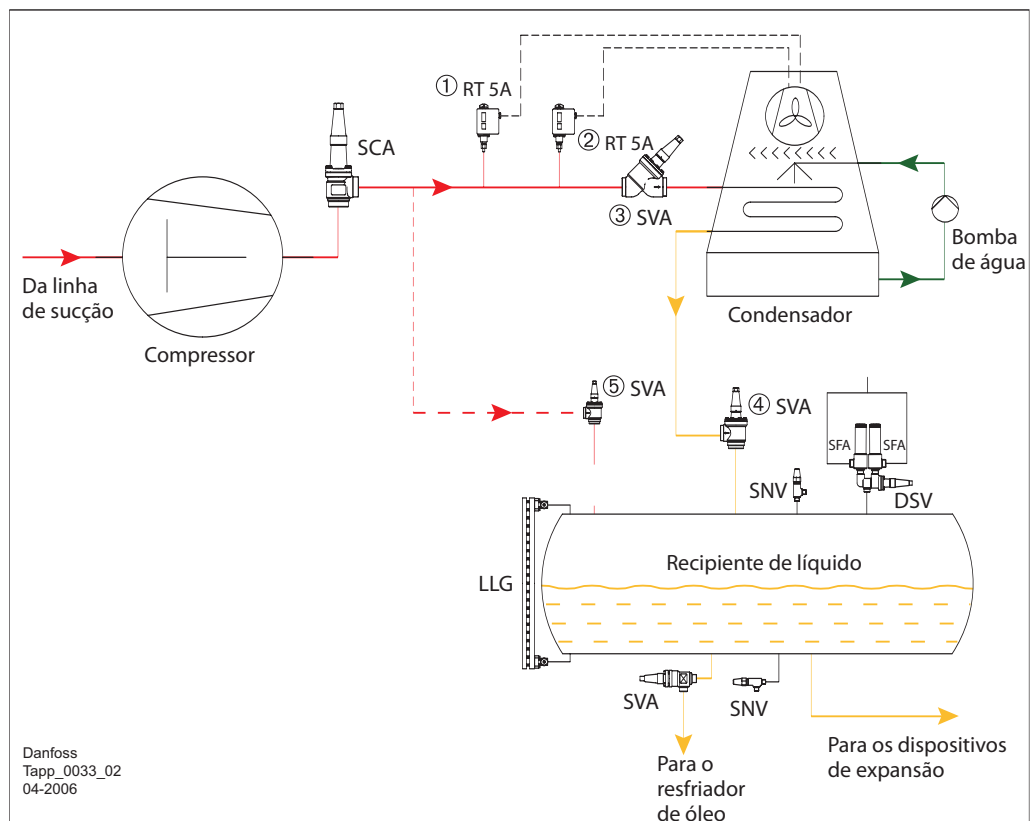
O controle da pressão de condensação ou da capacidade dos condensadores evaporativos pode ser obtido de duas formas:

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)
- Óleo

- 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 recipiente 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 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.**

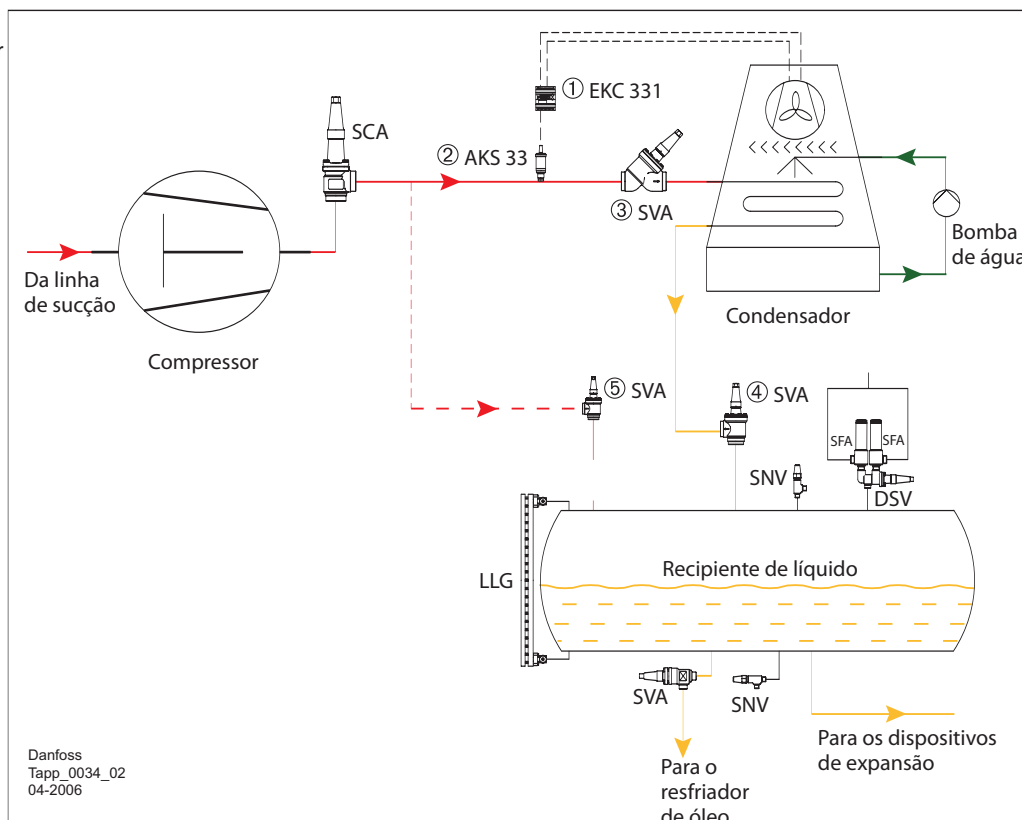
Dados técnicos

	Pressotato HP - RT 5ª
Refrigerantes	R717 refrigerantes fluorados, veja a especificação de encomenda
Proteção	IP 66/54, veja a especificação de encomenda
Temperatura 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

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

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

- ① Controlador por estágios
- 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. Para obter mais informações sobre o EKC 331, consulte a [página 7](#).

A solução de controle por estágios para o compressor pode ser obtida utilizando um controlador gradual EKC 331 ①. O EKC 331 é um controlador de quatro estágios com até quatro saídas a relé. Ele controla o carregamento/descarregamento dos compressores/pistões ou do motor elétrico do compressor de acordo com o sinal de pressão de sucção do transmissor de pressão AKS 33 ② ou AKS 32R. Com base no controle de zona neutra o EKC 331 é capaz de controlar um sistema conjunto de compressor com até quatro estágios iguais ou alternativamente dois compressores controlados por capacidade (cada um deles com uma válvula de descarga).

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

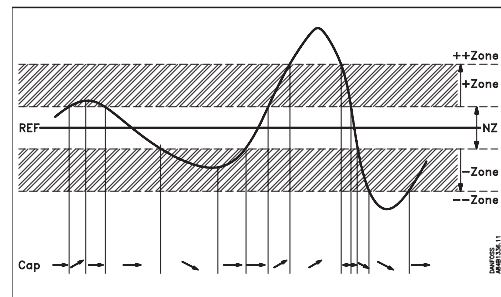
**Controle de Zona Neutra**

A zona neutra é estabelecida próxima ao valor de

referência onde não ocorra carregamento/descarregamento. Fora da zona neutra (nas áreas hachuradas "+zone" e "- zone") o carregamento/descarregamento ocorrerá à medida que a pressão de medição for desviando dos ajustes de zona neutra.

Se o controle ocorrer fora da área hachurada (chamada de ++zone e -zone), ocorrerão algumas mudanças na capacidade ativação (colocação em circuito) 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	
Faixa de operação [bar]	-1 até 34, veja a especificação de encomenda	-1 até 34, veja a especificação de encomenda
Pressão máxima de trabalho PB [bar]	Até 55, veja a especificação de encomenda	>33
Faixa de temperatura de operação [°C]	-40 a 85	
Faixa de temperatura compensada [°C]	LP: -30 a +40 / HP: 0 a +80	
Sinal nominal de saída	4 a 20mA	10 a 90% do fornecimento de V

**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).

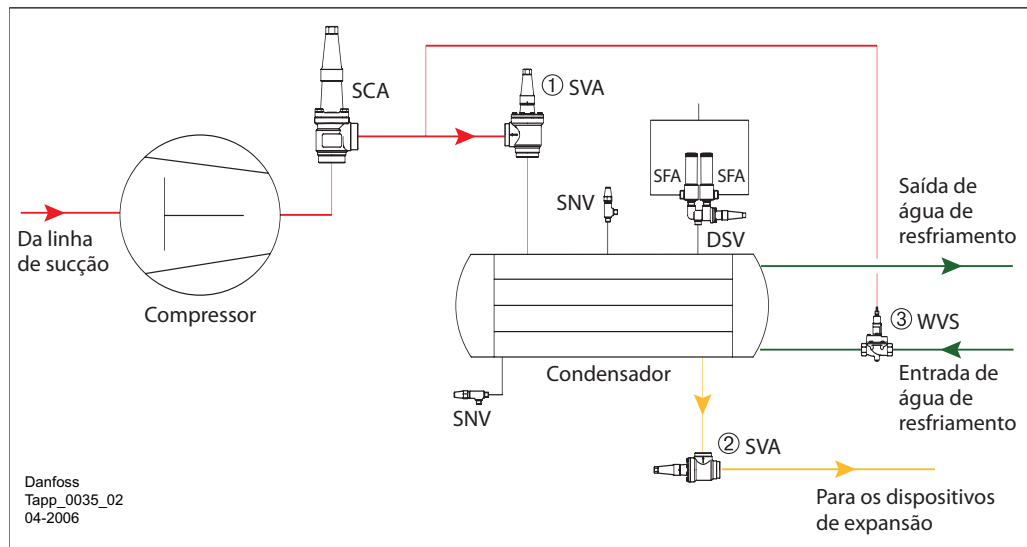
Hoje em dia os condensadores resfriados a água são comuns em sistemas compactos para resfriamento ("chillers"), sendo a água de resfriamento proveniente de uma torre de resfriamento e recirculada. Ele também pode ser utilizado como um condensador de recuperação de calor para o fornecimento de água quente.

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 ou por uma válvula motorizada controlada por um controlador eletrônico.

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

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

- 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, e ajusta a abertura da WVS de forma correspondente. A válvula de água WVS é um regulador -P.

Dados técnicos

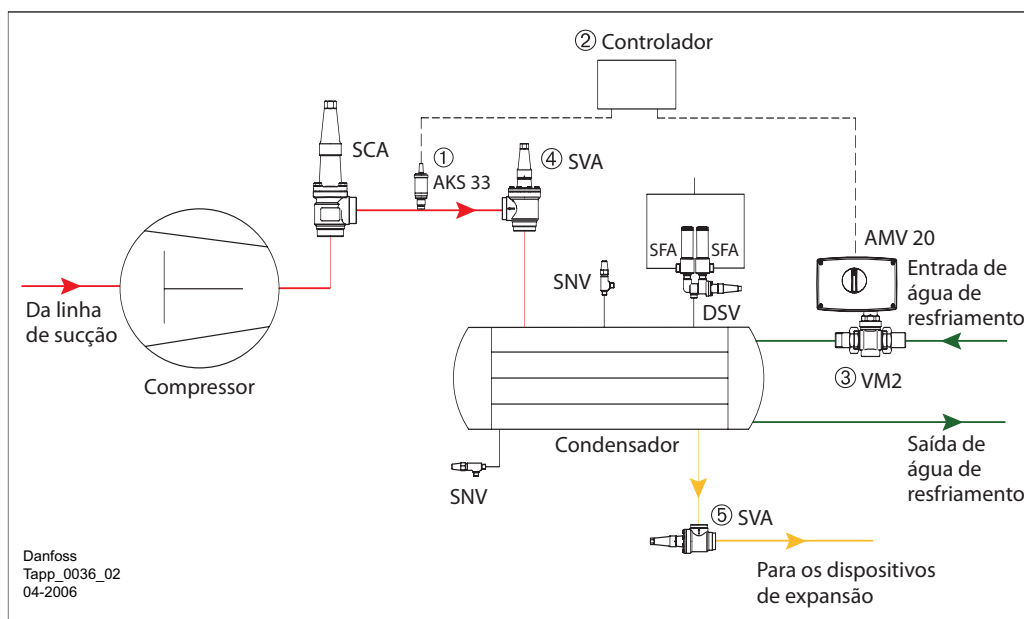
	Válvula de água - WVS
Materials	Corpo da válvula: ferro fundido
Refrigerantes	Fole: alumínio e aço protegido contra corrosão
Meio	R717, CFC, HCFC, HFC
Meio	Água fresca, salmora neutra
Faixa de temperatura do meio [°C]	-25 a 90
Pressão de fechamento ajustável [bar]	2,2 a 19
Pressão máxima de trabalho do lado do refrigerante [bar]	26,4
Pressão máxima de trabalho do lado do líquido [bar]	10
DN [mm]	32 a 100



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

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

- 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 AMV 20 da válvula 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 motorizadas projetadas para aquecimento urbano e também podem ser utilizadas para o controle da vazão de água em instalações de refrigeração.

#### Dados técnicos

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

	Válvula motorizada - VFG 2
Material	Corpo de válvula: Ferro fundido / ferro doce / aço fundido, veja o pedido de compra
Meio	Circulação de água / água com solução glicólica em até 30%
Faixa de temperatura do meio [°C]	2 a 200
Pressão máxima de trabalho [bar]	16/25/40, veja o pedido de compras
DN [mm]	15 a 250

**3.4**  
**Resumo**

Solução		Aplicação	Benefícios	Limitações
<b>Controle de Condensador Refrigeração a Ar</b>				
Controle gradual 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 gradual do ventilador pode emitir ruído.
Controle de velocidade de ventiladores de 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 gradual 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.	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 gradual 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**  
**Literatura de Referência**

Consulte a página 101 para obter a relação das literaturas de referência em ordem alfabética.

*Folheto / Manual Técnico*

Tipo	Nº da Literatura	Tipo	Nº da Literatura
AKD	RB.8D.B	ICS	PD.HS0.A
AKS 21	ED.SA0.A	NRVA	RD.6H.A
AKS 32R	RD.5G.J	RT 5A	RD.5B.A
AKS 33	RD.5G.H	SVA	PD.KD0.A
AMV 0	ED.95.N	VM 2	ED.97.K
CVPP	PD.HN0.A	WVS	RD.4C.A
CVP	PD.HN0.A		

*Instrução do Produto*

Tipo	Nº da Literatura	Tipo	Nº da Literatura
AKD 2800	EI.R1.H	ICS	PI.HS0.A
AKD 5000	EI.R1.R	NRVA	RI.6H.B
AKS 21	RI.14.D	RT 5A	RI.5B.C
AKS 32R	PI.SB0.A	SVA	PI.KD0.B
AKS 33	PI.SB0.A	VM 2	VI.HB.C
AMV 20	EI.96.A	WVS	RI.4C.B
CVPP	RI.4X.D		
CVP	RI.4X.D		

Para baixar a última versão da literatura, visite o site da Danfoss na Internet  
<http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

**4. Controle de 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 mais 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. Recipiente de líquido pequeno ou até sem

recipiente

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 recipiente 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 a existência de uma quantidade de refrigerante adequado no sistema. Uma sobrecarga aumenta o risco de "transbordamento" no evaporador ou no

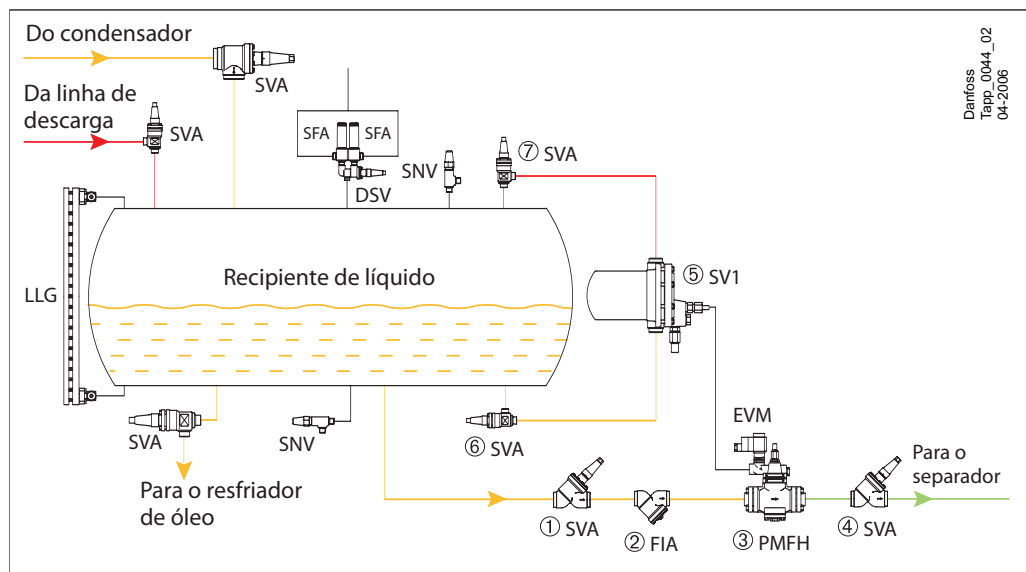
separador de líquido e pode causar a aspiração do líquido para dentro do compressor (golpe de líquido). Se a carga no sistema for insuficiente o evaporador será prejudicado por falta de alimentação. O tamanho do vaso do lado de baixa pressão (separador de líquido / evaporador casco e tubos) deve ser 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 recipientes de líquido. Mesmo que um recipientes de líquido seja necessário para instalar os pilotos e prover refrigerante líquido um resfriador de óleo, o recipientes poderá ser 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 operada por piloto
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Válvula de bóia
- ⑥ Válvula de bloqueio
- ⑦ Válvula de bloqueio



Danfoss  
Tapp\_0044\_02  
04-2006

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 recipiente de líquido aumentar acima do nível ajustado, a válvula de bóia SV1 ⑤ fornece um sinal para que a válvula principal PMFH abra.

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, T<sub>i</sub> = 28°C

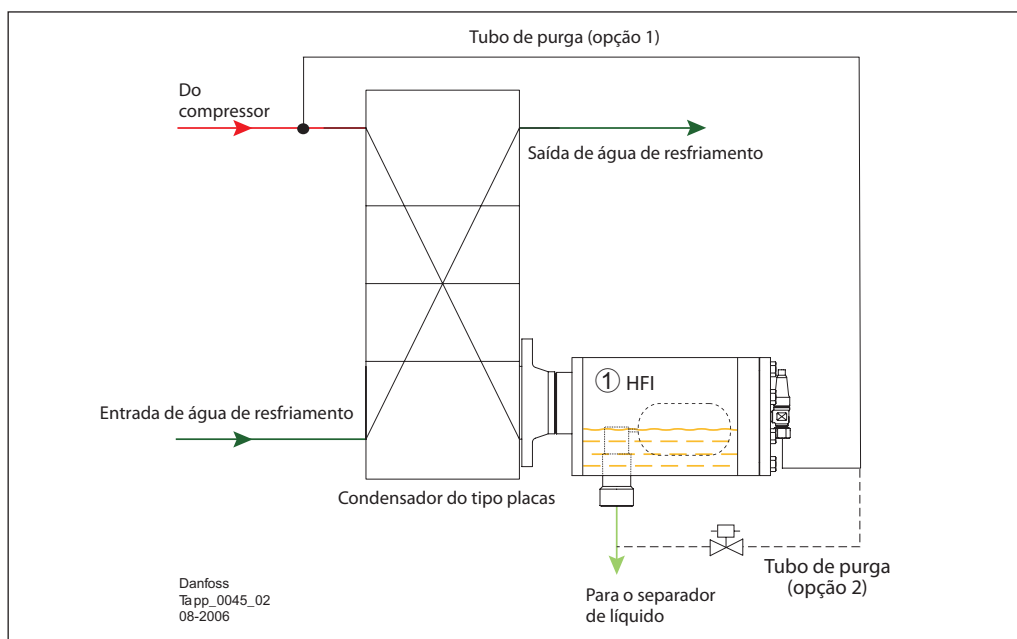
	Válvula de bóia - SV1 e SV3
Material	Carcaça: aço Tampa: Ferro fundido especial para baixa temperatura Flutuador: aço inoxidável
Refrigerantes	R717, HFC, HCFC e CFC
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a + 65
Faixa P [mm]	35
Pressão máxima de trabalho [bar]	28
Pressão máxima de teste [bar]	36
Valor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

\* Condições: R717, +5/32°C, T<sub>i</sub> = 28°C

Exemplo de Aplicação 4.1.2:  
Solução mecânica para o controle de nível de líquido HP com HFI

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

① Válvula de bóia HP



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

Em alguns casos pode ser necessário conectar o tubo de purga no lado de HP/LP (opção 1/ opção 2), conforme indicado no desenho. Esta solução permite que a capacidade necessária seja obtida quando a HFI for colocada remotamente em relação ao condensador.

Dados técnicos

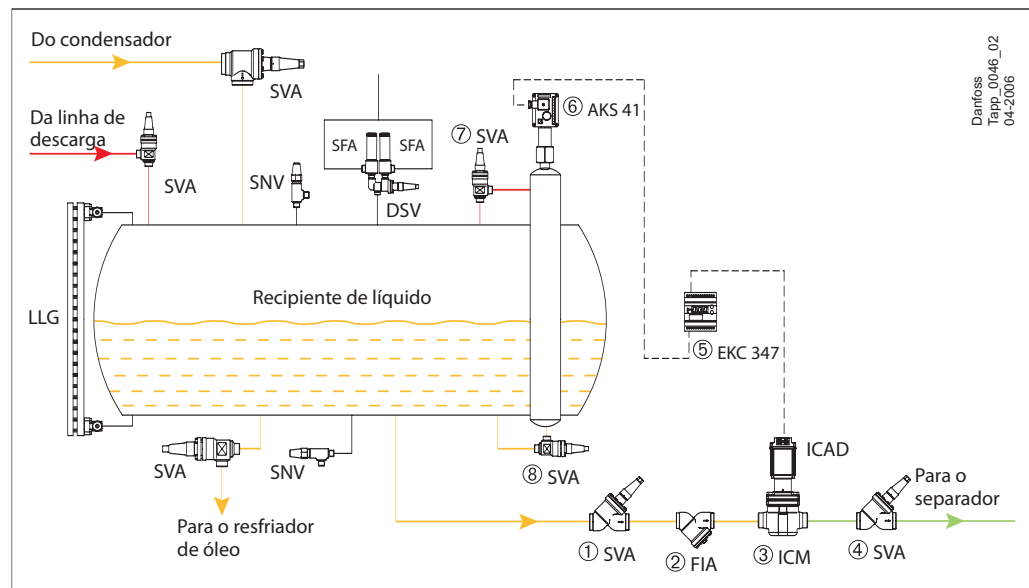
	HFI
Material	Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura.
Refrigerantes	R717 e outros refrigerantes não inflamáveis. Para refrigerantes com densidade maior que 700 kg/m <sup>3</sup> , consulte a Danfoss.
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 80
Pressão máxima de trabalho [bar]	25 bar
Pressão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

\*Condições: R717, -10/35°C

**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
- ③ Válvula motorizada
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Controlador
- ⑥ Transmissor de nível
- ⑦ Válvula de bloqueio
- ⑧ Válvula de bloqueio



Ao projetar uma solução LLRS eletrônica o sinal de nível do líquido pode ser fornecido por um AKS 38, que é uma chave (liga/desliga) de nível ou um AKS 41 que é um transmissor (4-20 mA) de nível.

O sinal eletrônico é enviado para o controlador eletrônico 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 pulsante 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 solenóide EVRA para permitir o controle ON/OFF (liga/desliga).
- O sistema ilustrado é um transmissor de nível AKS 41 ⑥ 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
Material	Caraça: 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 65
Capacidade nominal* [kW]	224 a 14000

\*Condições: R717, T<sub>e</sub> = -10°C, Δp = 8.0 bar, ΔT<sub>sub</sub> = 4K;

	Transmissor de pressão - AKS 41
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 máxima de trabalho [bar]	60
Faixa de medição [mm]	207 a 2927

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

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

O nível do líquido no vaso de baixa pressão (separador de líquido / evaporador de casco e tubos) é mantido em um nível constante. Isto é seguro ao sistema, uma vez que um nível muito alto de líquido no separador de líquido pode causar golpe de líquido ao compressor e um nível muito baixo pode levar à cavitação das bombas de refrigerantes em um sistema de circulação por bombas.

O recipiente de líquido deve ser suficientemente grande para acumular o líquido refrigerante proveniente dos evaporadores quando a quantidade de refrigerante em alguns evaporadores variar com relação à carga térmica, quando alguns evaporadores são desligados para manutenção ou quando parte

dos evaporadores são drenados para degelo.

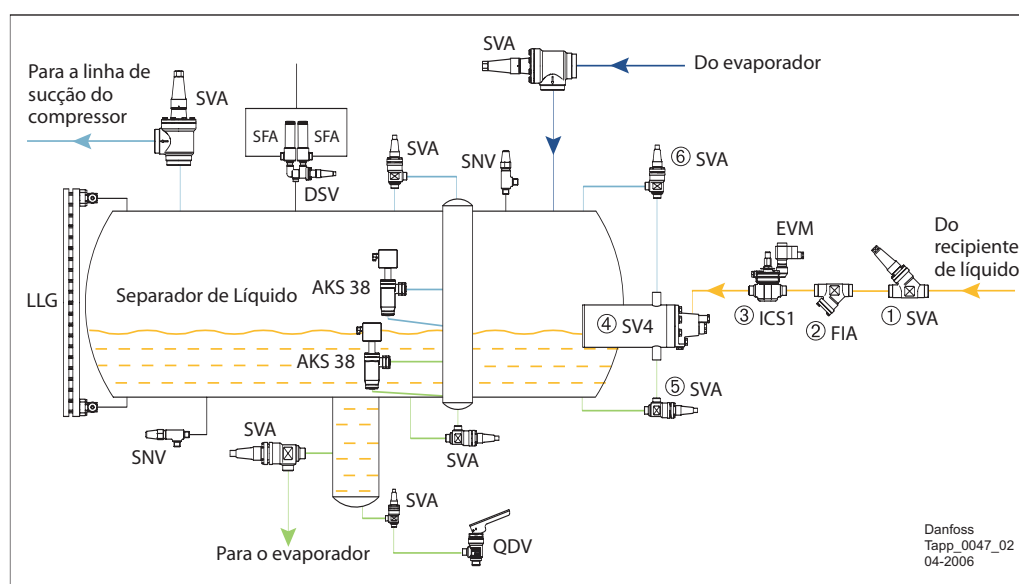
Devido aos motivos acima, os LP LLRS são especialmente adequados para sistemas descentralizados com muitos evaporadores, grande carga de refrigerante, tais como de frigoríficos. Com o LP LLRS, estes sistemas podem operar seguramente, mesmo que a carga de refrigerante seja impossível de ser calculada.

Conclusão, os HP LLRS são adequados para sistemas compactos, tais como "chillers"; a vantagem é o custo reduzido (recipiente de líquido pequeno ou inexistente). Enquanto que os LP LLRS são especialmente adequados para sistemas descentralizados com muitos evaporadores, tubulação extensa, tal como o sistema de um grande frigorífico; com a vantagem de oferecer a mais alta segurança e confiabilidade.

Exemplo de Aplicação 4.2.1: Solução mecânica para o controle de nível de líquido 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
- ③ Válvula solenóide
- ④ Válvula de bóia LP
- 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

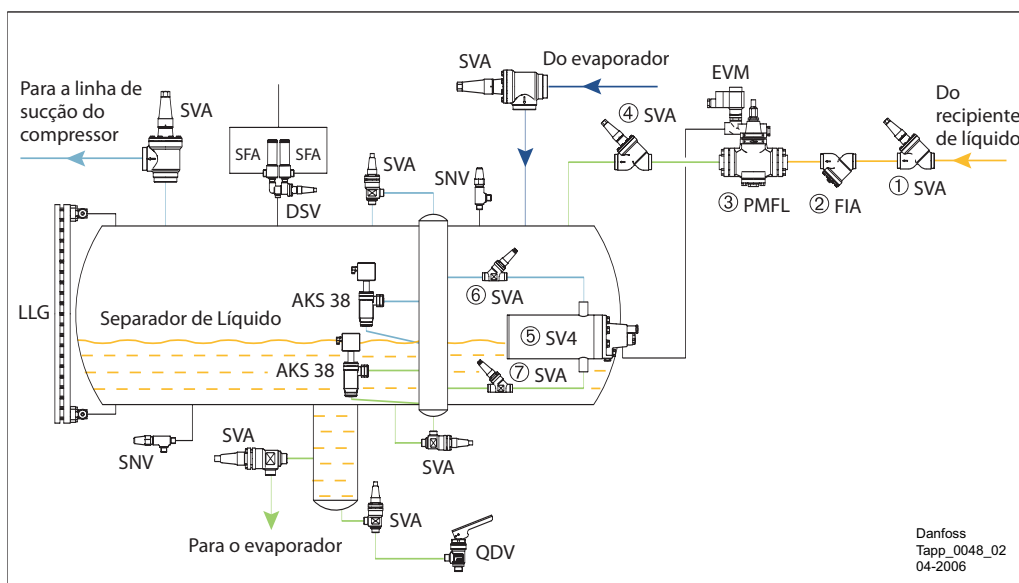
	SV 4-6
Material	Carçaça: aço Tampa: Ferro fundido especial aprovado para serviço a baixa temperatura (nodular) Flutuador de aço inoxidável
Refrigerantes	R717, HFC, HCFC e CFC
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a +120
Faixa P [mm]	35
Pressão máxima de trabalho [bar]	28
Pressão máxima de teste [bar]	42
valor Kv [m3/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>sub</sub> = 4K.

Exemplo de aplicação 4.2.2:  
Solução mecânica para o controle de nível de líquido 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
- ③ Válvula principal operada por piloto
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Válvula de bóia LP
- ⑥ Válvula de bloqueio
- ⑦ Válvula de bloqueio



Se a capacidade for grande, a válvula de bóia SV é utilizada como uma válvula piloto para uma válvula principal PMFH. Conforme ilustrado acima, quando o nível de líquido no recipiente de líquido cair abaixo do nível ajustado, a válvula de bóia SV provê um sinal para a válvula PMFL abra.

Danfoss  
Tapp\_0048\_02  
04-2006

Dados técnicos

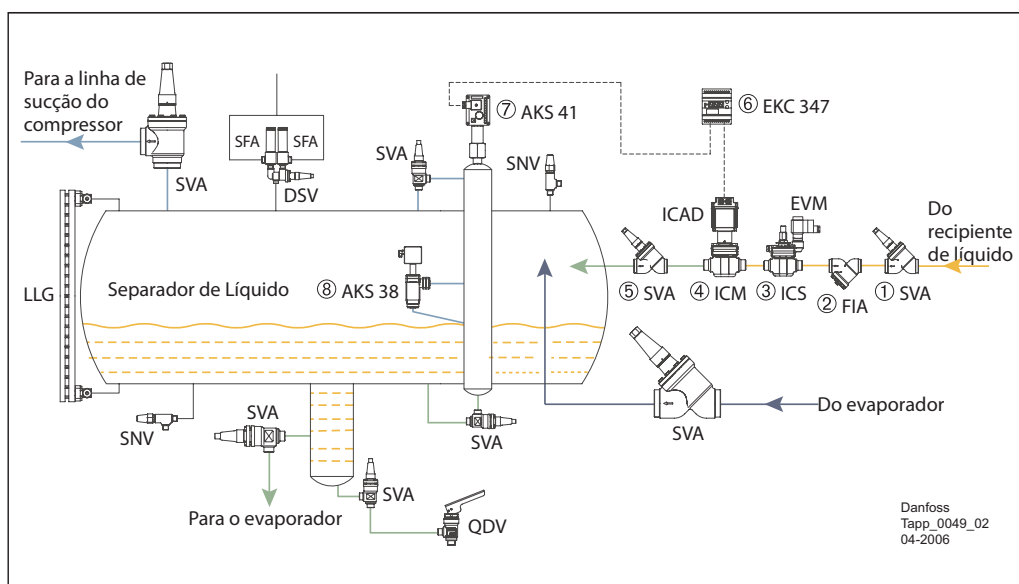
	PMFL 80 - 1 a 500
Material	Ferro fundido nodular especial aprovado para serviço a baixa temperatura
Refrigerantes	R717, HFC, HCFC e CFC
Faixa de temperatura do meio [°C]	-60 a +120
Pressão máxima de trabalho [bar]	28
Pressão máxima de teste [bar]	42
Capacidade nominal * [kW]	139-13,900

\* Condições: R717, +5/32°C, ΔT<sub>sub</sub> = 4K.

Exemplo de aplicação 4.2.3:  
Solução eletrônica para o controle de nível de líquido 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
- ③ Válvula solenóide
- ④ Válvula motorizada
- ⑤ Válvula de bloqueio
- ⑥ Controlador
- ⑦ Transmissor de nível
- ⑧ Chave de nível



O transmissor de nível AKS 41 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. Entretanto recomenda-se que a chave de nível AKS 38 ⑧ seja instalada como uma chave de nível alto.

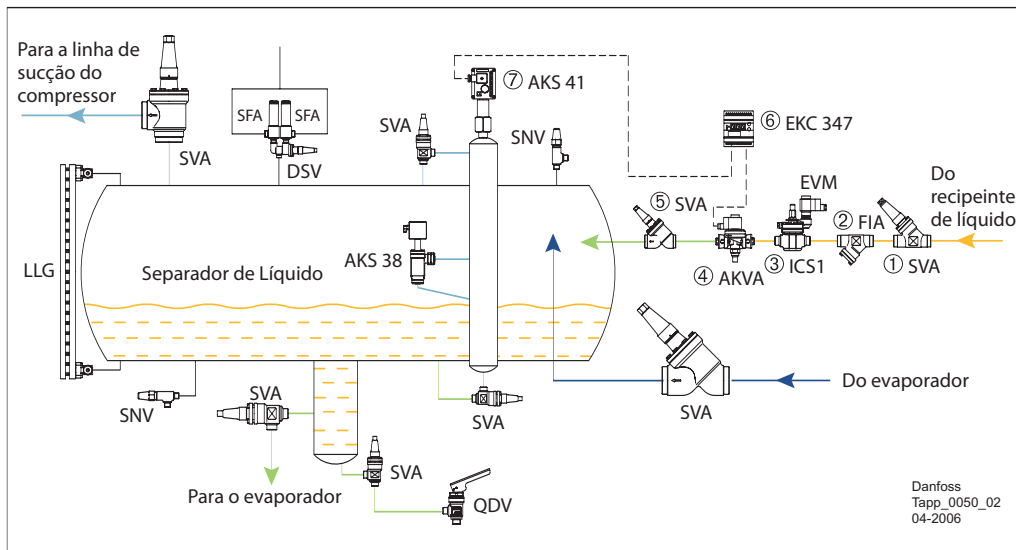
Danfoss  
Tapp\_0049\_02  
04-2006



**Exemplo de Aplicação 4.2.4:**  
Solução eletrônica para o controle de nível de líquido 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
- ③ Válvula solenóide
- ④ Válvula de expansão operada eletronicamente
- ⑤ Válvula de bloqueio
- ⑥ Controlador
- ⑦ Transmissor de nível



Danfoss  
Tapp\_0050\_02  
04-2006

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

O controlador de nível de líquido EKC 347 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 uma chave de nível alto.

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 a +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>sub</sub> = 4K.

**Exemplo de Aplicação 4.2.5:**  
Solução eletrônica para o controle de nível de líquido LP

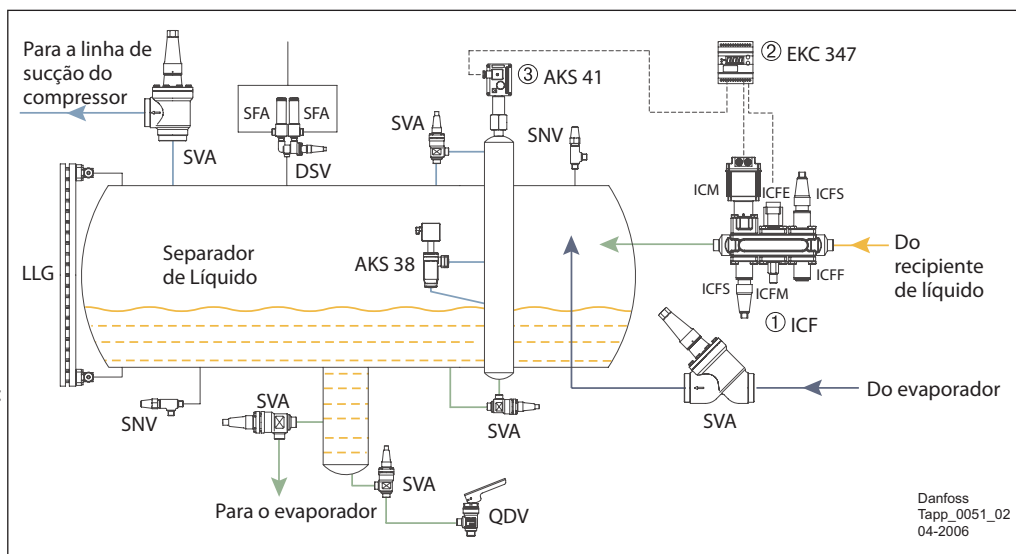
- Refrigerante líquido a alta pressão (HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão (LP)
- Refrigerante líquido a baixa pressão (LP)

- ① Estação de válvula ICF, incluindo:



- Válvula de bloqueio
- Filtro
- Válvula solenóide
- Operador manual
- Válvula motorizada
- Válvula de bloqueio

- ② Controlador
- ③ Transmissor de nível



Danfoss  
Tapp\_0051\_02  
04-2006

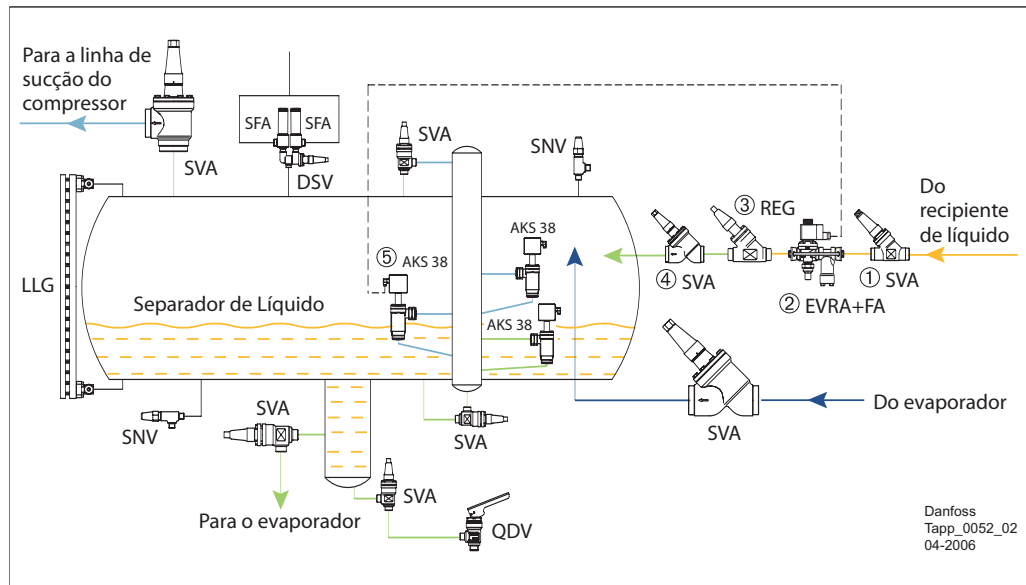
A Danfoss pode fornecer uma solução que utilize uma válvula bem compacta ICF. Até seis módulos distintos podem ser montados no mesmo corpo, com muita facilidade. O módulo ICM atua como uma válvula de

expansão e o módulo ICFE é uma válvula solenóide. Esta solução funciona de forma idêntica ao exemplo 4.2.3. Também existe solução alternativa com válvula ICF para a aplicação 4.2.4.

Exemplo de Aplicação 4.2.6:  
Solução eletrônica para o controle de nível de líquido 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 solenóide
- ③ Válvula regulada manualmente
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Chave de nível



Esta solução controla a injeção de líquido utilizando o controle On/Off (liga/desliga). A chave de nível AKS 38 ⑤ controla a energização da válvula solenóide EVRA ②, de acordo com o nível de líquido no separador. A válvula de regulação 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]	40
Pressão de teste [bar]	Teste de resistência: 80 Teste de vazamento: 40
valor Kv [m3/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
valor Kv [m3/h]	0,23 a 25,0

\* Condições: R717, -10/+25°C, Δp = 0,15 bar

**4.3**
**Resumo**

Solução		Aplicação	Benefícios	Limitações
Solução mecânica para alta pressão: SV1/3 + PMFH		Aplicável a sistemas com cargas pequenas de refrigerantes, 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 41+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 41 + 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 41 + 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 41 + 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.	Simples. 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**
**Literatura de Referência**

Consulte a página 101 para obter a relação das literaturas de referência em ordem alfabética.

**Folheto / Manual Técnico**

Tipo	Nº da Literatura
AKS 38	RD.5M.A
AKS 41	PD.SC0.A
AKVA	PD.VA1.B
EKC 347	RS.8A.X
EVRA(T)	RD.3C.B
ICM	PD.HT0.A

**Instrução do produto**

Tipo	Nº da Literatura
PMFH/L	RD.2C.B
ICF	PD.FT0.A
REG	RD.1G.D
SV 1-3	RD.2C.B
SV 4-6	RD.2C.B

Tipo	Nº da Literatura
AKS 38	RI.5M.A
AKS 41	PI.SC0.A
AKVA	PI.VA1.C   PI.VA1.B
EKC 347	RI.8B.Y
EVRA(T)	RI.3D.A
ICM	PI.HT0.A

Tipo	Nº da Literatura
PMFH/L	RI.2C.F   PI.GE0.A
ICF	PI.FT0.A
REG	PI.KM0.A
SV 1-3	RI.2B.F
SV 4-6	RI.2B.B

Para baixar a última versão da literatura, visite o site da Danfoss na Internet <http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

## 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, salmora 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 suprimento líquido descrevem dois tipos distintos para fornecimento de líquido: de expansão direta (DX) e re-

circulação de líquido bombeado.

- Degelo (Seção 5.3 & 5.4), que é necessário para resfriadores de ar operando em temperaturas abaixo de 0°C.
- Controle de sistemas com múltiplas temperaturas (Seção 5.5) para evaporadores que precisam operar sob diferentes níveis de temperatura.
- Controle da temperatura do meio (Seção 5.6) quando for necessário que a temperatura do meio seja mantida em um nível constante com grande precisão.

Ao introduzir o controle de temperatura e degelo, os evaporadores de expansão direta (DX) e os de circulação de líquido bombeado serão abordados individualmente, pois 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 "off" do meio deve ser mantida dentro da faixa desejada. A injeção de líquido é controlada por uma válvula de expansão controlada por

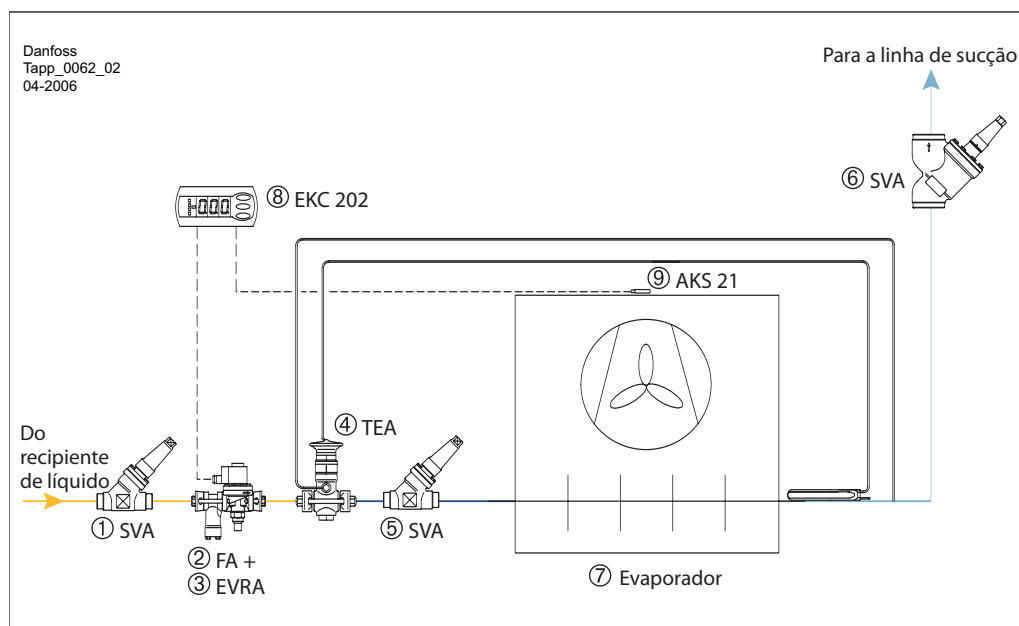
Superaquecimento que mantém o superaquecimento na saída do evaporador dentro da faixa desejada. Esta válvula de expansão pode ser por uma válvula de expansão termostática ou por uma válvula de expansão eletrônica.

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

**Exemplo de Aplicação 5.1.1:  
Evaporador DX, expansão  
termostática**

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

- ① Entrada de líquido na válvula de bloqueio
- ② Filtro
- ③ Válvula solenóide
- ④ Válvula de expansão termostática
- ⑤ Entrada da válvula de bloqueio do evaporador
- ⑥ Válvula de bloqueio na linha de sucção
- ⑦ Evaporador
- ⑧ Termostato digital
- ⑨ Sensor de temperatura



Exemplo de aplicação 5.1.1 mostra uma instalação típica para um evaporador DX 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 amoníaco. A Danfoss também fornece válvulas de expansão termostática para refrigerantes fluorados.

A temperatura do meio é controlada pelo termostato digital EKC 202 ⑧, que controla a atuação ON/OFF (liga/desliga) da válvula solenóide 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 DX 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 do Evaporador EKC 202**

O termostato digital controlará todas as funções do evaporador, inclusive o termostato, ventilador, degelo 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, veja o pedido de compra.
Temperatura máxima do bulbo [bar] [°C]	100
Pressão máxima de trabalho [bar]	19
Capacidade nominal * [kW]	3,5 a 295

\* Condições: -15°C/+32°C, ΔT<sub>sub</sub> = 4°C

	Válvula solenóide - 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
Valor Kv [m³/h]	0,23 a 25,0

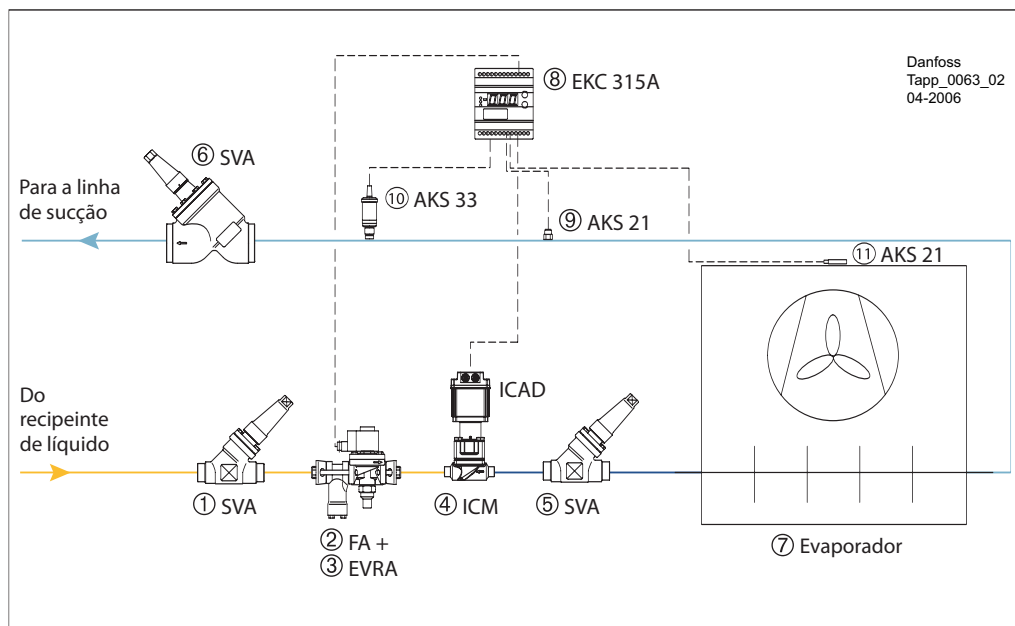
\* Condições: R717, -10/+25°C, Δp = 0,15 bar

	Filtro - FA
Refrigerantes	Amoníaco e refrigerantes fluorados
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a +140
Pressão máxima de trabalho [bar]	28
DN [mm]	15/20
Inserto do filtro	Entrelaçamento de aço inoxidável 1501-1
Valor Kv [m³/h]	3,3/7,0

Exemplo de Aplicação 5.1.2:  
Evaporador DX, expansão eletrônica

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

- ① Entrada de líquido na válvula de bloqueio
- ② Filtro
- ③ Válvula solenóide
- ④ Válvula de expansão eletrônica
- ⑤ Válvula de bloqueio na entrada do evaporador
- ⑥ Válvula de bloqueio da linha de sucção
- ⑦ Evaporador
- ⑧ Controlador
- ⑨ Sensor de temperatura
- ⑩ Transmissor de pressão
- ⑪ Sensor de temperatura



Danfoss  
Tapp\_0063\_02  
04-2006

O exemplo de aplicação 5.1.2 mostra uma instalação típica para um evaporador DX 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 315. O controlador EKC 315 ⑧ medirá o superaquecimento por meio do transmissor de pressão AKS 33 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 315 opera como um termostato digital que controlará a atuação ON/OFF (liga/desliga) da válvula solenóide EVRA 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 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.

Dados técnicos

	Válvula motorizada - ICM
Material	Carcaça: 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 65
Capacidade nominal* [kW]	224 a 14000

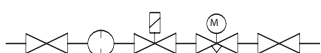
\* Condições: R717, T. = -10°C, Δp = 8.0 bar, ΔT<sub>sub</sub> = 4K;

	Transmissor de pressão - AKS 33
Refrigerantes	Todos os refrigerantes
Faixa de operação [bar]	1 até 34, veja o pedido de compra
Pressão máxima de trabalho [bar]	Até 55, veja o pedido de compra
Faixa de temperatura de operação [°C]	-40 a 85
Faixa de temperatura compensada [°C]	IP: -30 a +40 HP: 0 a +80
Sinal nominal de saída	4 a 20 mA

Exemplo de aplicação 5.1.3:  
Evaporador DX, Expansão  
Eletrônica com solução de  
Controle ICF

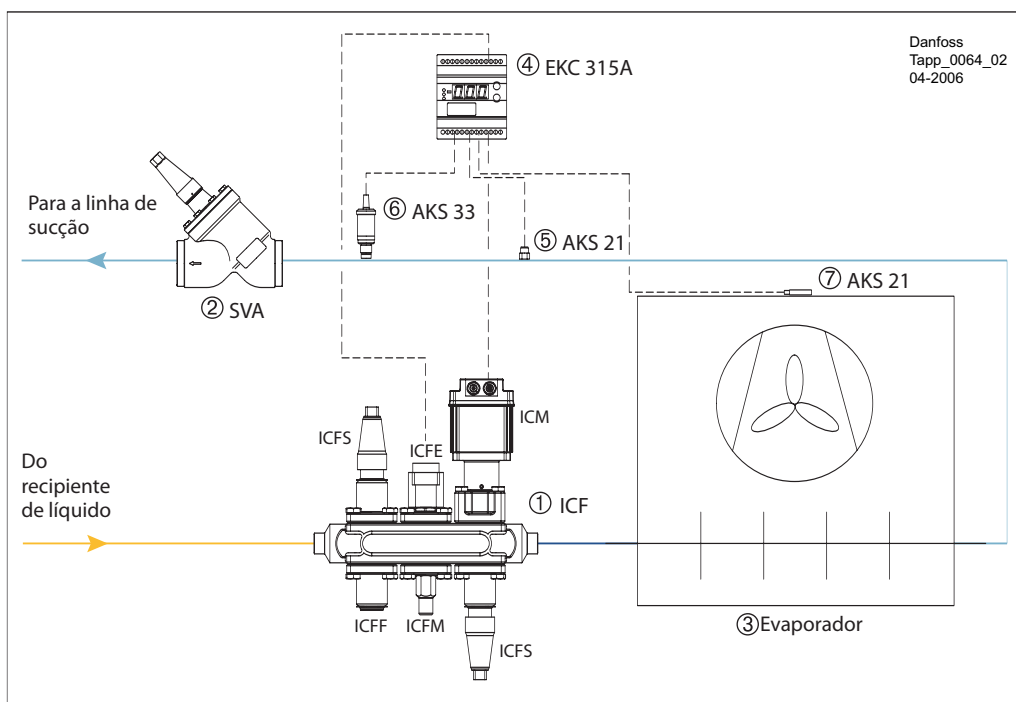
- Refrigerante líquido a alta pressão (HP)
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante vapor a baixa pressão (LP)

① Estação de válvula ICF, incluindo:



- Válvula de bloqueio na entrada de líquido
- Filtro
- Válvula solenóide
- Operador manual
- Válvula de expansão ICM operada eletronicamente
- Entrada da válvula de bloqueio do evaporador

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



Danfoss  
Tapp\_0064\_02  
04-2006

O exemplo de aplicação 5.1.3 mostra a nova solução de controle com a ICF para um evaporador DX 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 315 ④. O controlador EKC 315 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 ICM para manter o superaquecimento em um nível ideal.

Ao mesmo tempo, o controlador EKC 315 opera como um termostato digital que controlará a atuação ON/OFF (liga/desliga) da válvula solenóide 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.

**5.2**  
**Controle da Recirculação**  
**do Líquido Bombeado**

Exemplo de Aplicação 5.2.:  
Evaporador de recirculação  
por líquido bombeado,  
sem degelo por gás quente.

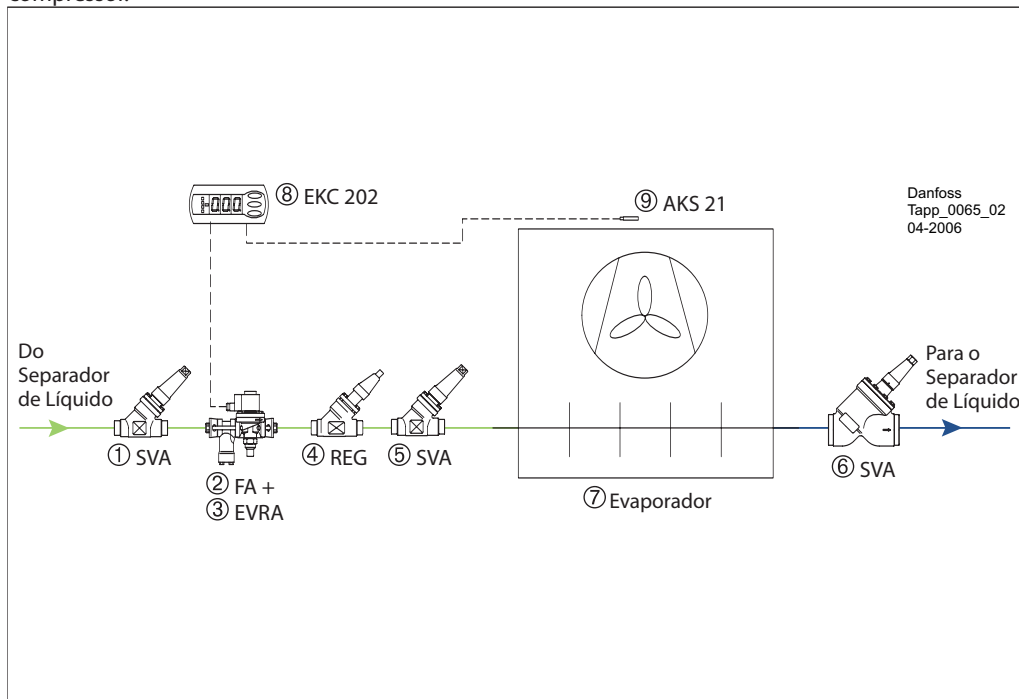
— Mistura de líquido/  
vapor refrigerante  
— Refrigerante líquido a  
baixa pressão (LP)

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

O controle do fornecimento de líquido para evaporadores de re-circulação por líquido bombeado é mais simples do que para os evaporadores DX, pois não é necessário evitar golpe de líquido no compressor.

Portanto, os evaporadores com re-circulação somente precisam de um controle ON/OFF (liga/desliga) para obterem o controle correto da temperatura do meio.

O separador de líquido assegurará que somente o gás de sucção seco retorne ao compressor.



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

Um grau de abertura muito alto levará a uma operação freqüente da válvula solenóide com um conseqüente desgaste. Um grau de abertura muito baixo prejudicará o evaporador por falta de alimentação de líquido refrigerante.

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

**Controlador do Evaporador 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.

A quantidade de líquido injetado no evaporador é controlada pela abertura da válvula de regulagem manual REG (4). É importante ajustar esta válvula de regulagem no grau correto de abertura.

Dados técnicos

	Válvula reguladora - REG
Material	Aço especial aprovado para serviço a 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]	40
Pressão de teste [bar]	Teste de resistência: 80 Teste de vazamento: 40
Valor K <sub>v</sub> [m³/h]	0,17 a 81,4 para válvulas totalmente abertas



Exemplo de Aplicação 5.2.2:  
Evaporador de circulação por líquido bombeado, solução de controle ICF, sem descongelamento por gás quente.

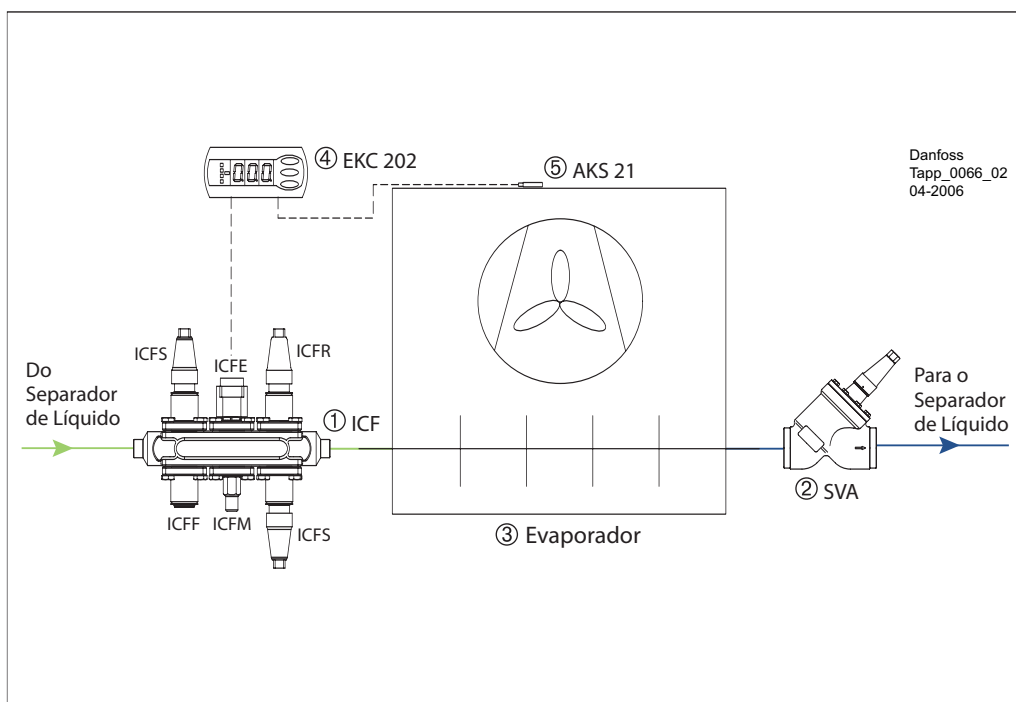
- Mistura de líquido/vapor refrigerante
- Refrigerante líquido a baixa pressão (LP)

① Estação de válvula ICF, incluindo:



- Válvula de bloqueio na entrada de líquido
- Filtro
- Válvula solenóide
- Válvula de expansão manual
- Entrada da válvula de bloqueio 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 solução de controle com ICF com operação idêntica ao exemplo 5.2.1, podendo ser aplicável também a evaporadores de re-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 termostato digital EKC 202 (4), que controla a atuação ON/OFF (liga/desliga) da válvula solenóide 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 freqüente da válvula solenóide com um conseqüente desgaste. Um grau de abertura muito baixo prejudicará o evaporador por falta de alimentação de líquido refrigerante.

**Controlador do Evaporador 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.

**5.3 Degelo a Gás Quente para Resfriadores a Ar DX**

Em aplicações onde o resfriador 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 resfriadores 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 temperaturas ambientes 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 uma função de timer e/ou 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 OX, 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
- ③ Válvula solenóide
- ④ Válvula de retenção
- ⑤ Válvula de expansão
- ⑥ Válvula de bloqueio na entrada do evaporador

**Linha de sucção**

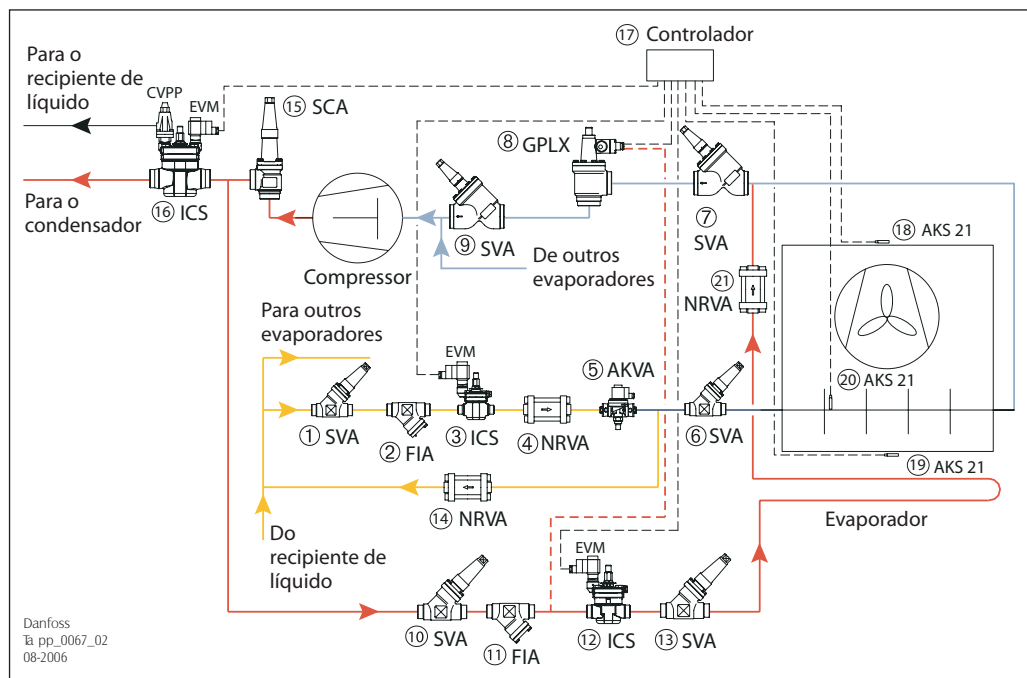
- ⑦ Válvula de bloqueio na entrada do evaporador
- ⑧ Válvula solenóide de dois estágios
- ⑨ Válvula de bloqueio na linha de sucção

**Linha de gás quente**

- ⑩ Válvula de bloqueio
- ⑪ Filtro
- ⑫ Válvula solenóide
- ⑬ Válvula de bloqueio
- ⑭ Válvula de retenção

**Linha de descarga**

- ⑮ Válvula de bloqueio conjugada com retenção na linha de descarga
- ⑯ Regulador de pressão diferencial
- ⑰ Controlador
- ⑱ Sensores de temperatura
- ⑲ Sensores de temperatura
- ⑳ Sensores de temperatura
- ㉑ Válvula de retenção



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

**Ciclo de Refrigeração**

A servo válvula ICS ③ na linha de líquido é mantida aberta por sua válvula solenóide piloto EVM. A injeção de líquido é controlada por uma válvula de expansão eletrônica AKVA ⑤.

A válvula solenóide GPLX ⑧ na linha de sucção é mantida aberta, e a válvula solenóide de degelo ICS ⑫ é mantida fechada por sua válvula solenóide piloto EVM. A válvula de retenção NRVA ⑭ impede a formação de gelo na bandeja de drenagem.

A servo válvula ICS ⑯ é mantida aberta por sua válvula solenóide piloto EVM.

**Ciclo de Degelo**

Após o início do ciclo de degelo, a válvula solenóide de fornecimento de líquido 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. Leva 45 a 700 segundos para que a válvula solenóide operada por gás GPLX ⑧ feche, dependendo do tamanho da válvula, volume de refrigerante e temperatura de evaporação. 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 servo válvula ICS ⑫ é então aberta por sua válvula solenóide piloto EVM e fornece gás quente para o evaporador.

Durante o ciclo de degelo, a válvula solenóide piloto EVM da servo válvula ICS ⑯ fecha de modo que a ICS ⑯ seja controlada pela CVPP piloto de pressão diferencial.

ICS ⑯ há a geração de uma pressão diferencial  $\Delta p$  entre a pressão do gás quente e a pressão do recipiente de líquido. Esta queda de pressão assegura que o líquido que está condensado durante o degelo seja forçado para fora para a linha de líquido através da válvula NRVA ⑭.

Quando a temperatura no evaporador (medida pela AKS21 ⑳) alcança o valor de ajuste, o degelo é finalizado, a válvula solenóide EVM da ICS ⑫ é fechada, a válvula solenóide EVM da ICS ⑯ é aberta e a válvula solenóide GPLX ⑧ é aberta.

Devido à alta pressão diferencial entre o evaporador e a linha de sucção, é necessário utilizar uma válvula solenóide de dois estágios tal como a Danfoss GPLX ou PMLX. A GPLX/PMLX terá capacidade para apenas 10 % sob 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 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.

**Dados técnicos**

	Servo válvula operada por piloto - IC5
<i>Material</i>	Carcaça: 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>ON [mm]</i>	20 a 80
<i>Capacidade nominal* [kW]</i>	Na linha de gás quente: 20,9 a 864
	Na Linha de Líquido sem troca de fase: 55 a 2248

\* Condições: R717,  $T_{liq} = 30^{\circ}\text{C}$ ,  $P_{disch.} = 12\text{bar}$ ,  $\Delta P = 0,2\text{bar}$ ,  $T_{disch.} = 80^{\circ}\text{C}$ ,  $T_e = -10^{\circ}\text{C}$ , Índice de Recirculação = 4

	Válvula de bloqueio atuada por gás - GPLX	Válvula solenóide de dois estágios ON/OFF - PMLX
<i>Material</i>	Carcaça: 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	28
<i>DN [mm]</i>	80 a 150	32 a 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,  $\Delta P = 0,05\text{ bar}$ ,  $T_e = -10^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{liq} = 30^{\circ}\text{C}$ , Índice de Recirculação = 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,  $\Delta P = 0,2\text{ bar}$ ,  $T_e = -10^{\circ}\text{C}$ , 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>	40
<i>ON [mm]</i>	15 a 200
<i>Inserto do filtro</i>	Entrelaçamento de aço inoxidável 100/150/250/500 $\mu$

Exemplo de Aplicação 5.3.2:  
Evaporador DX, com sistema de degelo por gás quente e solução de controle com 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 de líquido ICF, com



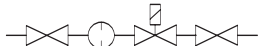
- Válvula de bloqueio na entrada de líquido
- Filtro
- Válvula solenóide
- Operador manual
- Válvula de expansão ICM
- Válvula de bloqueio na entrada do evaporador

② Válvula de bloqueio na saída do evaporador

③ Válvula solenóide de dois estágios

④ Válvula de bloqueio na linha de sucção

⑤ Linha de gás quente ICF, com:



- Válvula de bloqueio
- Filtro
- Válvula solenóide
- Válvula de bloqueio

⑥ Válvula de retenção

⑦ Válvula de retenção

⑧ Válvula de bloqueio conjugada com retenção na linha de descarga

⑨ Regulador de pressão diferencial

⑩ Controlador

⑪ Controlador de superaquecimento

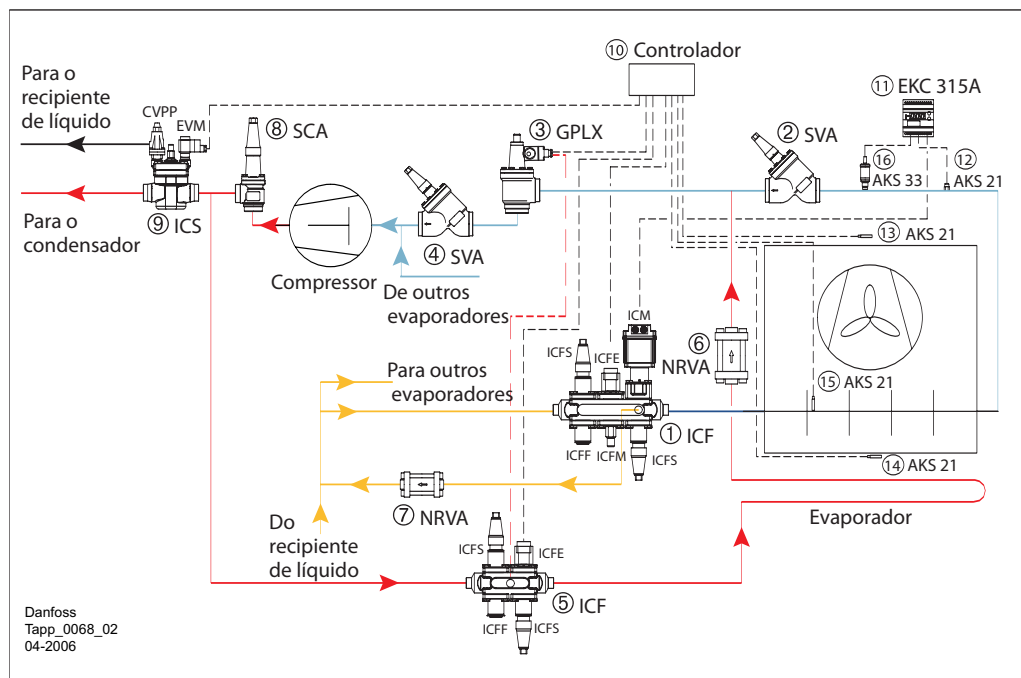
⑫ Sensores de temperatura

⑬ Sensores de temperatura

⑭ Sensores de temperatura

⑮ Sensores de temperatura

⑯ Transmissor de pressão



O exemplo de aplicação 5.3.2 mostra uma instalação para evaporadores DX 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 solução de controle compacta e de fácil instalação.

**Ciclo de Refrigeração**

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

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

**Ciclo de Degelo**

Após o início do ciclo de degelo, a válvula solenóide 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. Leva 45 a 700 segundos para que a válvula solenóide operada por gás GPLX ③ feche, dependendo do tamanho da válvula, volume de refrigerante e temperatura de evaporação. 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 solenóide ICFE na ICF ⑤ é então aberta e fornece gás quente ao evaporador.

Durante o ciclo de degelo, a válvula solenóide piloto EVM da servo válvula ICS fecha de modo que a ICS seja controlada pela CVPP piloto de pressão diferencial. A ICS então gerará uma pressão diferencial delta-P entre a pressão do gás quente e a pressão do recipiente de líquido.

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

Quando a temperatura no evaporador (medida pela AKS 21 ⑮) alcançar o valor de ajuste, o degelo terminará, a válvula solenóide ECFE na ICF ⑤ é fechada, a válvula solenóide piloto EVM da ECS ⑨ é aberta e a válvula solenóide GPLX ③ é aberta.

Devido à alta pressão diferencial entre o evaporador e a linha de sucção, é necessário utilizar uma válvula solenóide de duas velocidades tal como a Danfoss GPLX ③ ou PMLX. A GPLX ③ /PMLX terão uma capacidade de apenas 10% sob 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 estar totalmente aberta, a válvula solenóide de fornecimento de líquido ICFE na ICF ① abrirá para reiniciar o ciclo de refrigeração. O ventilador entra em operação após um atraso para congelar as gotículas de líquido que permaneceram na superfície do evaporador.

**5.4  
Degelo a Gás Quente para  
Resfriadores a Ar com  
Recirculação por 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
- ③ Válvula solenóide
- ④ Válvula de retenção
- ⑤ Válvula de expansão manual
- ⑥ Válvula de bloqueio na entrada do evaporador

**Linha de Sucção**

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

**Linha de gás quente**

- ⑩ Válvula de bloqueio
- ⑪ Filtro
- ⑫ Válvula solenóide
- ⑬ Válvula de bloqueio
- ⑭ Válvula de retenção

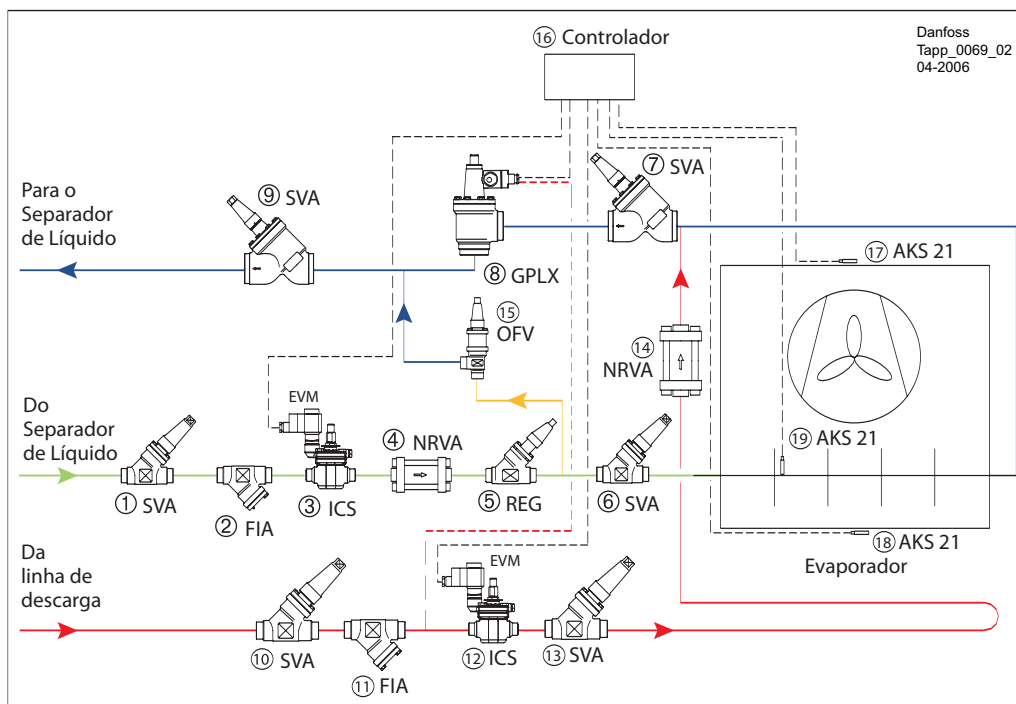
**Linha de alívio da pressão do degelo**

- ⑮ Válvula de alívio

**Controles**

- ⑯ Controlador
- ⑰ Controlador
- ⑱ Controlador
- ⑲ Controlador

**Dados técnicos**



Danfoss  
Tapp\_0069\_02  
04-2006

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

**Ciclo de Refrigeração**

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

A válvula solenóide GPLX ⑧ na linha de sucção é mantida aberta e a válvula solenóide de degelo ICS ⑫ é mantida fechada.

**Ciclo de Degelo**

Após a iniciação do ciclo de degelo, a válvula solenóide de fornecimento de líquido 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. Leva 45 a 700 segundos para que a válvula solenóide operada por gás GPLX feche, dependendo do tamanho da válvula, volume de refrigerante e temperatura de evaporação. 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 solenóide 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 válvula solenóide ICS ⑫ é fechada, e a válvula solenóide ICS ⑧ é aberta.

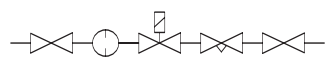
Após a GPLX estar totalmente aberta, a válvula solenóide de fornecimento de líquido ICS ③ abrirá para reiniciar o ciclo de refrigeração. O ventilador entra em operação após um atraso para congelar as gotículas de líquido que

	Válvula 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 5.4.2:  
Evaporador com recirculação por bomba, com sistema de degelo por gás quente utilizando estação de válvula ICF e válvula de bóia SV 1/3

- 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



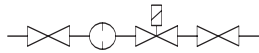
- Válvula de bloqueio na entrada de líquido
- Filtro
- Válvula solenóide
- Válvula de retenção
- Válvula de expansão manual
- Válvula de bloqueio na entrada do evaporador

② Válvula de bloqueio na saída do evaporador

③ Válvula solenóide de dois estágios

④ Válvula de bloqueio na linha de sucção

⑤ Linha de gás quente ICF com:



- Válvula de bloqueio
- Filtro
- Válvula solenóide
- Válvula de bloqueio

⑥ Válvula de retenção

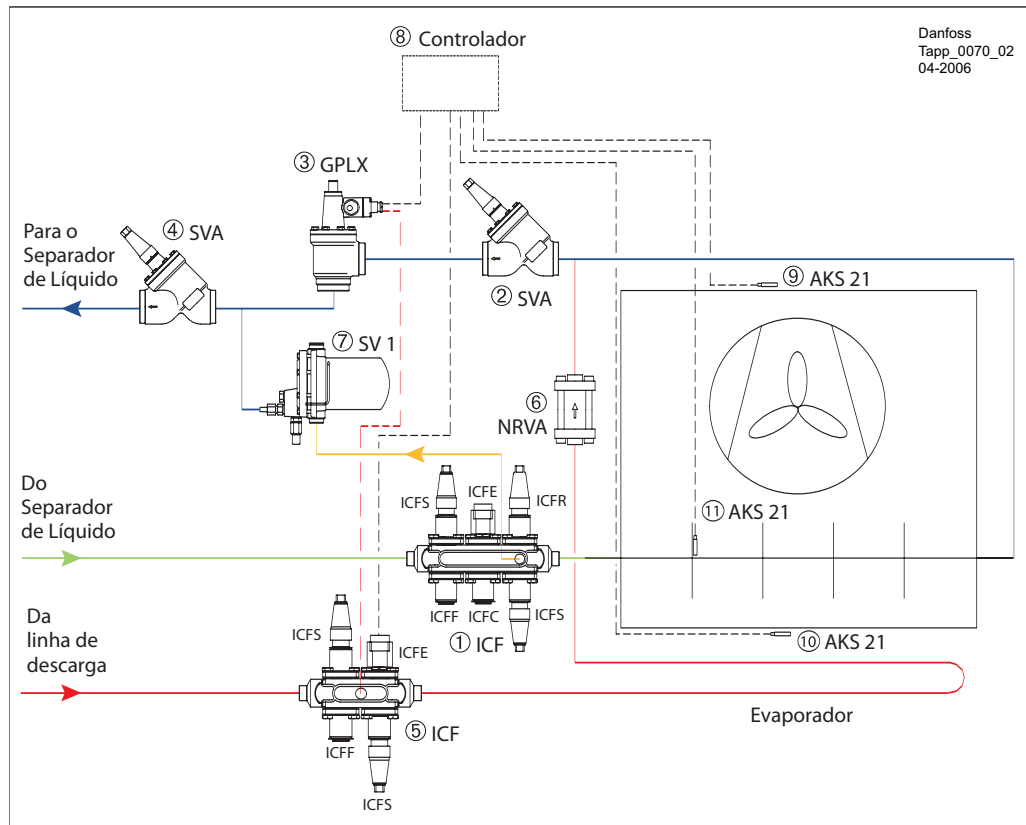
⑦ Válvula de bóia

⑧ Controlador

⑨ Sensores de temperatura

⑩ Sensores de temperatura

⑪ Sensores de temperatura



O exemplo de aplicação 5.4.2 mostra uma instalação para evaporadores com recirculação de líquido com degelo por gás quente utilizando a nova solução de controle ICF e a válvula de flutuador SV 1/3.

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 solenóide 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 solenóide GPLX ③ na linha de sucção é mantida aberta e a válvula solenóide de descongelamento 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 solenóide 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 GPLX fechada. Leva 45 a 700 segundos para que a válvula solenóide operada por gás GPLX ③ feche, dependendo do tamanho da válvula, volume de refrigerante e temperatura de evaporação. 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 solenóide 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 injeção é controlada pela válvula de bóia de alta pressão SV 1 ou 3 ⑦ com uso de um kit interno especial. Em comparação com a válvula de alívio OFV na solução 5.4.1, esta válvula de bóia controla o alívio de acordo com o nível do líquido na câmara de flutuação.

A utilização da válvula de bóia assegura que somente o líquido retorne para a linha de sucção gerando um aumento de eficiência em geral. Além disto, a válvula de bóia é especialmente projetada para o controle de modulação, resultando em um controle muito estável.

Quando a temperatura no evaporador (medida pela AKS 21 ⑪) alcança o valor de ajuste, o degelo está terminado, a válvula solenóide ICFE na ICF ⑤ é fechada e, após algum atraso, a válvula solenóide GPLX ③ é aberta.

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

**5.5**  
**Sistemas com múltiplas**  
**temperaturas**

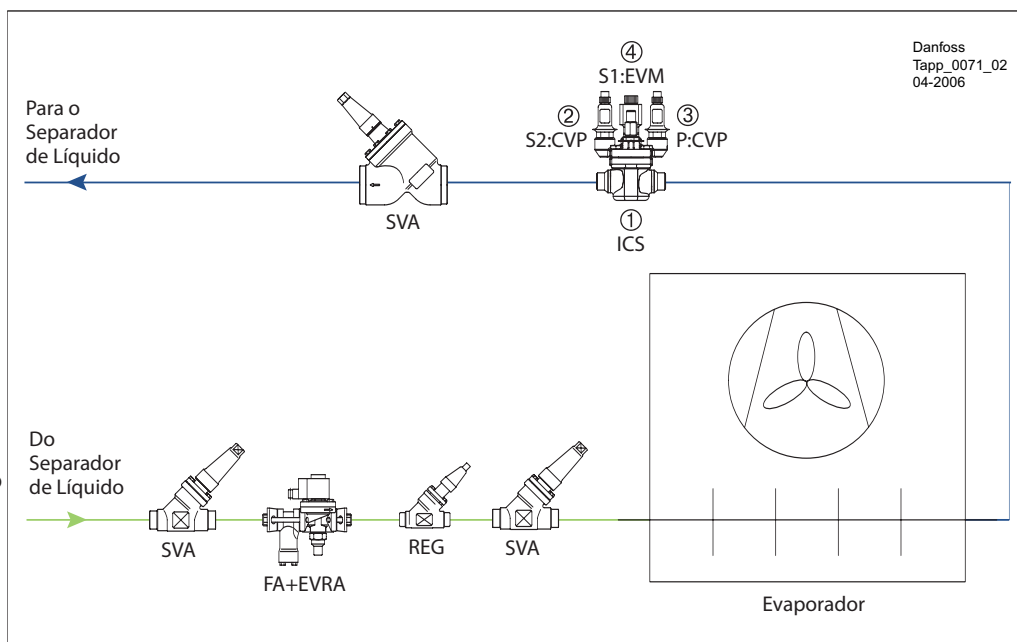
Na indústria de processos, é muito comum utilizar um evaporador para diferentes ajustes de temperatura.

Quando for necessária a operação de um evaporador em duas pressões distintas e fixas de evaporação, isso pode ser obtido utilizando uma servo válvula 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
- ② Válvula piloto reguladora de pressão
- ③ Válvula piloto reguladora de pressão
- ④ Válvula solenóide piloto



Danfoss  
Tapp\_0071\_02  
04-2006

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 DX ou de recirculação por líquido bombeado com qualquer tipo de sistema de degelo.

A servo válvula operada ICS é equipada com uma válvula solenóide piloto EVM (NC) na porta S1 e dois pilotos de pressão constante CVP nas portas S2 e P, respectivamente.

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

Quando a válvula solenóide na porta S1 for energizada, a pressão do evaporador seguirá o ajuste da válvula piloto CVP na porta S1. Quando a válvula solenóide for desenergizada, a pressão do evaporador seguirá o ajuste da válvula piloto CVP na porta 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
Bomba Refrigerante	R22	R22
Pressão de evaporação	3,6 bar	4,4 bar

S2: A CVP é pré-ajustada em 3,6 bar, e  
P: A CVP é pré-ajustada em 4,4 bar.

I: A válvula piloto EVM abre.  
Desta forma, a pressão de evaporação é controlada pela S2: CVP.

II: A válvula piloto EVM fecha.  
Portanto, a pressão de evaporação é controlada por P: CVP.

**5.6**  
**Controle da Temperatura do Meio**

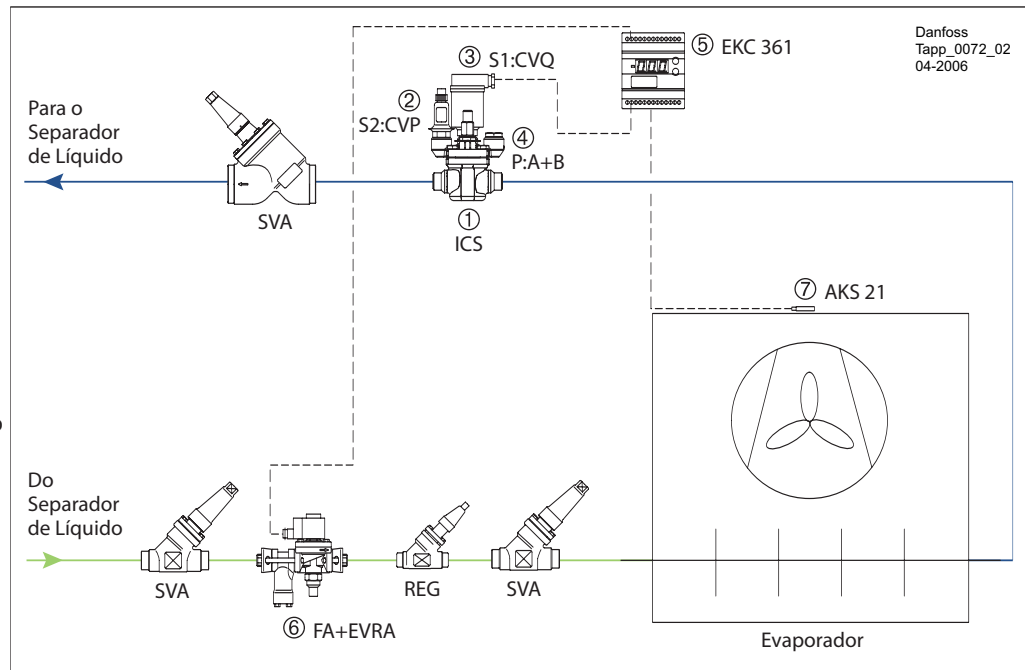
As soluções são fornecidas para quando houver requisitos rigorosos sobre controle preciso de temperatura com relação à refrigeração. Por ex.:

- Câmara frigorífica para frutas e produtos alimentícios.
- Locais de trabalho da indústria alimentícia
- Processo de refrigeração de líquidos

*Exemplo de Aplicação 5.6.1: Controle da temperatura do meio utilizando a válvula operada por piloto ICS*

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

- ① Válvula reguladora de pressão
- ② Válvula piloto reguladora de pressão
- ③ Válvula piloto eletrônica
- ④ Bujão cego
- ⑤ Controlador
- ⑥ Válvula solenóide com filtro
- ⑦ Sensor de temperatura



O exemplo de aplicação 5.6.1 mostra uma solução para o controle preciso da temperatura do meio. Além disso, há a necessidade de proteger o evaporador contra uma pressão muito baixa para evitar o congelamento dos produtos na aplicação.

Esta solução pode ser utilizada para evaporadores DX ou de re-circulação por líquido bombeado com qualquer tipo de sistema de degelo.

A válvula de controle tipo ICS 3 com CVQ na porta S2, controlada pelo controlador de temperatura de meio EKC 361 e CVP na porta S1. A porta P é isolada mediante a utilização de um bujão cego A+B.

A CVP é ajustada de acordo com a pressão mais baixa permitida para a aplicação.

O controlador de temperatura de meio EKC 361 controlará a temperatura na aplicação no nível desejado, controlando a abertura da válvula

piloto CVQ, portanto, controlando a pressão de evaporação para que corresponda à temperatura e carga de refrigeração necessária.

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

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

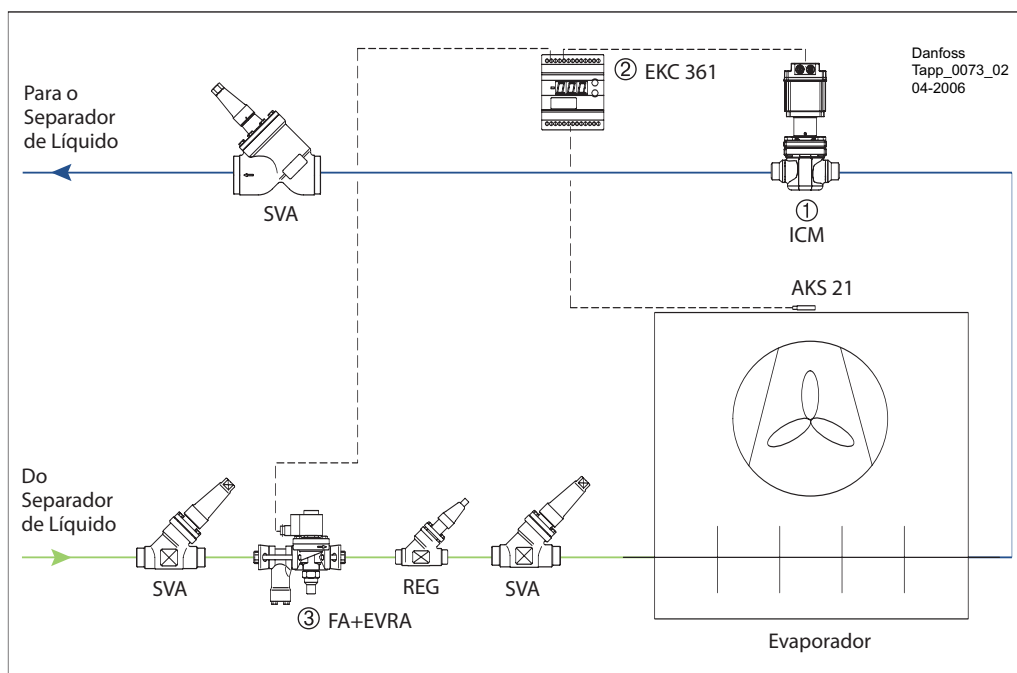
Para obter mais detalhes, consulte o manual do EKC 361 do controlador.



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)
- ② Controlador
- ③ Válvula solenóide com filtro



Danfoss  
 Tapp\_0073\_02  
 04-2006

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 DX ou de recirculação 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 solenóide 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.

**5.7  
Resumo**

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

**Controle da Expansão Direta**

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

**Controle da Circulação do Líquido Bombeado**

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

**Controle de Descongelamento por Gás Quente - Refrigeradores a Ar DX**

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

**Controle de Descongelamento de Gás - Resfriadores a Ar de Circulação por Líquido Bombeado**

Evaporador de recirculação por líquido bombeado, com sistema de degelo por gás quente.		Todos os sistemas recirculados por bomba	Degelo rápido; o gás quente é capaz de carrear o óleo o evaporador de baixa temperatura.	Inadequado para sistemas com menos de 3 evaporadores.
Evaporador de recirculação por líquido bombeado, com sistema de descongelamento por gás quente controlado por SV1/3		Todos os sistemas recirculados por bomba	Degelo rápido; o gás quente é capaz de carrear o óleo 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**

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)	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	A ICM controlará a temperatura de forma bem precisa ajustando o grau de abertura.	A capacidade máxima é de ICM 65.

**5.8  
Literatura de Referência**

Consulte a página 101 para obter a relação das literaturas de referência em ordem alfabética.

**Folheto / Manual Técnico**

Tipo	N° da Literatura
AKS 21	ED.SA0.A
AKS 32R	RD.5G.J
AKS 33	RD.5G.H
AKVA	PD.VA1.B
CVP	PD.HN0.A
CVQ	PD.HN0.A
EVM	PD.HN0.A
EKC 202	RS.8D.Z
EKC 315A	RS.8C.S
EKC 361	RS.8A.E
EVRA(T)	RD.3C.B
FA	PD.FM0.A

Tipo	N° da Literatura
FIA	PD.FN0.A
GPLX	PD.BO0.A
ICF	PD.FT0.A
ICM	PD.HT0.A
ICS	PD.HS0.A
NRVA	RD.6H.A
OFV	RD.7G.D
PMLX	PD.BR0.A
REG	RD.1G.D
SV 1-3	RD.2C.B
SVA	PD.KD0.A
TEA	RD.1E.A

**Instrução do produto**

Tipo	N° da Literatura
AKS 21	RI.14.D
AKS 32R	PI.SB0.A
AKS 33	PI.SB0.A
AKVA	PI.VA1.C   PI.VA1.B
CVP	RI.4X.D
CVQ	PI.VH1.A
EVM	RI.3X.J
EKC 202	RI.8J.V
EKC 315A	RI.8G.T
EKC 361	RI.8B.F
EVRA(T)	RI.3D.A
FA	RI.6C.A

Tipo	N° da Literatura
FIA	PI.FN0.A
GPLX	RI.7C.A
ICF	PI.FT0.A
ICM	PI.HT0.A
ICS	PI.HS0.A
NRVA	RI.6H.B
OFV	PI.HX0.B
PMLX	RI.3FD   RI.3FC
REG	PI.KM0.A
SV 1-3	RI.2B.F
SVA	PI.KD0.B
TEA	PI.AJ0.A

Para baixar a última versão da literatura, visite o site da Danfoss na Internet  
<http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

## 6. Sistemas de óleo

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 CO<sub>2</sub>). 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 Refrigeração de 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.

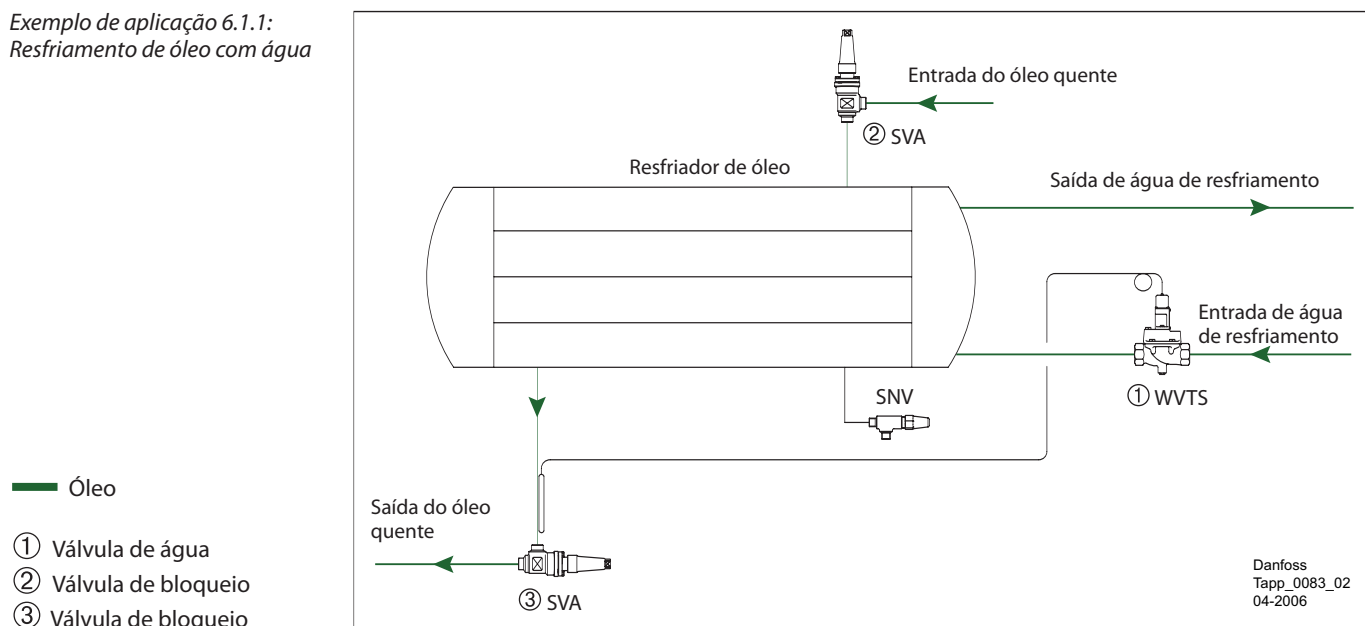
Há alguns diferentes tipos de sistemas de resfriamento de óleo utilizados em refrigeração.

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 porta 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



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 WVT5 ①, que controla o fluxo de água de acordo com a temperatura do óleo.

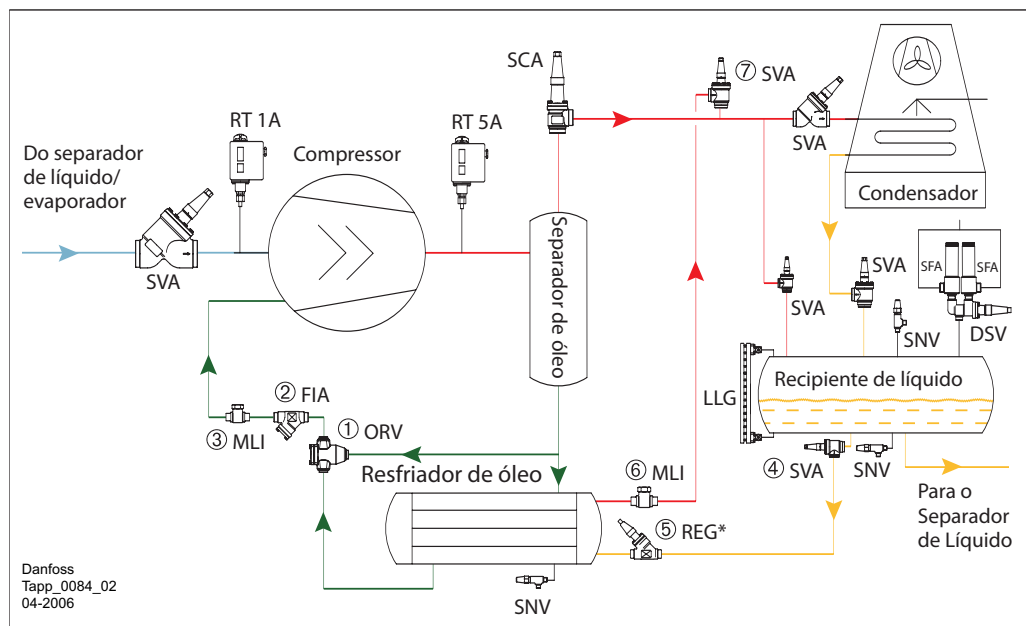
Dados técnicos

	Válvula de água - WVT5
Material	Corpo da válvula: ferro fundido
Meio	Água fresca, salmora neutra
Pressão máxima de trabalho [bar]	10
Faixa de temperatura de operação [°C]	Bulbo: 0 a 90, veja o pedido de compra
	Líquido: -25 a 90
DN [mm]	32 a 100
Valor máx. de Kv [m3/h]	12,5 a 125
	Válvula de água - AVTA
Meio	Água fresca, salmora neutra
Pressão máxima de trabalho [bar]	16
Faixa de temperatura de operação [°C]	Bulbo: 0 a 90, veja o pedido de compra
	Líquido: -25 a 130
DN [mm]	10 a 25
Valor máx. de Kv [m3/h]	1,4 a 5,5

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
- ② Filtro
- ③ Visor do nível de óleo
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Válvula reguladora de pressão manual
- ⑥ Visor do nível de óleo
- 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. Ao contrário, 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 recipiente de líquido estiver colocado muito baixo ou não estiver instalado).

O refrigerante líquido de alta pressão flui do recipiente 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 solenóides dependentes de pressão. Na tubulação de retorno recomenda-se a instalação de um visor de nível de óleo MLI ⑥.

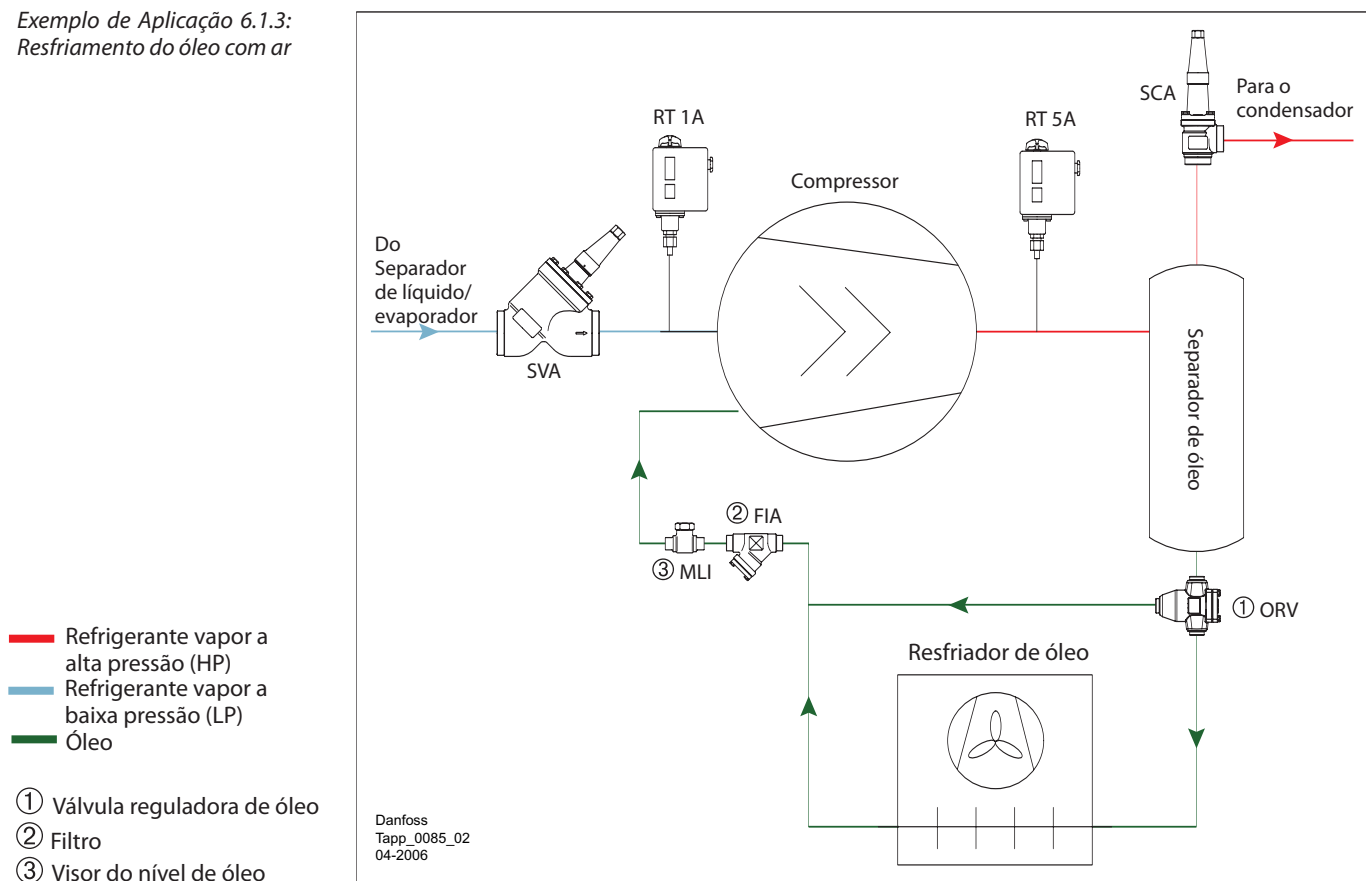
A temperatura do óleo é mantida no nível correto pela válvula de três vias ORV ①. ORV mantém a temperatura do óleo dentro dos limites definidos pelo elemento termostático. Se a temperatura do óleo aumentar muito então todo o óleo retornará para o resfriador de óleo. Se a temperatura do óleo estiver muito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

\* A válvula de regulação REG pode ser útil no caso de resfriador de óleo muito Superdimensionado.

Dados técnicos

	Válvula de regulação de óleo- ORV
<i>Materiais</i>	Corpo da válvula: Aço resistente a baixa temperatura
<i>Meio</i>	Todos os óleos de refrigeração comum e refrigerantes comuns, inclusive o R717
<i>Pressão máxima de trabalho [bar]</i>	40
<i>Faixa de temperatura [°C]</i>	Operação contínua: -10 a 85 Operação curta: -10 a 120
<i>DN (mm)</i>	25 a 80

Exemplo de Aplicação 6.1.3:  
Resfriamento do óleo com ar



É muito comum utilizar resfriadores de óleo resfriados por ar nas unidades compressoras com compressores parafuso semi-herméticos (power RACs).

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

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

**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 HP e LP. O estágio mais crítico é durante a partida.

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.

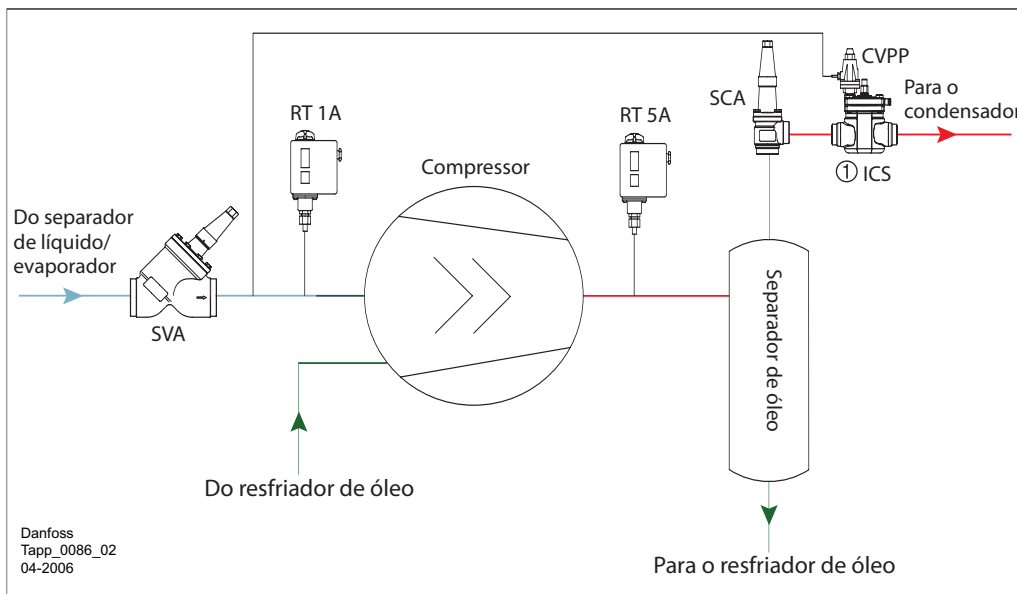
É de vital importância ter uma formação de pressão de óleo rápida, caso contrário o compressor pode ser danificado.

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.

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 servo válvula operada 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

	Servo válvula 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 80
Capacidade nominal* [kW]	20,9 a 864

Condições: R717, linha de gás quente, T<sub>liq</sub> = 30°C, P<sub>disch</sub> = 12bar, ΔP = 0,2bar, T<sub>disch</sub> = 80°C, T<sub>e</sub> = -10°C

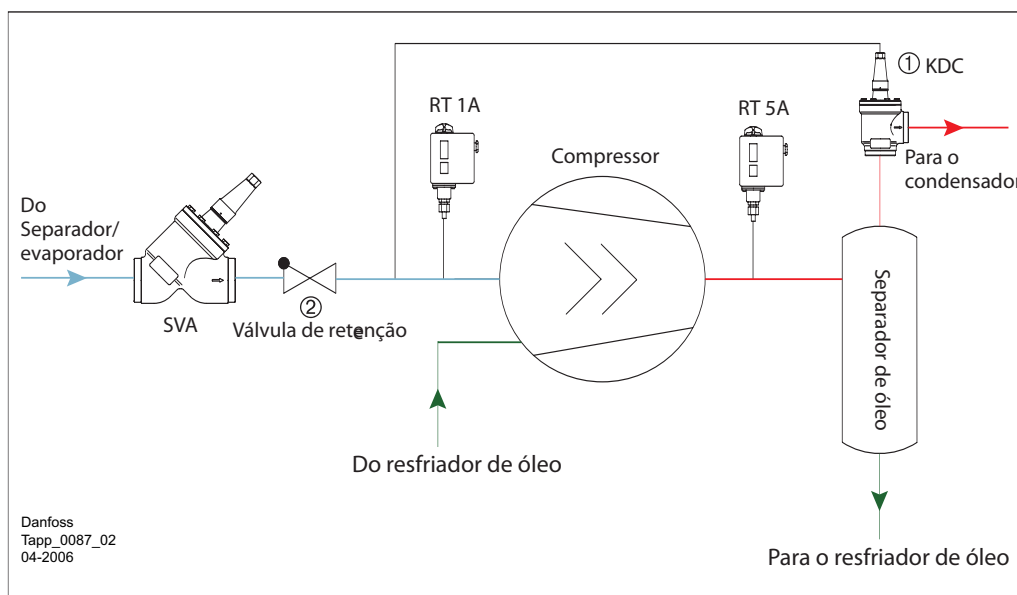
	Piloto de pressão diferencial - CVP (HP)
Material	Corpo: aço inoxidável
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns não inflamáveis, inclusive R717
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	CVPP(HP): 28
Faixa de ajuste [bar]	0 a 7, ou 4 a 22, veja o pedido de compra



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
- ② Válvula de retenção



O princípio de operação para este exemplo é o mesmo que para o exemplo 6.2.1. A válvula 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 tem suas 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 contra-fluxo, 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

Dados técnicos

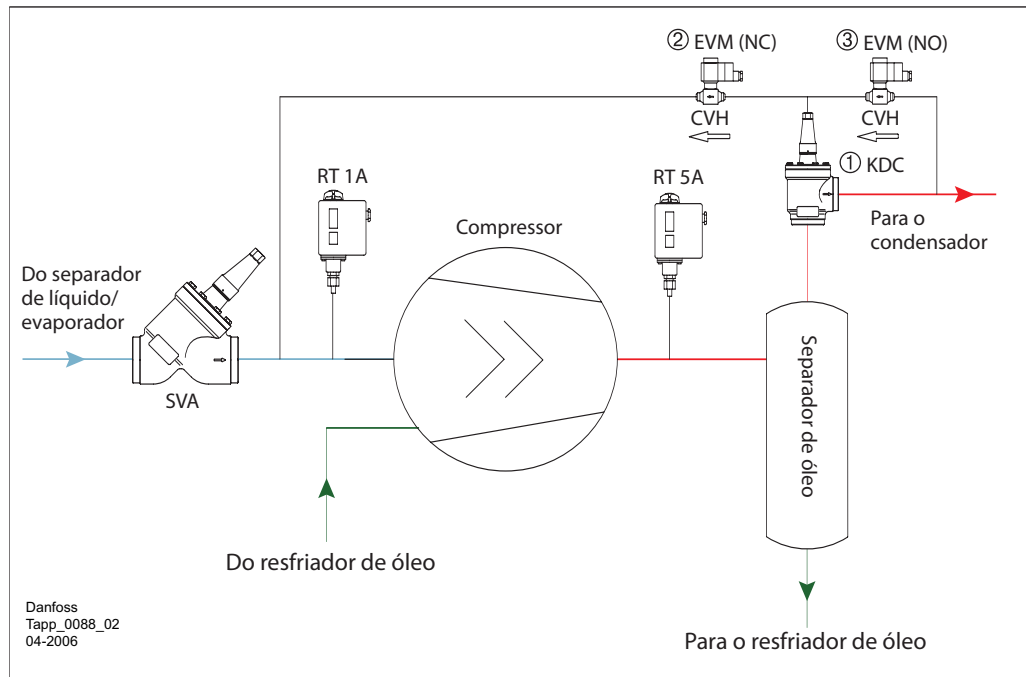
	Válvula multifunção - KDC
Material	Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns, inclusive o R717
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 150
Pressão máxima de trabalho [bar]	40
DN [mm]	65 a 200
Capacidade nominal* [kW]	435 a 4207

\* Condições: R717, +35°C/-15°C, ΔP = 0,05bar

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 de compressor multi-função
- ② Válvula solenóide piloto (normalmente fechada)
- ③ Válvula solenóide piloto (normalmente aberta)



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 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 NC ② deverá ser fechada e a EVM 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.

**6.3**  
**Sistemas de recuperação de óleo**

Normalmente não há a necessidade de óleo para os componentes de instalações de refrigeração industriais exceto para a unidade do compressor.

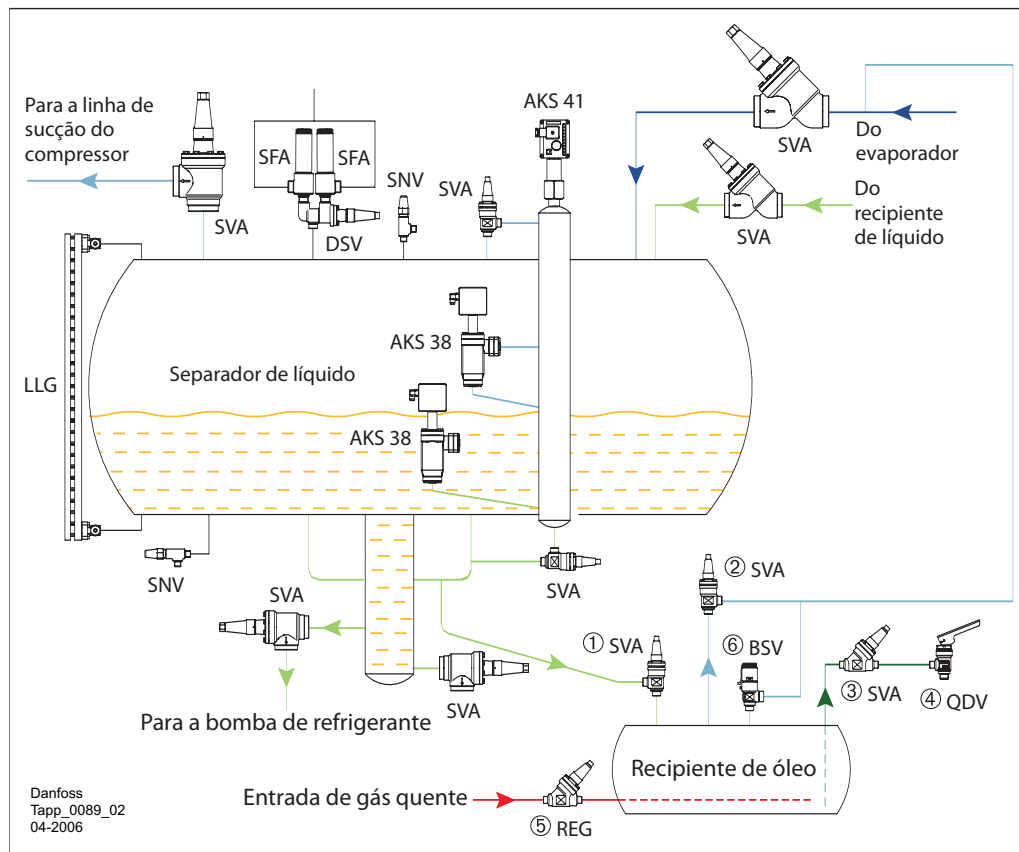
Se houver a saída de muito óleo da unidade do compressor para o sistema, o nível de óleo no compressor cairá abaixo do limite crítico. Desta forma há duas tarefas essenciais para os sistemas de recuperação de óleo são: remover o óleo

Entretanto, o óleo sempre poderá se direcionar para o sistema de separação de óleo na instalação e acabar ficando no lado de baixa pressão nos separadores e evaporadores de líquido, diminuindo sua eficiência.

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 com fechamento rápido
- ⑤ Válvula reguladora
- ⑥ Válvula de alívio de segurança



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

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.

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

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

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

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

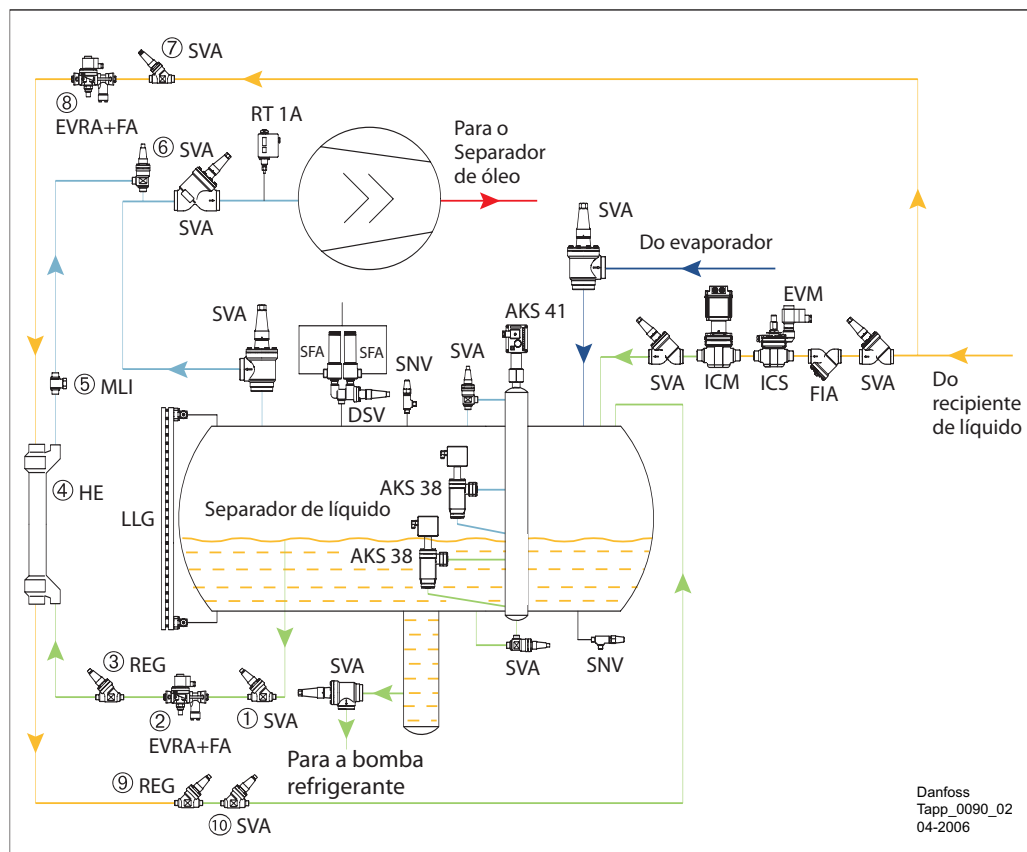
Dados técnicos

	Válvula de drenagem de óleo de fechamento rápido - QDV
Material	Corpo: aço
Refrigerantes	Comumente utilizado com o 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

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 solenóide
- ③ Válvula de regulagem manual
- ④ Trocador de calor
- ⑤ Visor do nível de óleo
- ⑥ Válvula de bloqueio
- ⑦ Válvula de bloqueio
- ⑧ Válvula solenóide
- ⑨ Válvula de regulagem manual
- ⑩ Válvula de bloqueio



Danfoss  
Tapp\_0090\_02  
04-2006

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 comumente utilizado refrigerante fluorado, desta forma é impossível drená-lo de forma simples como nos sistemas de 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 ④ por 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 e regulagem REG ⑤ é ajustada de tal forma a não haver nenhum vestígio do líquido refrigerante no visor de nível MLI ⑤. O trocador 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

6.4  
Resumo

Solução	Aplicação	Benefícios	Limitações	
<b>Sistemas de Refrigeração a Óleo</b>				
Refrigeração por água, válvula de água WVTS		Instalações no mar, instalações com disponibilidade de água a baixo custo.	Simple e eficaz 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 receptor de líquido HP instalado na altura definida.
Resfriamento a ar, ORV		Sistemas de refrigeração comercial para serviços pesados com unidades de alimentação.	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.
<b>Controle de Pressão Diferencial do Óleo</b>				
ICS + CVPP		Compressores helicoidais (devem ser confirmados pelo fabricante do compressor)	Flexível, possibilidades de diferentes ajustes	Necessita da instalação de uma válvula de retenção
KDC			Não requer uma válvula de retenção, queda de pressão mais baixa que a 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 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.
<b>Sistemas de Recuperação de Óleo</b>				
Recuperação de óleo de sistemas de amonía, QDV		Todas as instalações com amonía	Simple e seguro	Necessita de operação manual
Recuperação de óleo de sistemas fluorinados, HE		Sistemas fluorinados de baixa temperatura	Não necessita de operação manual	O ajuste pode ser complicado

**6.5**
**Literatura de Referência**

Consulte a página 101 para obter a relação das literaturas de referência em ordem alfabética.

*Folheto / Manual Técnico*

Tipo	N° da Literatura
BSV	RD.7EB
CVPP	PD.HN0.A
EVM	PD.HN0.A
FIA	PD.FN0.A
HE	RD.6K.A
ICS	PD.HS0.A
KDC	PD.FQ0.A

Tipo	N° da Literatura
MLI	PD.GH0.A
ORV	PD.HP0.A
QDV	PD.KL0.A
REG	RD.1G.D
SVA	PD.KD0.A
WVTS	RD.4C.A

*Instrução do produto*

Tipo	N° da Literatura
BSV	RI.7EA
CVPP	RI.4X.D
EVM	RI.3X.J
FIA	PI.FN0.A
HE	RI.6K.A
ICS	PI.HS0.A
KDC	PI.FQ0.A

Tipo	N° da Literatura
ORV	RI.7J.A
QDV	PI.KL0.A
REG	PI.KM0.A
SVA	PI.KD0.B
WVTS	RI.4D.A

Para baixar a última versão da literatura, visite o site da Danfoss na Internet  
<http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

## 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 aliviar automaticamente a pressão excessiva para uma pressão que não exceda o limite máximo permissível e retornarem à condição normal de operação ajustada tão logo a pressão tenha caído abaixo desta pressão permissível.

**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

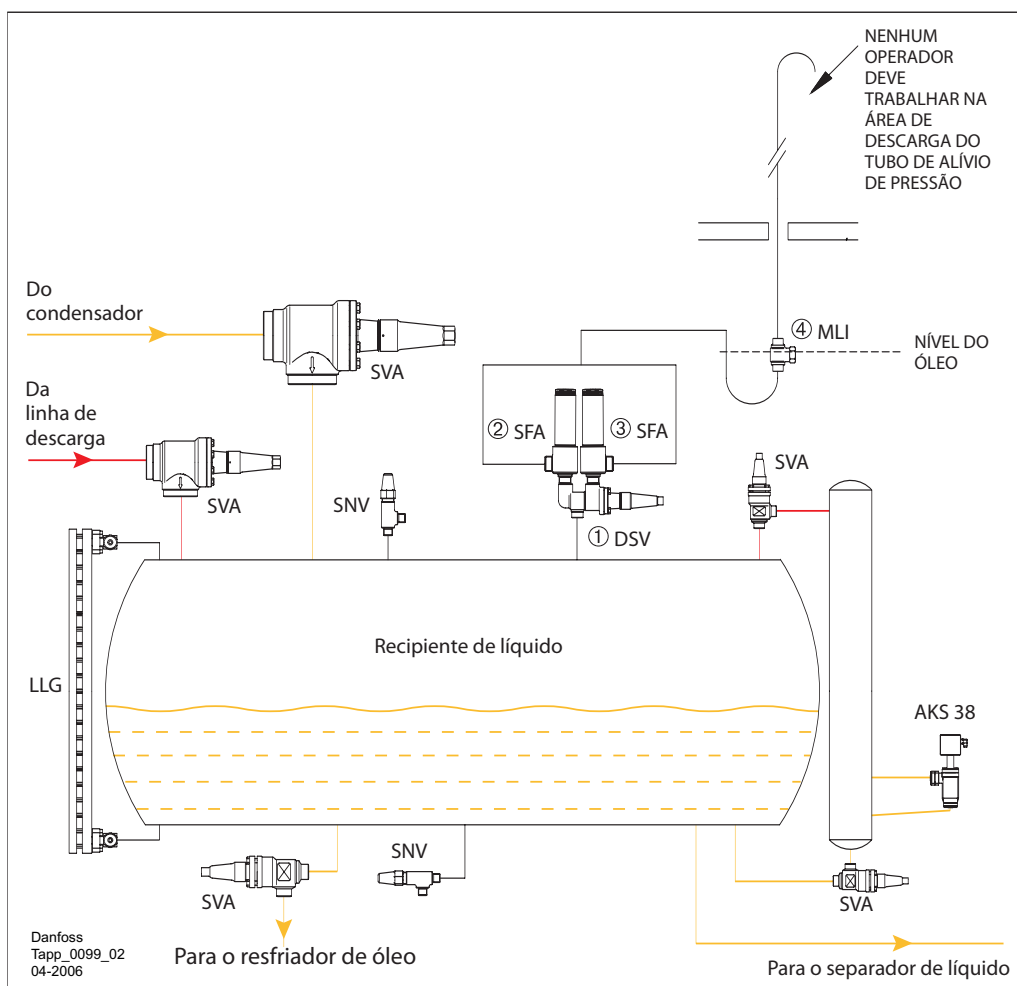
As válvulas de segurança são instaladas para evitar que a pressão no sistema suba acima da pressão máxima permitida com relação a qualquer componente e ao sistema como um todo. Caso ocorra pressão excessiva, as válvulas de segurança aliviam o refrigerante do sistema de refrigeração.

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 baxo do que a original, poderá haver uma perda significativa de refrigerante no sistema.

Exemplo de Aplicação 7.1.1:  
Válvula de Segurança SFA

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

- ① Válvula de bloqueio dupla e de 3 vias
- ② Válvula de alívio de segurança
- ③ Válvula de alívio de segurança
- ④ Visor do nível de óleo



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 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 está descarregando para a atmosfera, pode ser

instalado após a válvula um coletor "tubo-U" cheio de óleo e com um visor de nível MLI ④.

**Observe o seguinte:** 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.

Dados técnicos

	Válvula de alívio de Segurança – SFA
Material	Corpo: Aço especial aprovado para a operação a baixa temperatura.
Refrigerantes	R717, HFC, HCFC e outros refrigerantes (dependendo da compatibilidade com o material de vedação)
Faixa de temperatura do meio [°C]	-30 a 100
Pressão de teste [bar]	Teste de resistência 43 Teste de vazamento: 25
Pressão de ajuste [bar]	10 a 40

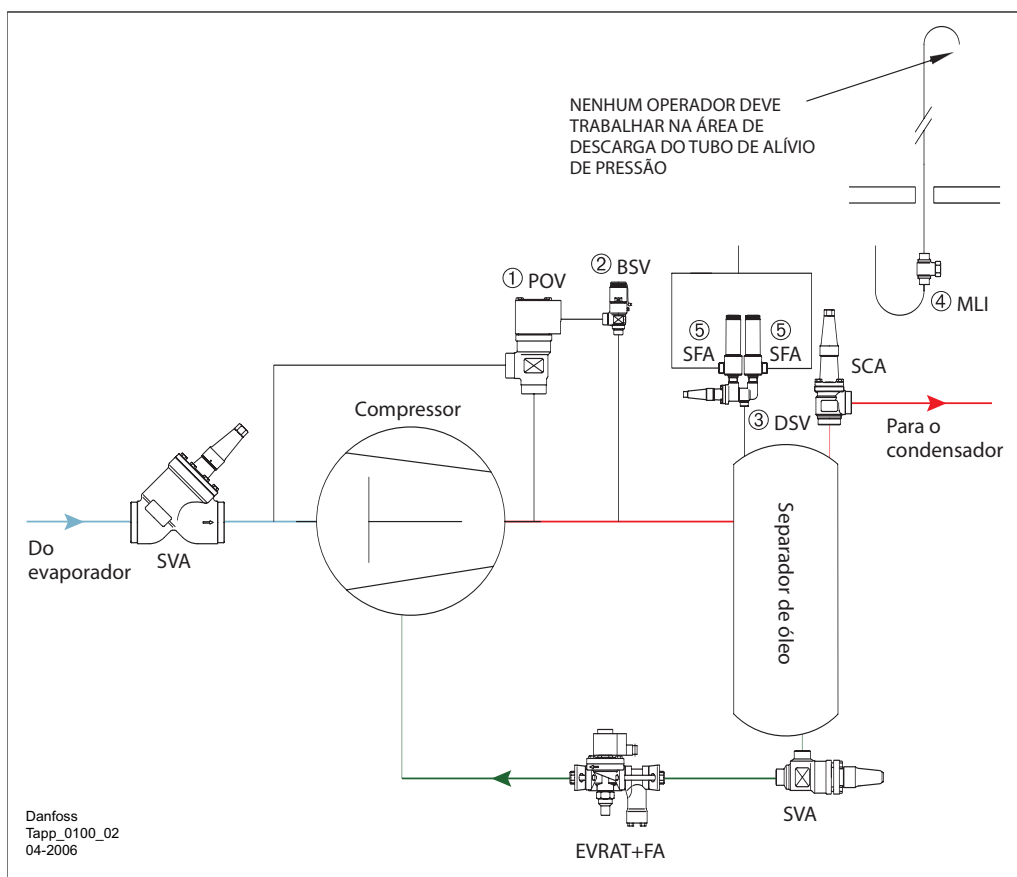
	Válvula de bloqueio de 3 vias – DSV 1/2
Material	Corpo: Aço especial aprovado para operação a baixa temperatura.
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns não inflamáveis, inclusive o R717.
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 100
Pressão máxima de trabalho [bar]	40
Valor de Kv [m <sup>3</sup> /h]	DSV1: 17,5 DSV2: 30



Exemplo de Aplicação 7.1.2:  
Válvulas 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
- ② Válvula de segurança interna
- ③ Válvula de bloqueio dupla e de 3 vias
- ④ Visor no nível de óleo
- ⑤ Válvula de alívio de segurança



Para aliviar o refrigerante do lado de alta pressão para o lado de baixa pressão somente válvulas de alívio 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 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 de 3 vias DSV ③.

Dados técnicos

	Válvula de alívio de segurança - BSV
Material	Corpo: Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura.
Refrigerantes	R717, 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
Pressão de teste [bar]	Teste de resistência: 43 Teste de vazamento: 25

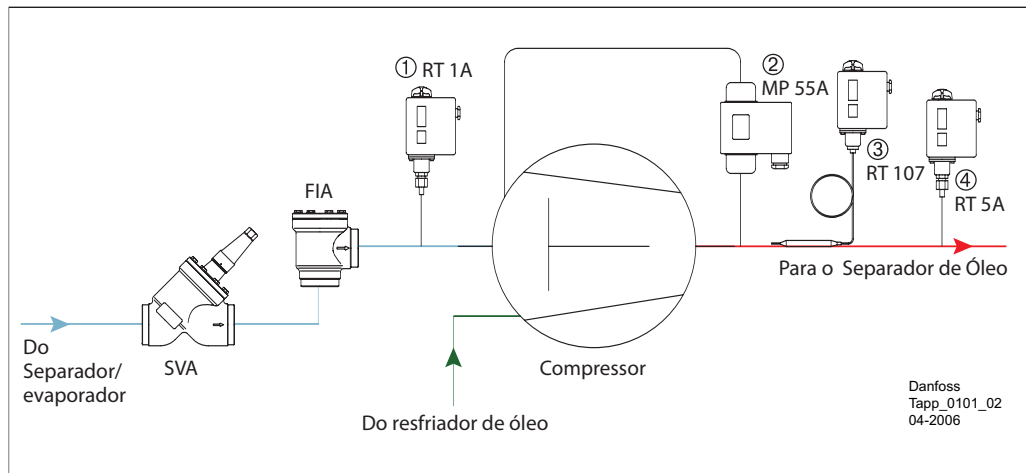
	Válvula de segurança interna operada por piloto - POV
Material	Corpo: aço
Refrigerantes	R717, HFC, HCFC e outros refrigerantes (dependendo da compatibilidade com o material de vedação)
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 150 como uma válvula piloto para a POV
Pressão de ajuste [bar]	15 a 25
Pressão de teste [bar]	Teste de resistência: 50 Teste de vazamento: 25
DN [mm]	40/50/80

**7.2**  
**Dispositivos de Limite 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
- ② Parada por baixa pressão diferencial
- ③ Parada por alta temperatura
- ④ Parada por alta pressão



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. O RT1 A 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.

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, veja a especificação de encomenda
Proteção	IP 66/54, veja a especificação de encomenda
Temperatura máxima do bulbo [°C]	65 a 300, veja a especificação de encomenda
Temperatura ambiente [°C]	-50 a 70
Faixa de ajuste [°C]	-60 a 150, veja a especificação de encomenda
Diferencial $\Delta/t$ [°C]	1,0 a 25,0, veja a especificação de encomenda

	Controle de Pressão Diferencial - MP 54/55/55A
Refrigerantes	MP 54/55: Refrigerantes fluorados
	MP 55A: R717
Proteção	IP 20
Faixa de ajuste LIP [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 LP (baixa pressão)[bar]	-1 a 12

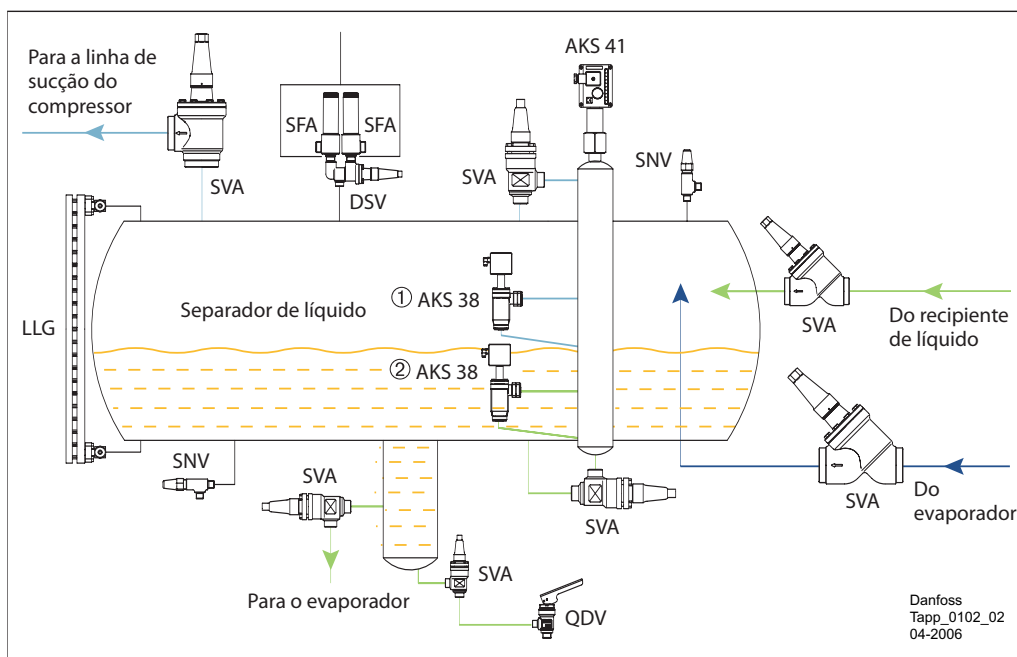
7.3

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
- ② Chave de nível baixo



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

Os recipientes 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.

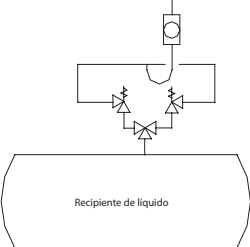
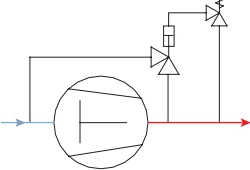
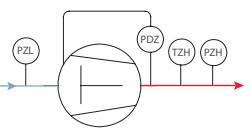

A chave de nível alto é instalada para proteger o compressor contra golpe de líquido.

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

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, veja o pedido de compra
Pressão máxima de trabalho [bar]	25
Comprimento [mm]	185 a 1550

**7.4**
**Resumo**

Solução		Aplicação
<b>Válvulas de Segurança</b>		
Válvulas de segurança SFA + válvula de 3 vias DSV		Proteção de vasos, compressores e trocadores de calor contra pressão excessiva.
Válvula de segurança interna BSV + válvula de segurança interna pilotada POV		Proteção de compressores e bombas contra pressão excessiva
<b>Controles de Corte de Pressão</b>		
Pressostato de corte 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.
<b>Dispositivos de Nível de Líquido</b>		
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		Monitoração visual do nível de líquido refrigerante nos vasos

**7.5**
**Literatura de Referência**

Consulte a página 101 para obter a relação das literaturas de referência em ordem alfabética.

**Folheto / Manual Técnico**

Tipo	Nº da Literatura	Tipo	Nº da Literatura
AKS 38	RD.5M.A	POV	PD.ID0.A
BSV	RD.7FB	RT 1A	RD.5B.A
DSV	PD.IE0.A	RT 107	RD.5E.A
LLG	PD.GG0.A	RT 5A	RD.5B.A
MLI	PD.GH0.A	SFA	PD.IF0.A
MP 55 A	RD.5C.B		

**Instrução do produto**

Tipo	Nº da Literatura	Tipo	Nº da Literatura
AKS 38	RI.5M.A	POV	PI.ID0.A
BSV	RI.7FA	RT 1A	RI.5B.C
DSV	PL.IE0.A./ RI.7D.A	RT 5A	RI.5B.C
LLG	RI.6D.D	SFA	RI.7EF
MP 55 A	RI.5C.E		

Para baixar a última versão da literatura, visite o site da Danfoss na Internet  
<http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

**8. Controles da Bomba do Refrigerante**

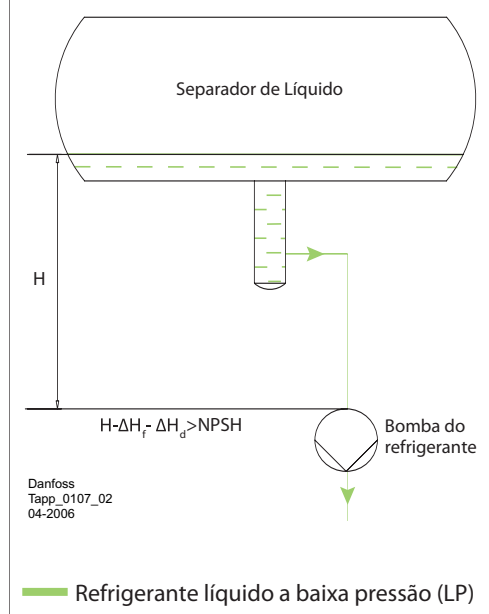
Geralmente os sistemas de refrigeração industrial possuem recirculação por bomba do líquido refrigerante. Há algumas vantagens de recirculação por bomba em comparação com os sistemas tipo DX:

- 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  $\Delta H_f$  através dos tubos e válvulas, perda na entrada do tubo  $\Delta H_{en}$ , e a aceleração do líquido para o rotor da bomba  $\Delta H_p$  (Net Positive Suction Head, ou NPSH da bomba), conforme mostrado na Fig. 8.1.

Fig.8.1  
Instalação da bomba



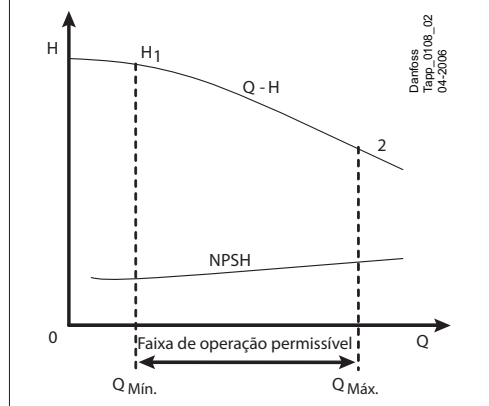
Para manter a bomba de refrigerante com uma operação sem problemas, a vazão através da bomba deve ser mantida dentro da faixa permissível de operação, Fig. 8.2.

Se a vazão for muito reduzida, o calor no motor pode causar a evaporação de algum refrigerante e resultar no funcionamento a seco 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.

Fig. 8.2  
Curva típica Q-H para bombas



**8.1 Proteção para Bomba com Controle de Pressão Diferencial**

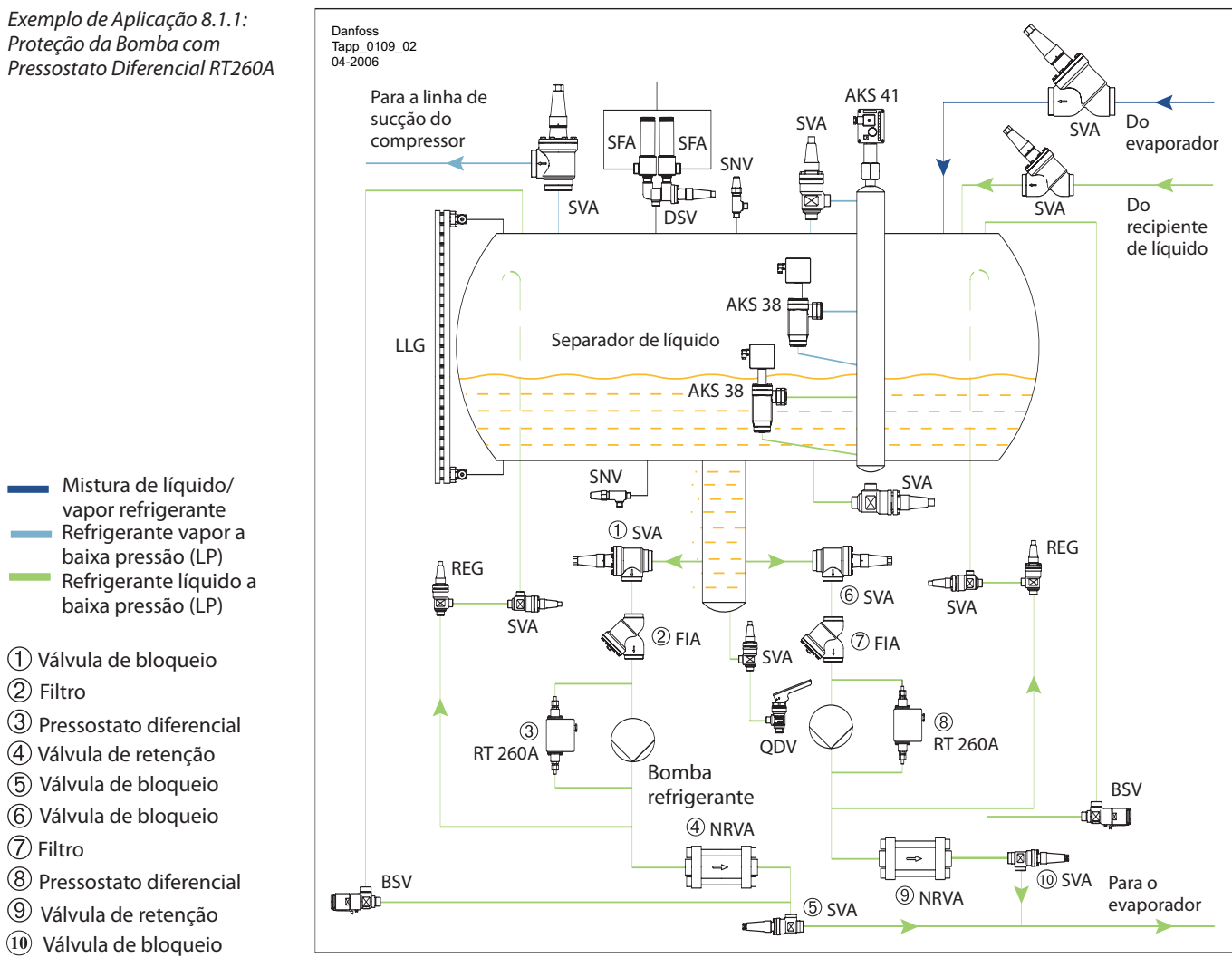
As bombas são facilmente danificadas por cavitação. Para evitar a cavitação é importante manter uma altura manométrica de sucção para a bomba. Para obter uma altura manométrica suficiente, deve-se instalar uma chave de nível baixo AKS 38 no separador de líquido.

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  $H_2$  da Fig. 8.2 (equivalente a  $Q_{máx}$ ).

Exemplo de Aplicação 8.1.1:  
Proteção da Bomba com  
Pressostato Diferencial RT260A



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

Já que a queda de pressão pode levar à cavitação, recomenda-se instalar uma malha 500i. 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.

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

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.

As válvulas de retenção NRVA (4) e (9) são instaladas nas linhas de descarga das bombas para proteger as bombas contra contra-fluxo (pressão) durante inatividade.

Dados técnicos

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

**8.2**  
**Controle da Vazão de**  
**By-Pass da Bomba**

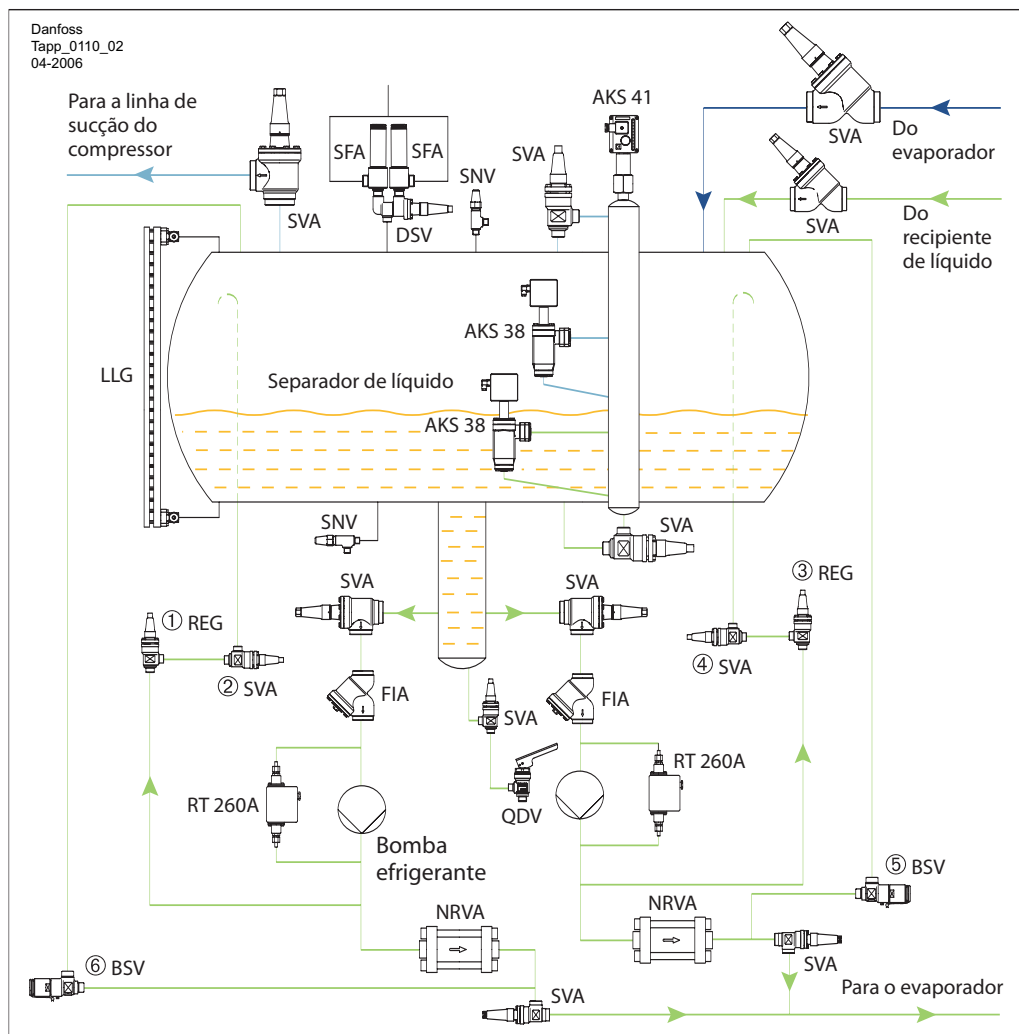
Exemplo de Aplicação 8.2.1:  
Controle da Vazão de  
By-Pass da Bomba com REG

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 by-pass para a bomba.

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

A linha de by-pass pode ser projetada com a válvula de regulagem REG, válvula de alívio de pressão diferencial OFV ou mesmo com apenas um orifício.

- Mistura de líquido/vapor refrigerante
  - Refrigerante vapor a baixa pressão (LP)
  - Refrigerante líquido a baixa pressão (LP)
- ① Válvula de regulagem manual
  - ② Válvula de bloqueio
  - ③ Válvula de regulagem manual
  - ④ Válvula de bloqueio
  - ⑤ Válvula de bloqueio
  - ⑥ Válvula de alívio de segurança interna



A linha de by-pass é projetada com a válvula reguladora REG para cada bomba.

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.

A válvula de segurança interna BSV é projetada para

Dados técnicos

	Válvula de regulagem - REG
Material	Corpo: 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]	40
Pressão de teste [bar]	Teste de resistência: 80 Teste de vazamento: 40
valor Kv [m3/h]	0,17 a 81,4 para válvulas totalmente abertas

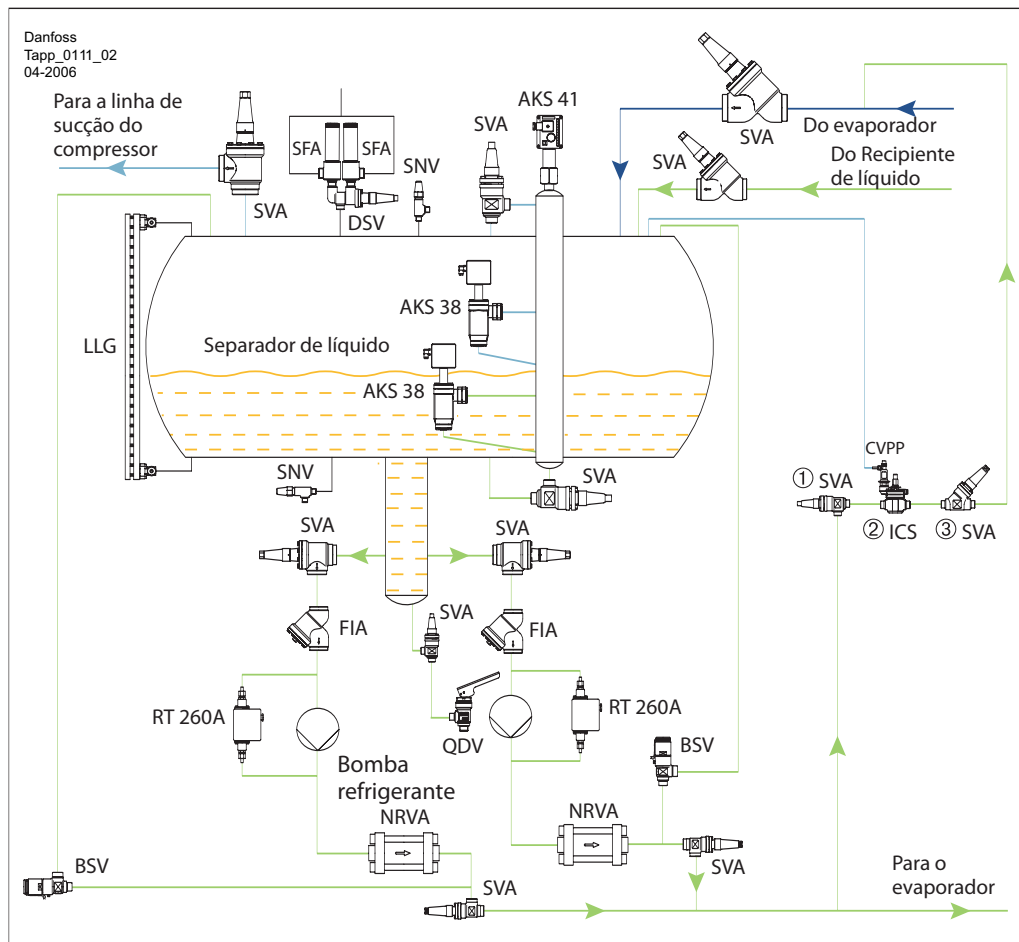
	Válvula de alívio de segurança - BSV
Material	Corpo: Aço especial aprovado para serviço a baixa temperatura..
Refrigerantes	R717, HFC, HCFC e outros refrigerantes (dependendo da compatibilidade com o material de vedação)
Faixa de temperatura do meio [°C]	-30 a 100, como uma válvula de alívio de segurança externa -50 a 100 como uma válvula piloto para a POV
Pressão de ajuste [bar]	10 a 25
Pressão de teste [bar]	Teste de resistência: 43 Teste de vazamento: 25

**8.3**  
**Controle da Pressão da Bomba**

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

Utilizando uma servo válvula controlada por piloto ICS e uma válvula 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
- ③ Válvula de bloqueio

Dados técnicos

	Servo válvula 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 80
	Válvula piloto de pressão constante - CVPP
Material	Corpo: aço inoxidável
Refrigerantes	Todos os refrigerantes comuns não inflamáveis, inclusive R717
Faixa de temperatura do meio [°C]	-50 a 120
Pressão máxima de trabalho [bar]	CVPP(HP): 28 CVPP(LP): 17
Faixa de ajuste [bar]	0 a 7, ou 4 a 22, veja o pedido de compra
Valor $K_v$ [m <sup>3</sup> /h]	0,4



**8.4  
Resumo**

Solução		Aplicação	Benefícios	Limitações
<b>Proteção da Bomba com Controle de Pressão Diferencial</b>				
Proteção da Bomba com pressostato diferencial RT260A		Aplicável a todos os sistemas de recirculação por bomba	Simples. Efetivo na proteção da bomba contra pressão diferencial baixa (correspondente a uma vazão alta).	Não aplicável a refrigerantes inflamáveis.
<b>Filtro e Válvula de Retenção</b>				
Filtro FIA e válvula de retenção NRVA na linha de bomba		Aplicável a todos os sistemas de recirculação 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.
<b>Controle da Vazão de By-Pass da Bomba</b>				
Controle da vazão de by-pass com REG e proteção com válvula de alívio de segurança BSV.		Aplicável a todos os sistemas de recirculação 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 perdida.
<b>Controle da Pressão da Bomba</b>				
Controle da pressão da bomba com ICS e CVPP.		Aplicável a todos os sistemas de recirculação por bomba que requerem uma pressão diferencial constante por todas as válvulas de regulação antes dos evaporadores	Mantém uma pressão diferencial constante e um índice de recirculação para os evaporadores.	Parte da potência da bomba perdida.

**8.5  
Literatura de Referência**

Consulte a página 101 para obter a relação das literaturas de referência em ordem alfabética.

**Folheto / Manual Técnico**

Tipo	Nº da Literatura	Tipo	Nº da Literatura
BSV	RD.7FB	NRVA	RD.6H.A
CVPP	PD.HN0.A	REG	RD.1G.D
FIA	PD.FN0.A	RT 260A	RD.5B.A
ICS	PD.HS0.A	SVA	PD.KD0.A

**Instruções do produto**

Tipo	Nº da Literatura	Tipo	Nº da Literatura
BSV	RI.7FA	NRVA	RI.6H.B
CVPP	RI.4X.D	REG	PI.KM0.A
FIA	PI.FN0.A	RT 260A	RI.5B.B
ICS	PI.HS0.A	SVA	PI.KD0.B

Para baixar a última versão da literatura, visite o site da Danfoss na Internet  
<http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

## 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; já os ácidos são gerados pela decomposição de refrigerantes e óleos; e as partículas normalmente vêm dos resíduos de solda, reação entre os refrigerantes e 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 solenóides, 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 ácida, 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, eixo de manivelas, barras de came, 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.

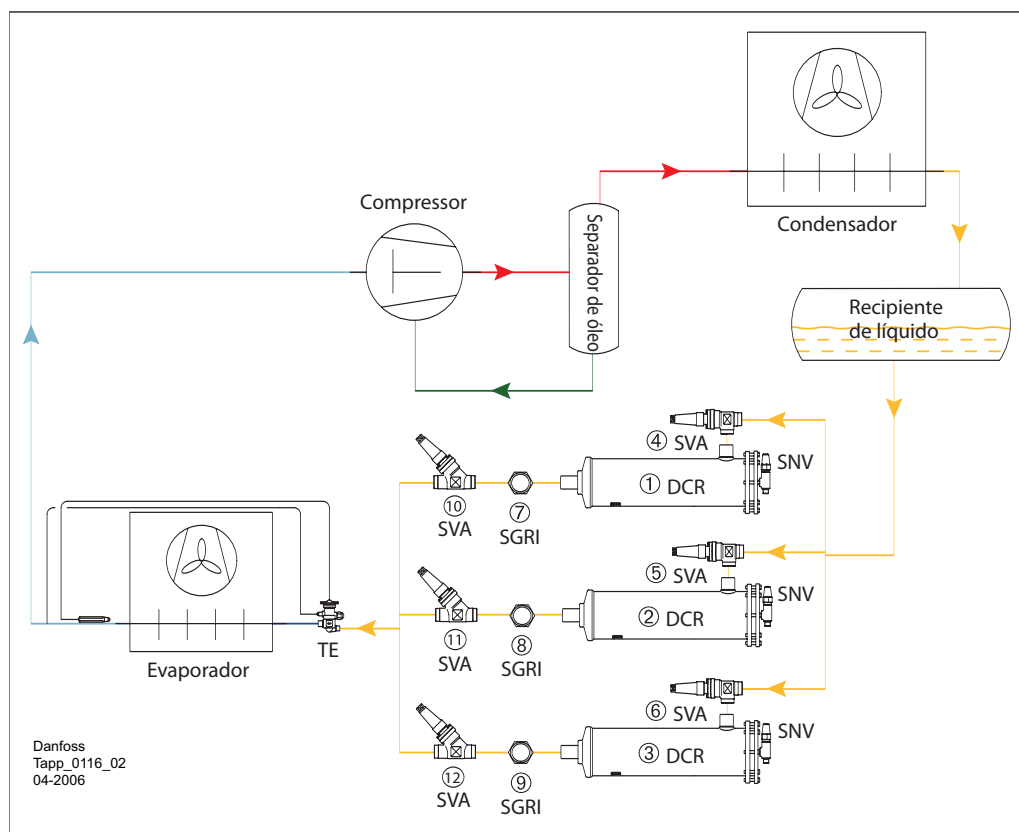
A função do filtro constitui a proteção física e inclui a retenção de partículas e impurezas de qualquer tipo. Isto minimiza o desgaste e mau funcionamento do compressor, protegendo-o contra danos e prolongando significativamente sua vida útil.

---

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
- ② Filtro secador
- ③ Filtro secador
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Válvula de bloqueio
- ⑥ Válvula de bloqueio
- ⑦ Visor do nível de óleo
- ⑧ Visor do nível de óleo
- ⑨ Visor do nível de óleo
- 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 Co<sub>2</sub>;
- **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 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	Carçaça: aço
Pressão máxima de trabalho [bar]	HP: 46, veja a especificação de encomenda
Faixa da temperatura de operação [°C]	-40 a 70
Núcleos sólidos	DM/DC/DA

**9.2**  
**Filtros Secadores em**  
**Sistemas com CO<sub>2</sub>**

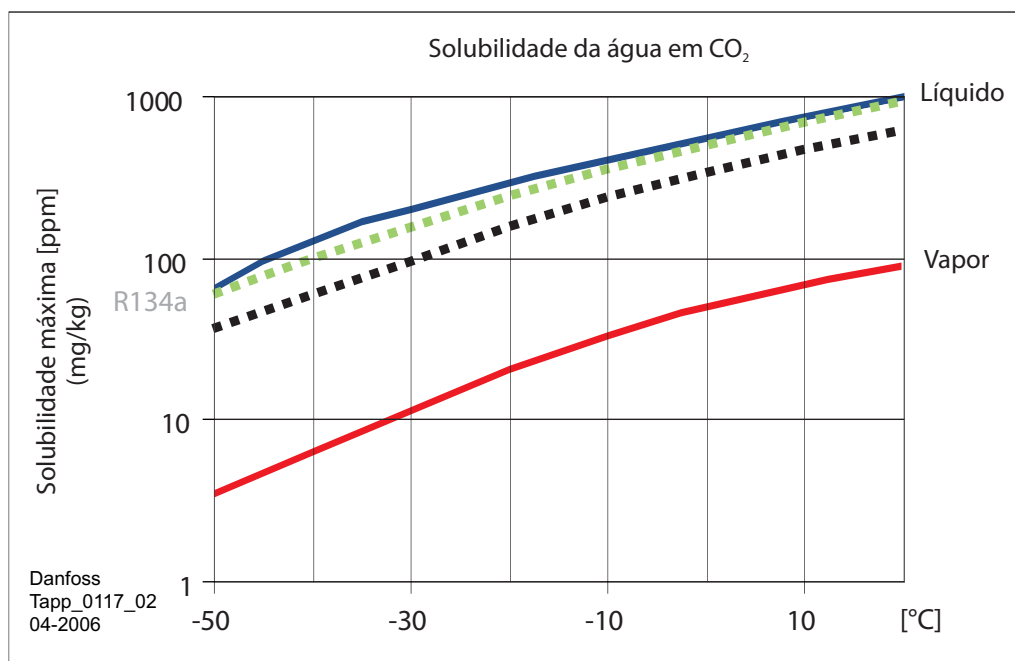
Em muitos aspectos o CO<sub>2</sub> é um refrigerante bem mais complicado, mas oferece alguns recursos exclusivos em comparação com os refrigerantes comuns. Uma das vantagens é a solubilidade de água em CO<sub>2</sub>. Conforme mostrado na figura abaixo, há pouca diferença entre a solubilidade em ambas as fases, ou seja, de líquido e vapor do R134a. No entanto, com o CO<sub>2</sub> esta diferença é bem significativa.

O que ocorre com o sistema com fluorado também ocorrerá com os sistemas de CO<sub>2</sub> quando água, ácidos e partículas estiverem presentes no sistema, por ex., bloqueio por partículas e corrosão por ácidos.

Além disso, a solubilidade exclusiva do CO<sub>2</sub> aumentará o risco de congelamento em sistemas de CO<sub>2</sub>.

No evaporador, quando o CO<sub>2</sub> líquido evaporar, a solubilidade da água no refrigerante diminuirá significativamente, especialmente quando a taxa de recirculação estiver próximo a um. Isto gera o risco de aparecimento de água livre. Se isto ocorrer e a temperatura estiver abaixo de 0°C, a água livre congelará e os cristais de gelo poderão bloquear as válvulas de controle, válvulas solenóides, filtros e outros equipamentos.

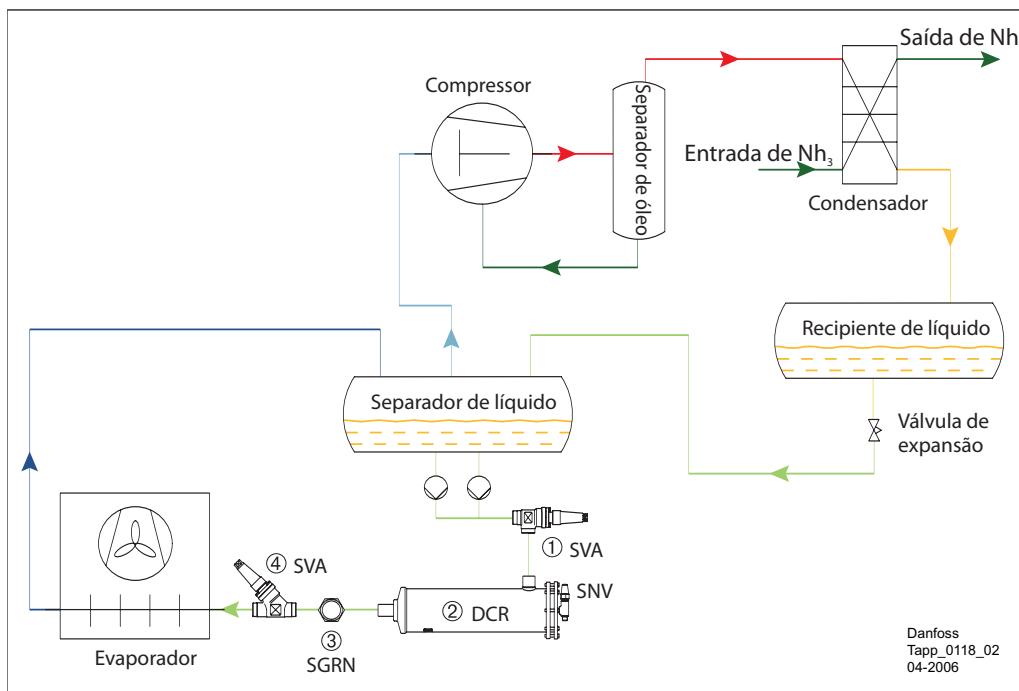
A instalação de filtros secadores é ainda o método mais eficiente para evitar o congelamento mencionado acima, bloqueios e reações químicas. O filtro secador de tipo zeolite, comumente utilizado em sistemas fluorados, se mostrou comprovadamente efetivo para os sistemas de CO<sub>2</sub>. Para instalar os filtros secadores em um sistema de CO<sub>2</sub>, a solubilidade exclusiva da água também deve ser levada em consideração.



Exemplo de Aplicação 9.2.1:  
Filtro secadores em sistemas de circulação por líquido bombeado de CO<sub>2</sub>

- 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
- ③ Visor do nível de óleo
- ④ Válvula de bloqueio



Danfoss  
Tapp\_0118\_02  
04-2006

Para instalar um filtro secador em um sistema de CO<sub>2</sub>, os seguintes critérios devem ser considerados:

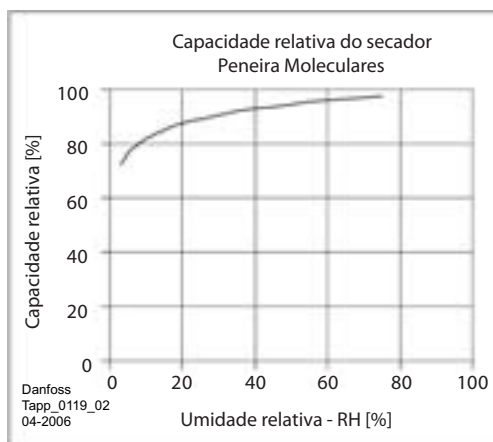
- **Umidade Relativa**  
Conforme mostrado na figura abaixo, quando o RH estiver muito baixo, a capacidade do filtro secador diminuirá rapidamente.
- **Queda de Pressão**  
A queda de pressão por todo o filtro secador deve ser pequena. O desempenho do sistema não deve ser sensível a esta queda de pressão.
- **Fluxo em 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 recirculação por CO<sub>2</sub> bombeado, recomenda-se que os filtros secadores sejam instalados nas linhas de líquido antes dos evaporadores. Nestas linhas, o RH é alto, 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 o RH é baixo. No separador de líquido, há mais de 90% de água na fase líquida devido à solubilidade bem menor do vapor de CO<sub>2</sub> em comparação com o líquido. Portanto, pouca água é levada para o loop do compressor pelo vapor de sucção. Se forem instalados filtros secadores neste laço, 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.

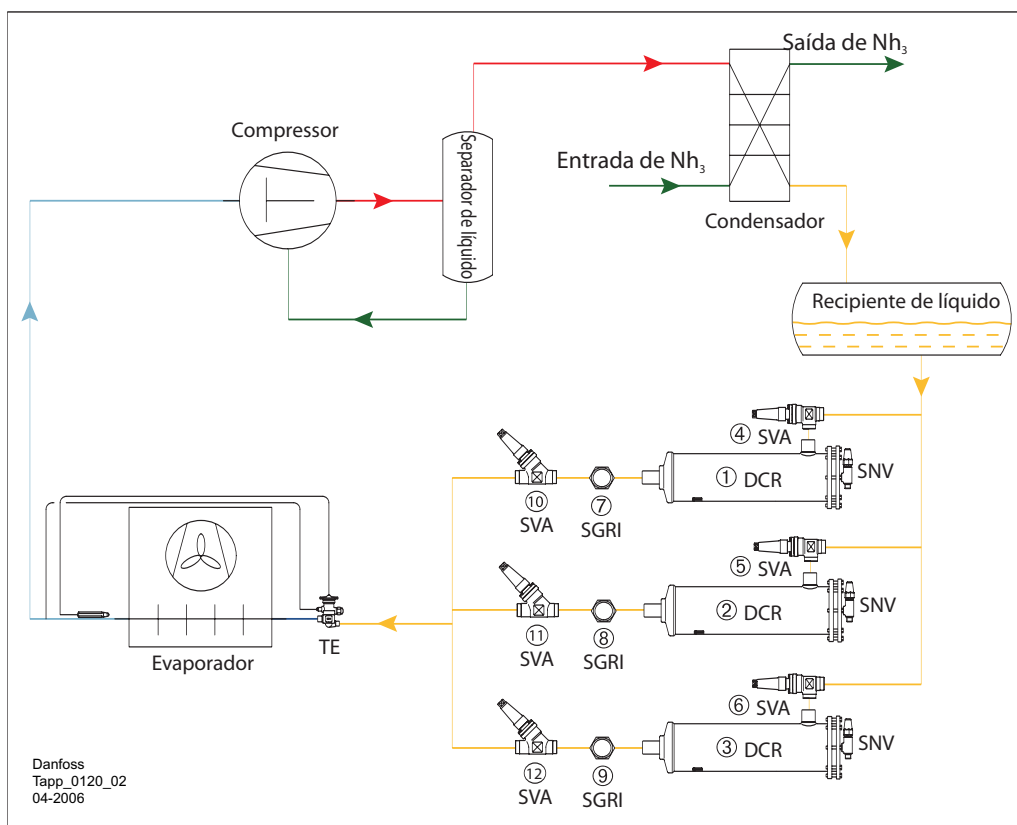


Danfoss  
Tapp\_0119\_02  
04-2006

Exemplo de Aplicação 9.2.2:  
Filtros secadores em sistemas de CO<sub>2</sub> 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 Filtro secador
- ② Filtro secador
- ③ Filtro secador
- ④ Válvula de bloqueio
- ⑤ Válvula de bloqueio
- ⑥ Válvula de bloqueio
- ⑦ Visor do nível de óleo
- ⑧ Visor do nível de óleo
- ⑨ Visor do nível de óleo
- ⑩ Válvula de bloqueio
- ⑪ Válvula de bloqueio
- ⑫ Válvula de bloqueio



Em um sistema de CO<sub>2</sub> DX, a concentração de água é a mesma por todo o sistema de modo que o nível de RH corresponde somente à solubilidade da água do refrigerante.

Apesar disto, o RH na linha de líquido antes da válvula de expansão é relativamente pequeno devido à alta solubilidade da água na alta temperatura do CO<sub>2</sub> líquido. Recomenda-se, ainda, que os filtro 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 dos RHs serem altos.
2. Na linha de líquido, após a válvula de expansão, a instalação do secador de filtro também deverá ser evitada devido ao fluxo de duas fases.

### 9.3 Remoção de Água para Sistema de Amônia

O problema de água no amoníaco é exclusivo quando comparado com sistemas fluorinados e de CO<sub>2</sub>:

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 DX: 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 conterà 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 despercebidas:

- **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 do 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., resfriadores 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.

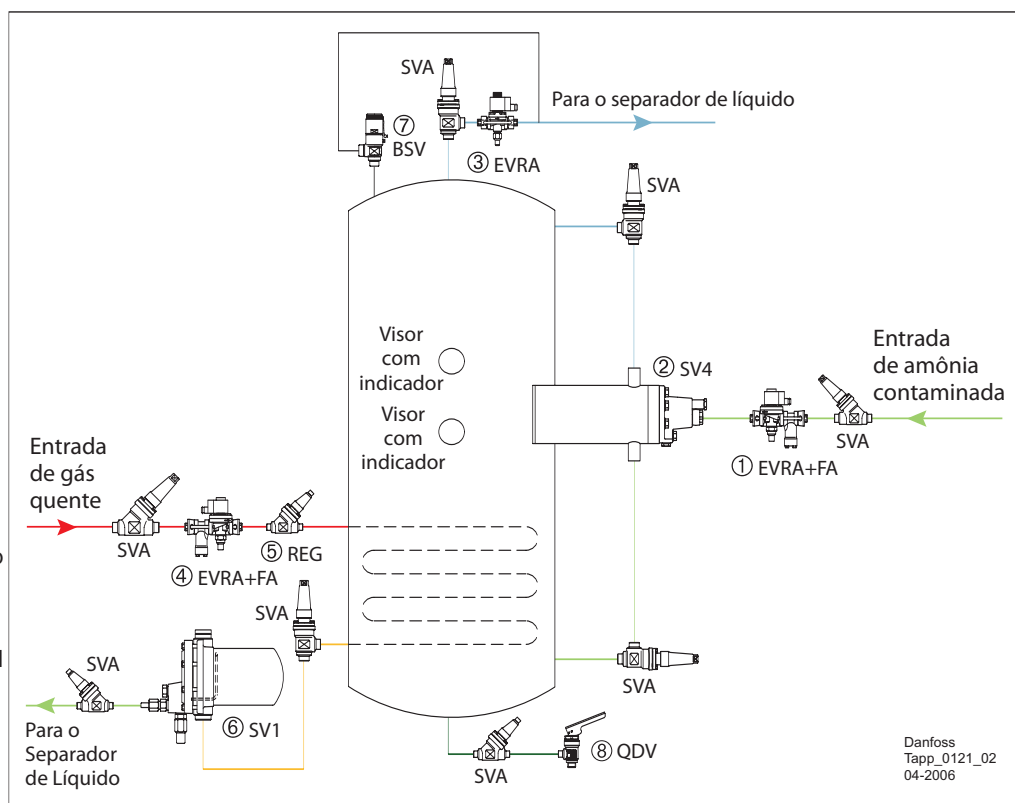
Para obter mais informações sobre a contaminação e remoção de água nos sistemas de refrigeração de amônia, consulte o boletim 108 IAR.

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 9.3.1:  
Retificador de água aquecido  
por gás quente controlado  
por válvulas de bóia

- 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 solenóide
- ② Válvula de bóia de baixa pressão
- ③ Válvula solenóide
- ④ Válvula solenóide
- ⑤ Válvula de regulagem manual
- ⑥ Válvula de bóia de alta pressão
- ⑦ Válvula de alívio de segurança interna
- ⑧ Válvula de drenagem rápida



Danfoss  
Tapp\_0121\_02  
04-2006

**Procedimentos para a remoção da água:**

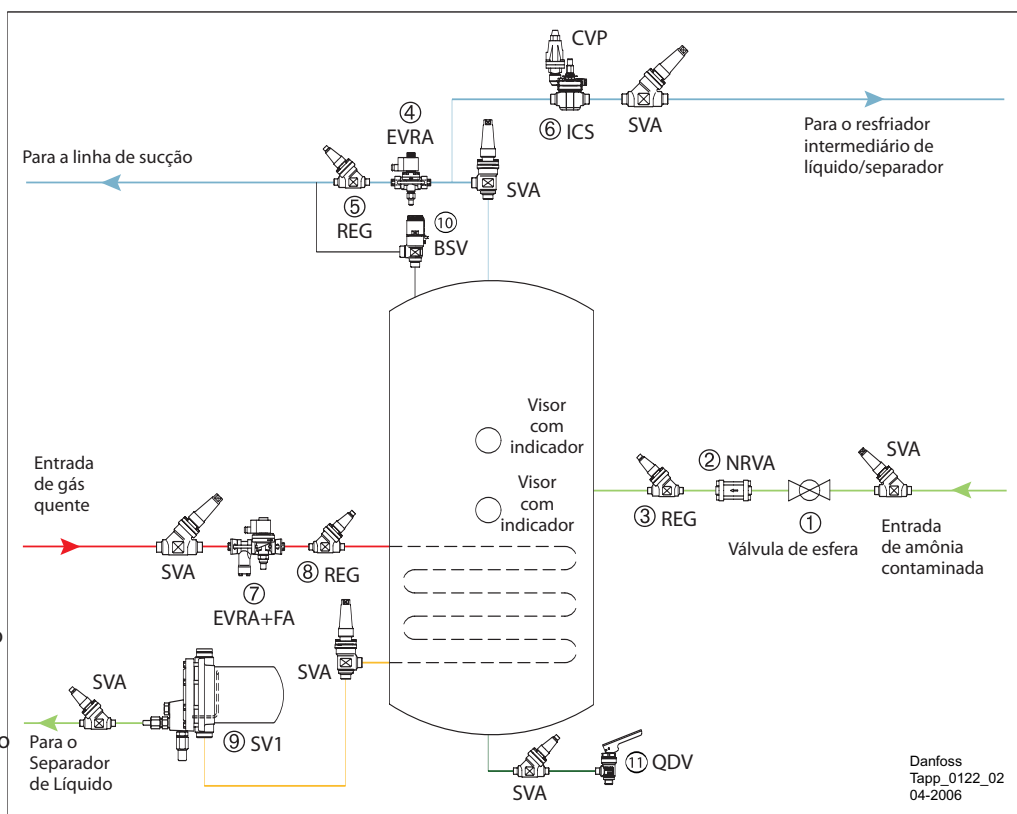
1. Energize a válvula solenóide EVRA ① e ③. A amônia contaminada é drenada para o vaso de retificação. A válvula de bóia SV4 ② fechará quando o nível do líquido no vaso alcançar o nível de ajuste.
  2. Energize a válvula solenóide EVRA ④. O gás quente é alimentado à serpentina dentro do vaso e começa a aquecer a amônia contaminada. A amônia começa a se evaporar e a água permanece no líquido. A válvula de bóia SV1/3 ⑥ completa com um kit especial interno (mostrado em linhas pontilhadas) controla a vazão de gás quente de acordo com a carga de aquecimento e mantém a temperatura de aquecimento na temperatura de condensação do gás quente. Quando a amônia se evapora no vaso e o nível de líquido cai, a válvula de bóia SV4 ② abre e drena mais amônia contaminada para dentro do vaso.
  3. Quando o retificador estiver concluído, os níveis dos vasos e da serpentina se estabilizarão e as válvulas de bóia ② e ⑥ fecharão. Desenergize a válvula solenóide ① e ④, então abra a válvula SVA e drene a válvula QDV ⑧ e drene a água remanescente do vaso.
  4. Feche a válvula de drenagem QDV ⑧ e pare a válvula SVA. Então desenergize a válvula solenóide ③ para parar o processo de remoção de água, ou, se necessário, repita a etapa 1 para continuar o processo.
- Para considerações de segurança, a válvula de alívio de segurança BSV ⑦ é instalada no vaso para evitar o acúmulo de pressão excessiva.



Exemplo de Aplicação 9.3.2:  
Retificador de água aquecido  
por gás quente equipado com  
válvula de bóia e válvula de esfera

- 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 esfera
- ② Válvula de retenção
- ③ Válvula de regulagem
- ④ Válvula solenóide
- ⑤ Válvula de regulagem
- ⑥ Válvula reguladora de pressão
- ⑦ Válvula solenóide
- ⑧ Válvula de regulagem
- ⑨ Válvula de bóia de alta pressão
- ⑩ Válvula de alívio de segurança interna
- ⑪ Válvula de drenagem rápida



Danfoss  
Tapp\_0122\_02  
04-2006

Este é um processo de remoção de água manual.

*Etapas para a remoção da água:*

1. Energize a válvula solenóide EVRA ④, e então abra a válvula de esfera ①. A amônia contaminada do lado de baixa pressão é drenada para dentro do retificador. Quando a amônia no vaso alcançar o nível necessário (monitore através dos visores de nível), feche a válvula de esfera ① e desenergize a válvula solenóide EVRA ④.
2. Energize a válvula solenóide EVRA ⑦. O gás quente é alimentado para a serpentina dentro do vaso e começa a aquecer a amônia contaminada, com a amônia evaporando e a água permanecendo no líquido. A válvula de bóia ⑨ com um kit especial interno (mostrado em linhas pontilhadas) controla a vazão de gás quente de acordo com a carga

de aquecimento e mantém a temperatura de aquecimento na temperatura de condensação do gás quente.

3. Quando a ebulição no vaso parar (monitore através dos visores de nível), desenergize a válvula solenóide EVRA ⑦, abra a válvula de drenagem QDV ⑩ para drenar a água do vaso.

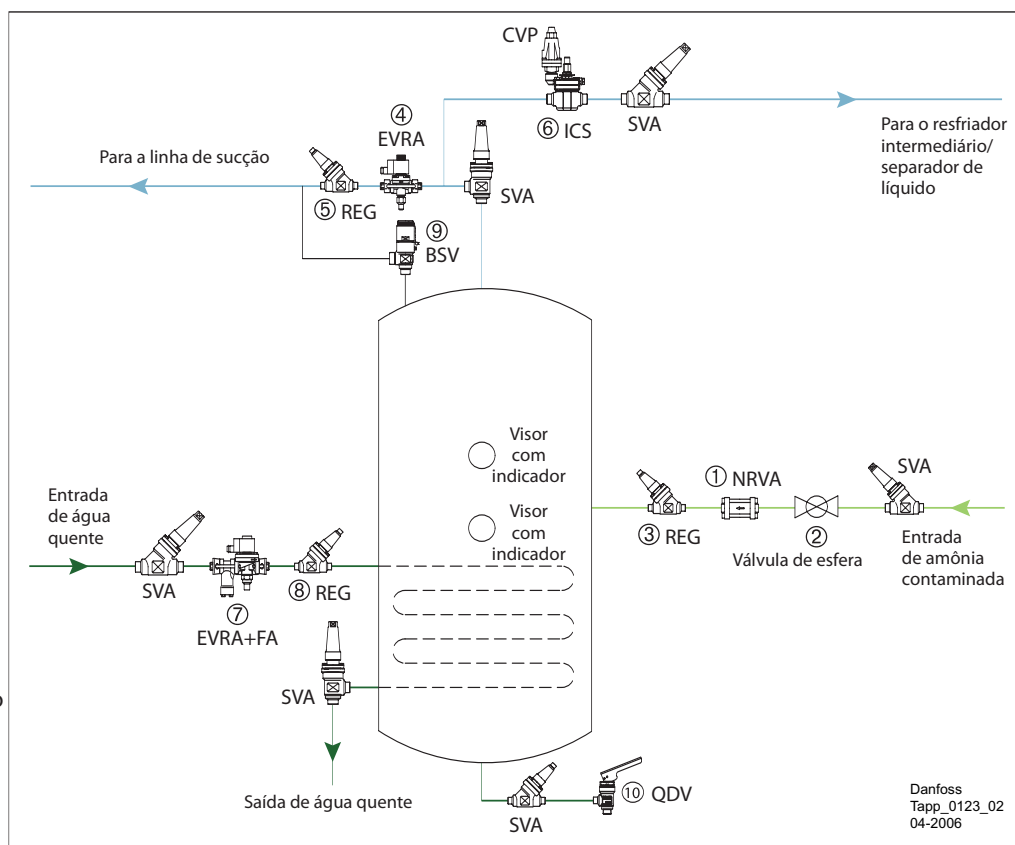
Durante a destilação, é importante manter a pressão e temperatura adequada no vaso. A temperatura não deve ser muito alta, caso contrário a água se evaporará. Adicionalmente, a temperatura não deve ser muito baixa, caso contrário muita amônia permanecerá no vaso como líquido e será desperdiçada na drenagem. Isto é garantido pela servo válvula ICS ⑥ com a válvula piloto de pressão constante CVP, que mantém a pressão no vaso em um nível ideal.

Para considerações de segurança, a válvula de alívio de segurança BSV ⑩ é instalada no vaso para evitar o acúmulo de pressão excessiva.

Exemplo de Aplicação 9.3.3:  
Retificador de água aquecido  
por água quente

- 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 esfera
- ② Válvula de retenção
- ③ Válvula de regulagem manual
- ④ Válvula solenóide
- ⑤ Válvula de regulagem manual
- ⑥ Válvula reguladora de pressão
- ⑦ Válvula solenóide
- ⑧ Válvula de regulagem manual
- ⑨ Válvula de alívio de segurança interna
- ⑩ Válvula de drenagem rápida



Danfoss  
Tapp\_0123\_02  
04-2006

Este é um processo de remoção de água manual, sendo a água quente a fonte de aquecimento. Água quente fornecida via recuperador de calor.

*Etapas para a remoção da água:*

1. Energize a válvula solenóide EVRA ④ , e então abra a válvula de esfera ① . A amônia contaminada do lado de baixa pressão é drenada para dentro do retificador. Quando a amônia no vaso alcançar o nível necessário (monitore através dos visores de nível), feche a válvula de esfera ① e desenergize a válvula solenóide EVRA ④ .
2. Abra a válvula solenóide EVRA ⑦ . O gás quente é alimentado para a serpentina dentro do vaso e começa a aquecer a amônia contaminada, com a amônia evaporando e a água permanecendo no líquido.
3. Quando a ebulição no vaso parar (monitore através dos visores de nível), desenergize a válvula solenóide EVRA , abra a válvula de

drenagem QDV ⑩ para drenar a água do vaso. Durante a destilação, é importante manter a pressão e temperatura adequada no vaso. A temperatura não deve ser muito alta, caso contrário a água se evaporará. Adicionalmente, a temperatura não deve ser muito baixa, caso contrário muita amônia permanecerá no vaso como líquido e será desperdiçado na drenagem. Isto é garantido pela servo válvula ICS ⑥ com a válvula piloto de pressão constante CVP, que mantém a pressão no vaso em um nível ideal.

Para considerações de segurança, a válvula de alívio de segurança BSV ⑨ é instalada no vaso para evitar o acúmulo de pressão excessiva.

**9.4**  
**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 receptor, 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 HVAC (Hidráulica, Ventilação e Ar Condicionado) e Equipamentos Manuais, Gases não Condensáveis).

Outros fabricantes estimam os riscos e os custos associados com o lado do compressor. À 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**

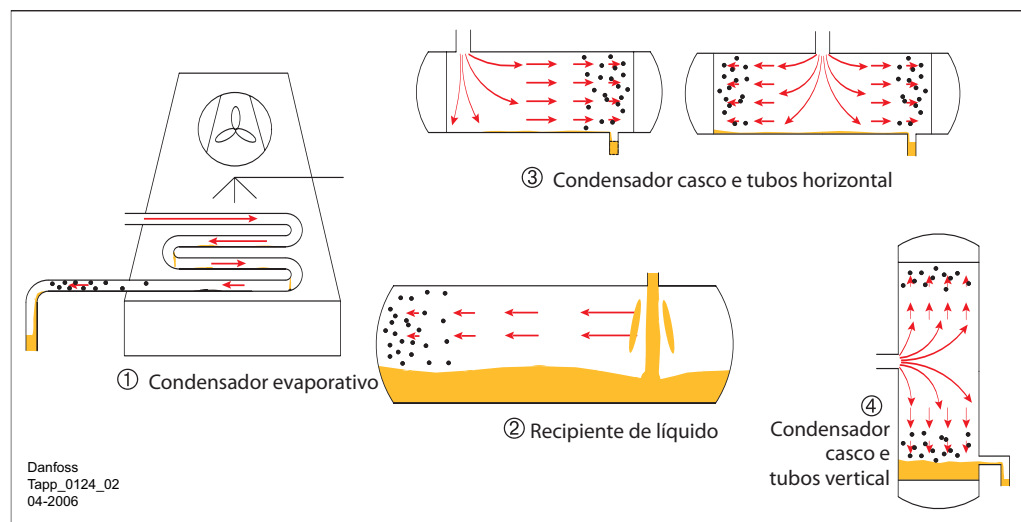
O ar ou gases não condensáveis podem ser purgados para fora do sistema manualmente. Isto é executado pelo pessoal da manutenção e pode levar a perdas excessivas de refrigerante.

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 idéia 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.

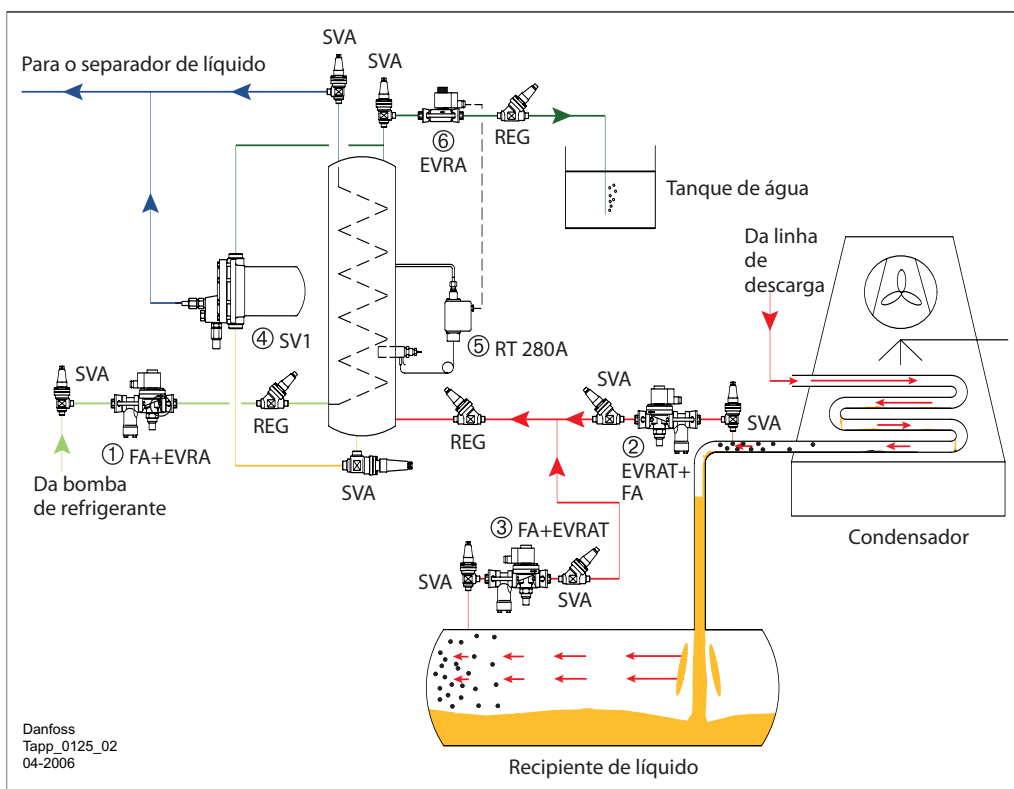
Os locais onde ocorrem acúmulo maior de ar são representados pelos pontos pretos. Estes locais com alto conteúdo de ar são pontos de onde devem ser feitas as purgas de ar.



Exemplo de Aplicação 9.4.1:  
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)
- Óleo

- ① Válvula solenóide
- ② Válvula solenóide
- ③ Válvula solenóide
- ④ Válvula de bóia
- ⑤ Pressostato
- ⑥ Válvula solenóide



**Etapas para a purga de ar:**

1. Energize a válvula solenóide 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 solenóide EVRA ② ou ③. 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 SV1 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 solenóide EVRA ⑥ e purga algum ar do vaso.

**9.5**  
**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:

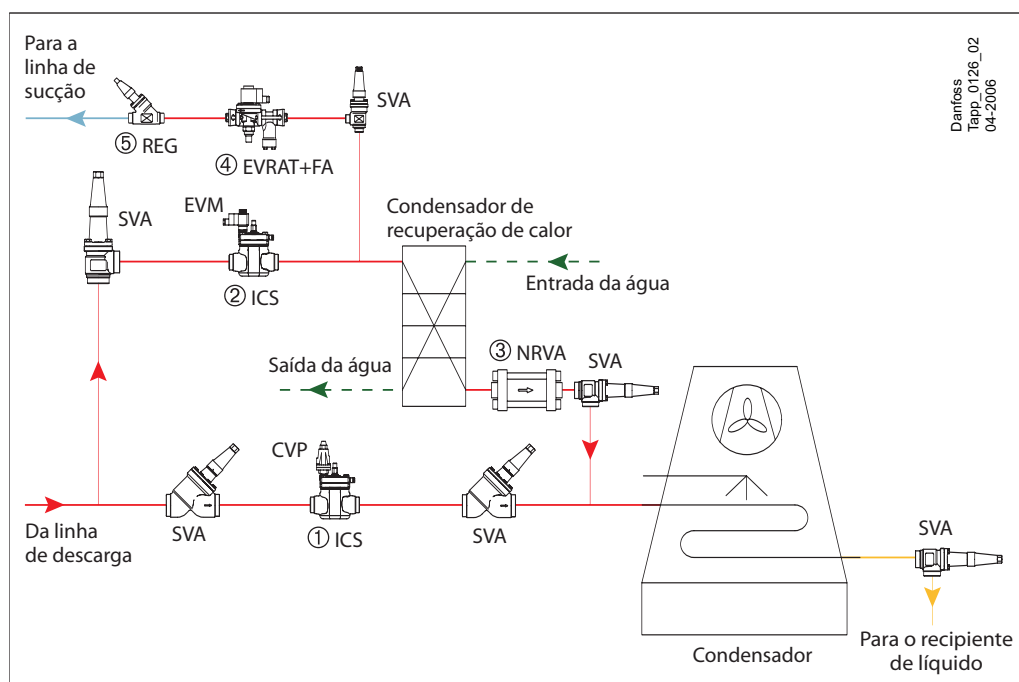
1. A função básica da refrigeração deverá ser assegurada independente do fato da recuperação de calor estar ou não em operação. A pressão de condensação não deve se elevar em excesso quando a recuperação de calor cessar. Além disto, para sistemas DX, a pressão de condensação não deve ser muito baixa (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 ON/OFF (liga / desliga) 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 9.5.1:*  
*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)
- Óleo

- ① Regulador de pressão
- ② Válvula solenóide
- ③ Válvula de retenção
- ④ Válvula solenóide
- ⑤ Válvula de regulagem manual



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 (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 piloto solenóide EVM, através de um temporizador, termostato, etc. O gás quente entra no condensador de recuperação.

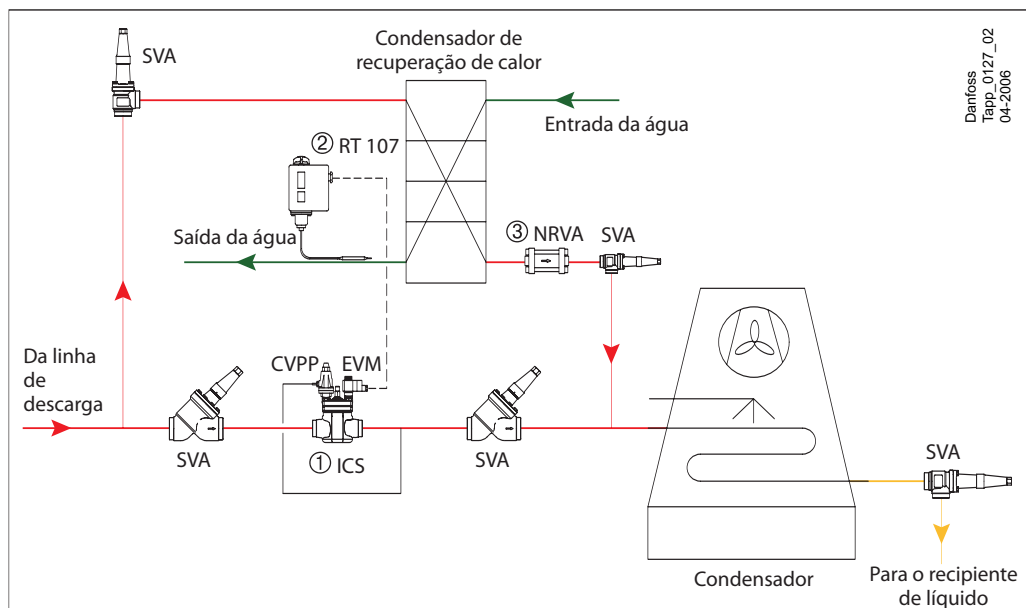
A ICS ① normalmente fechará devido ao aumento da capacidade de condensação e redução da pressão de descarga. Se a pressão de descarga aumentar, o piloto de pressão constante CVP (HP) abrirá a servo-válvula ICS ① de modo que parte do gás quente possa fluir em direção ao condensador principal.

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 solenóide EVRA ④ e uma válvula de regulagem REG ⑤ asseguram a evaporação periódica de qualquer condensado que possa vir a se formar no mesmo.

*Exemplo de Aplicação 9.5.2:*  
 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)
- Óleo

- ① Regulador de pressão diferencial
- ② Termostato
- ③ Válvula de retenção



Danfoss  
Tapp. 0127\_02  
04-2006

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.

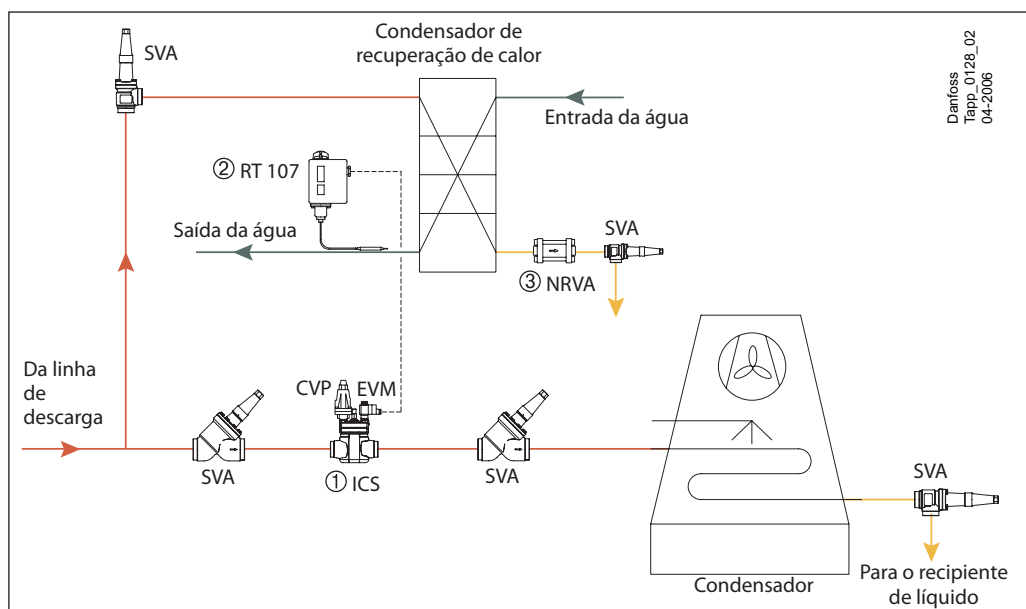
Quando esta perda de pressão exceder o ajuste do piloto de pressão diferencial CVPP (HP), a servo-válvula ICS ① abrirá parcialmente e a pressão excessiva do gás será aliviada diretamente em direção ao condensador principal.

Quando a temperatura desejada da água ou do ar tiver sido alcançada por meio do condensador de recuperação de calor, o termostato RT 107 ② ativará o piloto EVM do tipo ON/OFF (liga / desliga) e a servo-válvula ICS ① abrirá totalmente.

*Exemplo de Aplicação 9.5.3:*  
 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)
- Óleo

- ① Regulador de pressão e válvula solenóide
- ② Termostato
- ③ Válvula de retenção



Danfoss  
Tapp. 0128\_02  
04-2006

Este sistema de recuperação de calor é aplicável a instalações que possuem sistema de refrigeração central com diversos compressores, com uso do calor recuperado, por ex., para o aquecimento central de água.

Sob operação normal, a servo-válvula operada por piloto ICS ① é mantida aberta pelo operação ON/OFF (liga / desliga) da válvula piloto solenóide EVM, ativada por um controle externo conectado ao termostato RT 107.

No inverno, quando a demanda de aquecimento necessita do calor recuperado, a válvula piloto solenóide EVM fecha, o que, por sua vez faz com que a servo-válvula ICS ① feche também. Se a pressão de condensação exceder o ajuste do piloto de pressão constante CVP (HP), a servo válvula ICS 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.

**9.6**
**Literatura de Referência**

Consulte a página 101 para obter a relação das literaturas de referência em ordem alfabética.

*Folheto / Manual Técnico*

Tipo	N° da Literatura	Tipo	N° da Literatura
BSV	RD.7FB	REG	RD.1G.D
CVP	PD.HN0.A	RT 107	RD.5E.A
DCR	PD.EJ0.A	SGR	PD.EK0.A
EVM	PD.HN0.A	SNV	PD.KB0.A
EVRA(T)	RD.3C.B	SVA	PD.KD0.A
ICS	PD.HS0.A	SV 1-3	RD.2C.B
NRVA	RD.6H.A	SV 4-6	RD.2C.B

*Instrução do Produto*

Tipo	N° da Literatura	Tipo	N° da Literatura
BSV	RI.7FA	REG	PI.KM0.A
CVP	RI.4X.D	SGR	PI.EK0.A
DCR	PI.EJ0.B	SNV	PI.KB0.A
EVM	RI.3X.J	SVA	PI.KD0.B
EVRA(T)	RI.3D.A	SV 1-3	RI.2B.F
ICS	PI.HS0.A	SV 4-6	RI.2B.B
NRVA	RI.6H.B		

Para baixar a última versão da literatura, visite o site da Danfoss na Internet  
<http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

## 10. Apêndice

### 10.1 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, há sempre um resfriador intermediário ou um economizador.

#### **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 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 recirculação**

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:

---

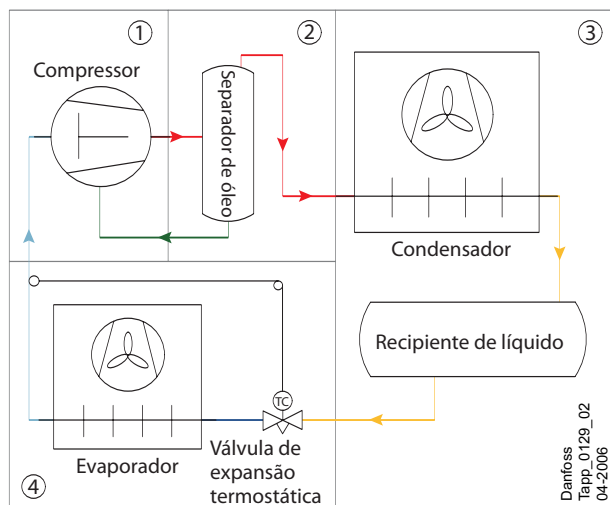


**Sistema de simples estágio com expansão direta (DX)**

- 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. 10.1 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. 10.1. 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 termostática 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 recipiente 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 laço (loop) de óleo é importante para assegurar um funcionamento seguro e eficiente do compressor, por ex., boa lubrificação e controle do óleo (seção 6) são essenciais para manter a temperatura e pressão do óleo em níveis aceitáveis.

O recipiente 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 recipiente 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 recipiente 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:

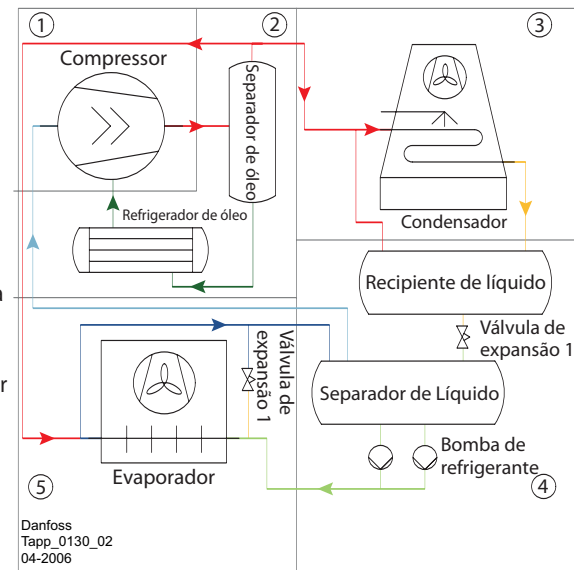
- Parte da área de transferência de calor no evaporador é ocupada pelo vapor e a eficiência de transferência de calor é mais baixa.
- O compressor consome mais energia para comprimir o vapor superaquecido do que o vapor saturado.

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 recirculação por bomba ou por recirculação natural são projetados.

**Sistema de simples estágio com recirculação 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. 10.2 Sistema de Refrigeração de Simples Estágio com Re-Circulação por Bomba e Degelo com Gás Quente



O ciclo de refrigeração para o sistema de simples estágio com recirculação por bomba mostrado na Fig. 10.2 é quase o mesmo daquele com DX mostrado na Fig. 1.1. A maior diferença é que neste sistema o refrigerante vapor que entra na linha de sucção do compressor é vapor saturado, ao invés de vapor superaquecido.

Isto graças à instalação do separador de líquido entre a válvula de expansão 1 e o evaporador. O líquido e o vapor gerado na expansão são separados no separador de líquido. Somente o vapor entra na linha de sucção do compressor e somente o líquido é alimentado ao evaporador pelas bombas de refrigerante.

Já que o superaquecimento desaparece, a temperatura na linha de sucção é baixa e o compressor é capaz de economizar alguma energia. E o evaporador pode ser preenchido com líquido refrigerante, podendo assim melhorar a eficiência de transferência de calor. Assim sendo, um sistema circulado é mais econômico que um sistema DX similar.

A linha entre o recipiente de líquido e a entrada do condensador tem a função de equalizar a pressão e assegurar uma boa drenagem do líquido refrigerante do condensador para o recipiente de líquido.

Em sistemas com recirculação por bomba, é essencial manter a bomba funcionando bem. Portanto, o **controle da bomba** deve ser exercido para manter uma pressão adequada por toda a bomba, garantir um fluxo de líquido limpo, detectar o estado da bomba, etc. Isto foi discutido na Seção 7.

Em um sistema com recirculado, não há superaquecimento a ser utilizado como uma variável de controle para a válvula de expansão. A expansão é geralmente controlada pelo nível

no separador de líquido ou, às vezes, pelo nível no recipiente de líquido / condensador. Este é o chamado **controle de nível de líquido** que será introduzido em detalhes na Seção 4.

Se os evaporadores forem do tipo refrigerados a ar e a temperatura de evaporação estiver abaixo de 0°C, gelo se formará nas bobinas. O congelamento precisa ser removido periodicamente; caso contrário, restringirá o fluxo de ar e aumentará a resistência de transferência de calor.

Os métodos mais utilizados para o descongelamento de serpentinas industrial utilizam: ar, água, elétrico ou gás quente. Na Fig. 10.2, o gás quente é utilizado para o descongelamento. Parte do vapor de alta pressão da descarga é puxado para dentro do evaporador para degelo.

O vapor aquecerá o evaporador e se condensará em líquido de alta pressão. Este líquido de alta pressão saindo do evaporador se expande no separador de líquido através da válvula de expansão 2.

O **degelo por gás quente** é aplicável somente para sistemas contendo pelo menos três evaporadores em paralelo. No processo de degelo, pelo menos dois terços dos evaporadores (em termos de capacidade) devem estar sob refrigeração e no máximo um terço sob degelo, caso contrário, a quantidade de gás quente será insuficiente.

Como alterar entre o processo de refrigeração e o processo de degelo é um tópico da Seção de controle do evaporador (Seção 5).

**Sistema de dois estágios**

Em sistemas de simples estágio, o líquido refrigerante expande diretamente da alta pressão (no lado do recipiente de líquido) para a pressão de sucção, conforme mostrado na Fig. 10.1 e Fig. 10.2. No processo de expansão, parte do líquido refrigerante se transformará em vapor e resfriará a outra parte do líquido.

Esta parte do vapor então não terá recursos de refrigeração, mas ainda precisará ser comprimido da pressão de sucção para a pressão de descarga. Esta parte da energia de compressão é um tipo de perda. Se algum líquido refrigerante puder expandir em uma pressão intermediária para resfriar o outro líquido, termodinamicamente ele será mais eficiente, pois o resfriamento ocorre em uma temperatura mais alta.

Este é o princípio do sistema de dois estágios, por ex., Fig. 10.3. Parte do líquido refrigerante do recipiente 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.

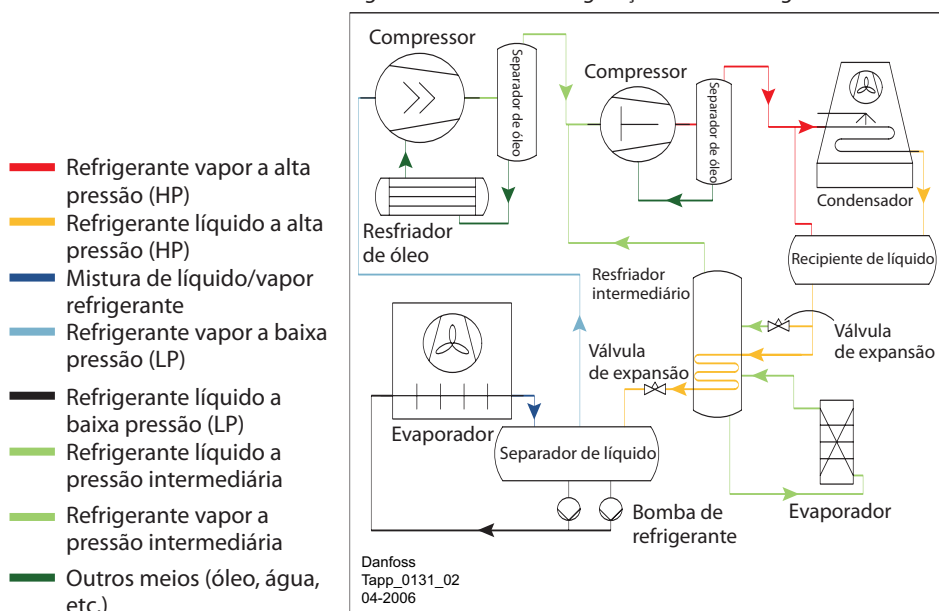
O resfriador intermediário também pode fornecer refrigerante para os evaporadores de temperatura intermediária. Na Fig. 10.3, o refrigerante de fornecimento intermediário para o evaporador de placa através de re-circulação por gravidade.

Em comparação com a recirculação por bomba, a recirculação por gravidade é acionada pelo efeito termosifônico no evaporador, ao invés da bomba. A re-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 muito alta demandando requisitos rigorosos do compressor. Sob baixas temperaturas, a pressão do refrigerante pode ser o vácuo, o que leva a mais vazamentos de ar para dentro do sistema (o ar no sistema reduzirá a transferência de calor do condensador, veja a Seção 9.4). Portanto, o sistema em cascata pode ser uma melhor opção para sistemas de baixa refrigeração.

Fig. 10.3 Sistema de Refrigeração de Dois Estágios



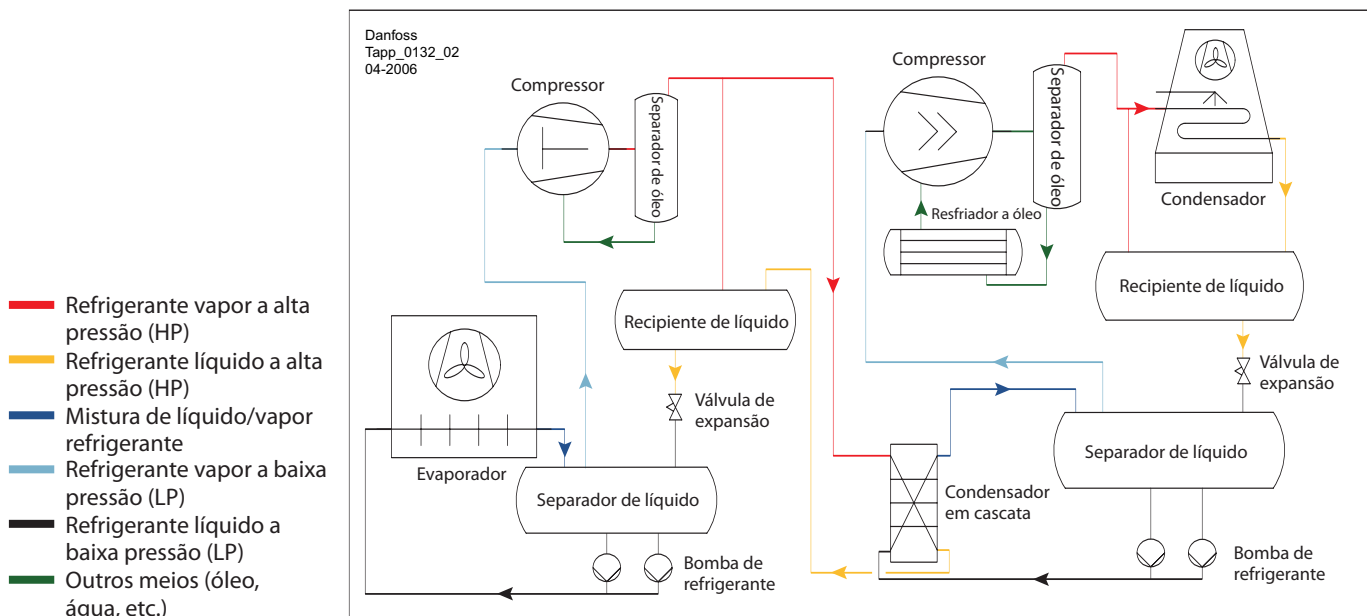
**Sistema em cascata**

O sistema em cascata consiste em dois circuitos de refrigeração independentes, conforme mostrado na Fig. 10.4. 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.

para o circuito de baixa temperatura. Este sistema de CO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub> 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 NH<sub>3</sub> para o circuito de alta temperatura e CO<sub>2</sub>

Fig. 10.4 Sistema de Refrigeração em Cascata



**10.2 Controles ON/OFF (liga/desliga) e modulantes**

Este documento irá pormenorizar a teoria realmente básica dos controles do tipo LIGA/DESLIGA e de modulação, proporcionando uma compreensão básica da teoria de controle e dos termos técnicos que são utilizados, sem

exigir necessariamente formação ou grau acadêmico teórico em matéria de engenharia de controle. Adicionalmente, serão oferecidas algumas sugestões práticas.

*Abreviações e definições*

<b>P</b>	Proporcional
<b>I</b>	Integração
<b>D</b>	Derivativo
<b>PB</b>	Faixa 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%
<b>K<sub>p</sub></b>	Fator de amplificação em um controlador P, PI ou PID.
<b>T<sub>i</sub></b>	Tempo de integração [s] em um controlador PI ou PID
<b>T<sub>d</sub></b>	Tempo diferencial [s] em um controlador PID
<b>PID</b>	Um controlador típico que inclui as funções P, I e D.
<b>SP</b>	Ponto de ajuste (set point)
<b>PV</b>	Variável do processo (o parâmetro controlado: temperatura, pressão, nível do líquido, etc.)
<b>Variação (x)</b>	Diferença entre SP e PV
<b>y</b>	Saída calculada de um controlador.
<b>Tempo Morto</b>	Se a medição física da PV for assim montada, o sinal será sempre retardado, comparativamente a uma medição da PV instalada mais perto do ponto onde a mesma ocorre.

*Referências*

[1] Reguleringsteknik, Thomas Heilmann / L. Alfred Hansen

10.2.1

Controle ON/OFF (liga/desliga)

Em alguns casos, o dispositivo de controle pode ser integrado no controle do tipo ON/OFF. Em assim sendo, o dispositivo regulador (válvula, termostato etc.) só poderá ter duas posições, como totalmente aberto ou fechado ou contatos fechados (ON)/abertos (OFF). Este princípio de controle é conhecido como ON/OFF.

Historicamente falando, os controles ON/OFF sempre foram amplamente utilizados em refrigeração, principalmente em refrigeradores equipados com termostatos.

No entanto, os princípios ON/OFF também podem ser utilizados em sistemas avançados onde os princípios do PID são utilizados.

Por exemplo, uma válvula do tipo ON/OFF (pode ser a válvula Danfoss tipo AKV / A) utilizada para controlar o superaquecimento com parâmetros PID disponíveis no controlador eletrônico dedicado (Danfoss tipo EKC 315 A).

Um controlador ON/OFF responderá apenas dentro de certos limites determinados, como por

exemplo, Máx. e Min.. Fora desses limites, os valores do controlador ON/OFF não podem executar nenhuma ação.

Normalmente o controle do tipo ON/OFF é utilizado devido ao:

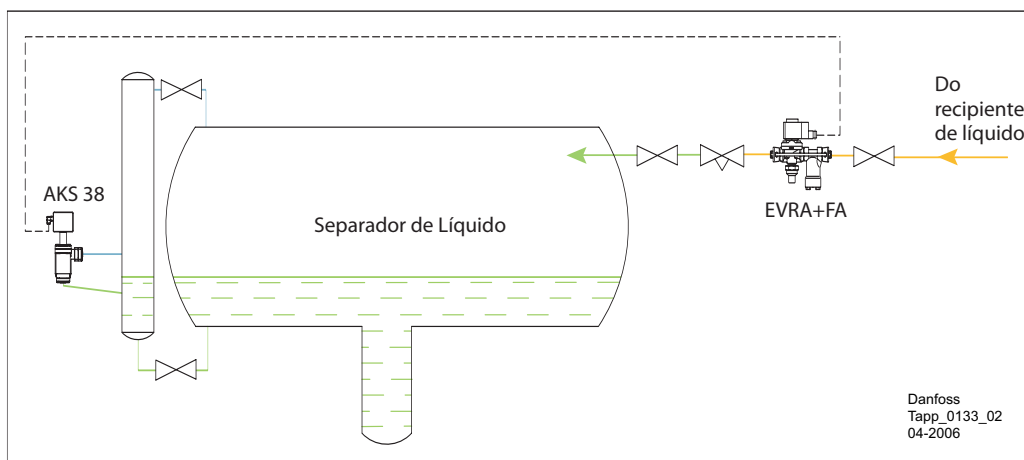
- Baixo custo, sistema menos complicado, sem malha (loop) de feedback.
- É aceitável uma certa variação da PV, durante o intervalo de operação do dispositivo ON/OFF.
- O processo tem uma capacidade tão grande que a operação ON/OFF não tem qualquer influência na PV.
- Em sistemas com tempo morto, o controle ON/OFF pode ser vantajoso.

Em sistemas ON/OFF haverá um feedback, tal como para sistemas do tipo modulante, mas, a característica dos sistemas ON/OFF é que a PV varia e o sistema não é capaz de eliminar nenhum desvio (offset).

*Um exemplo de controle ON/OFF*

Se houver necessidade de controlar os níveis máximo e mínimo de um líquido, poderá ser utilizado um dispositivo LIGA/DESLIGA como o Danfoss AKS 38. O AKS 38 é um comutador acionado por flutuador (bóia), capaz de controlar válvulas solenóide LIGA/DESLIGA.

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

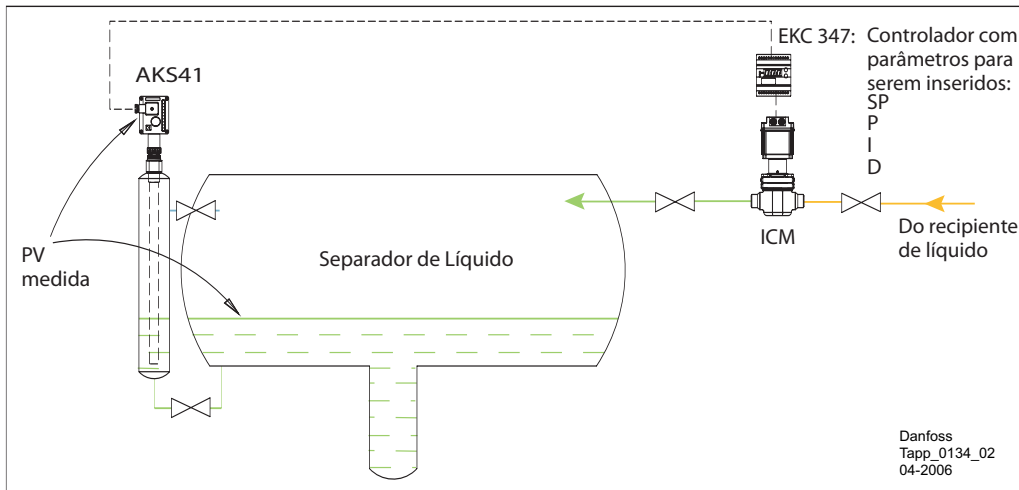


10.2.2  
Controle modulante

A principal diferença entre os controles de modulação e os controles do tipo ON/OFF é que os sistemas de modulação reagem continuamente durante a variação da PV. Além disso, é normal que os controladores eletrônicos ofereçam a possibilidade de fácil

modificação dos parâmetros de controle como P, I e D. Essa possibilidade lhes confere um elevado grau de flexibilidade, o que, vale repetir, é extremamente útil, uma vez que o controlador pode assim ser regulado em função de diversas aplicações.

Um exemplo de controle modulante



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

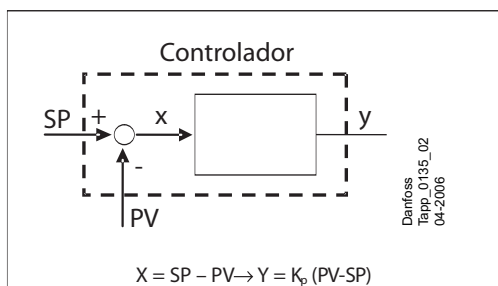
Princípios básicos de P, I e D

Na maioria dos controles comuns existe a possibilidade de ajustar os parâmetros de controle em P, PI ou PID

- Em um controlador P é possível ajustar: PB ou  $K_p$ ;
- Em um controlador PI é possível ajustar: PB ou  $K_p$  e  $T_i$ ;
- Em um controlador PID é possível ajustar: PB ou  $K_p$  e  $T_i$  e  $T_d$ .

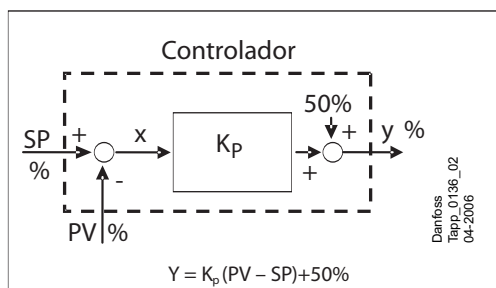
Controlador P

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  $SP = PV$ , 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.

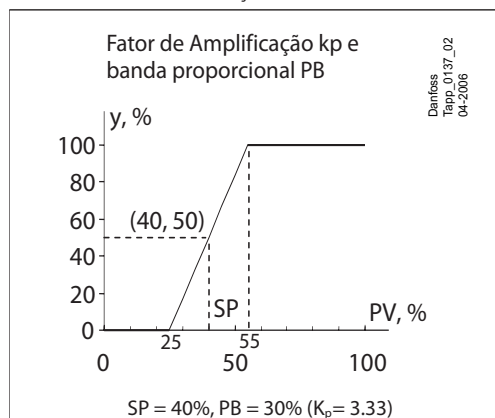


Alguns controladores não utilizam  $K_p$  ao invés de PB. A relação entre PB e  $K_p$  é:  $PB[\%] = 100/K_p$

Observe que PB pode ser maior que 100%, correspondendo à  $K_p$  menor que 1.

10.2.2  
 Controle modulante  
 (continuação)

Controlador P (continuação)



Quando  $PV = SP$  o controlador proverá uma saída (y) de 50% (ou seja, uma válvula terá um grau de abertura de 50%).

Se  $PV = 46\%$  o controlador P calculará uma saída (y) de 70%.

Observe que sob esta condição, há um desvio entre SP e PV de 6% e esse desvio o controlador P não pode solucionar. O desvio é decorrente da função básica de um controlador P.

Para obter um desvio mínimo é importante que o dispositivo de ajuste (válvula) seja projetado para que a saída (y) do controlador possa controlar o processo de tal modo a ser igual à carga média normal.

Então o desvio deve ser o menor a qualquer momento e com o passar do tempo se aproximar de zero.

Características de ajuste do controlador P

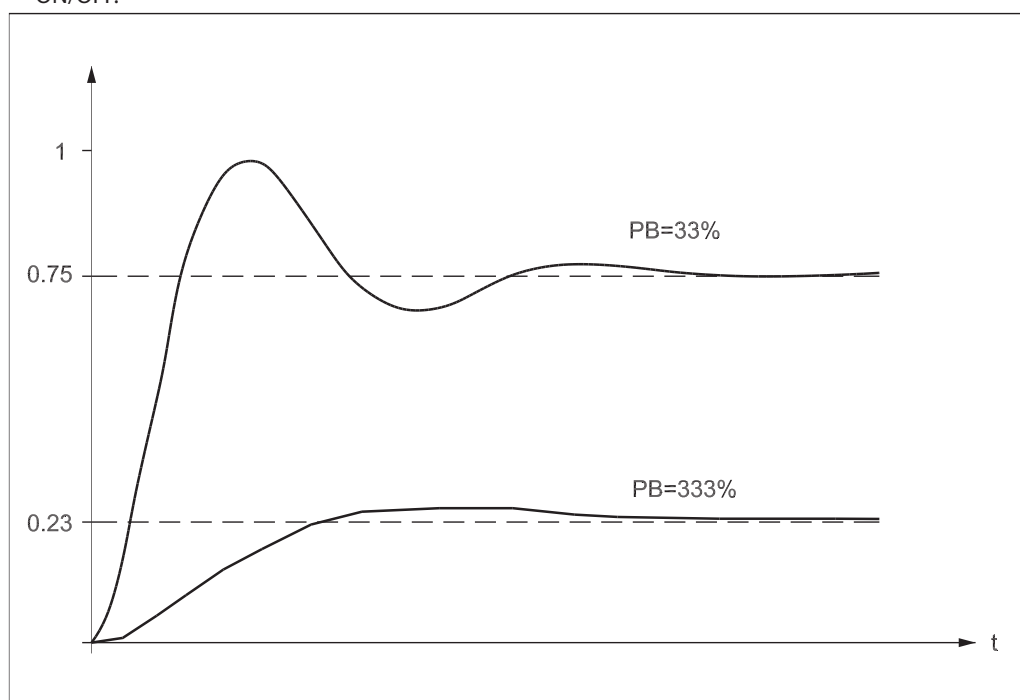
P é o componente de controle primário. Na maioria dos casos, P criará um desvio permanente que pode ser significativamente pequeno, mas ao mesmo tempo inaceitavelmente grande. No entanto, o controle P é melhor que nenhum controle (sem feedback, sem malha fechada).

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 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.



10.2.2  
 Controle modulante  
 (continuação)

*Controlador I*

A característica mais importante de um controlador I 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 aumentará 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.

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 será possível ajustar: PB e  $T_i$ , sendo  $T_i$  normalmente registrado em segundos ou minutos.

Quando precisar inserir  $T_i$ , 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 de 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.

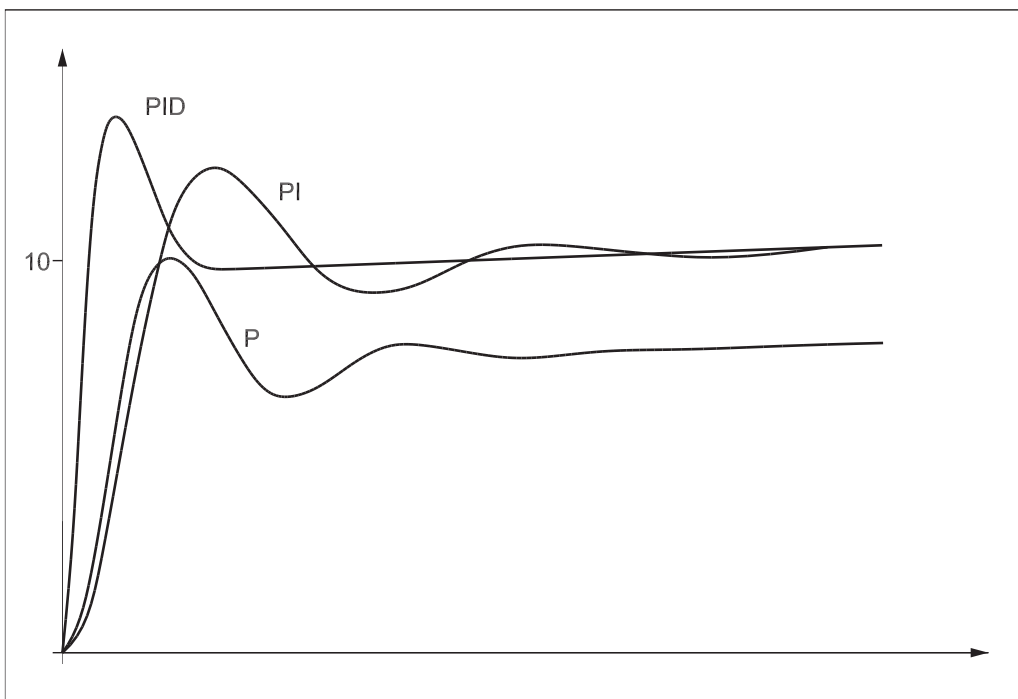


10.2.2  
 Controle modulante  
 (continuação)

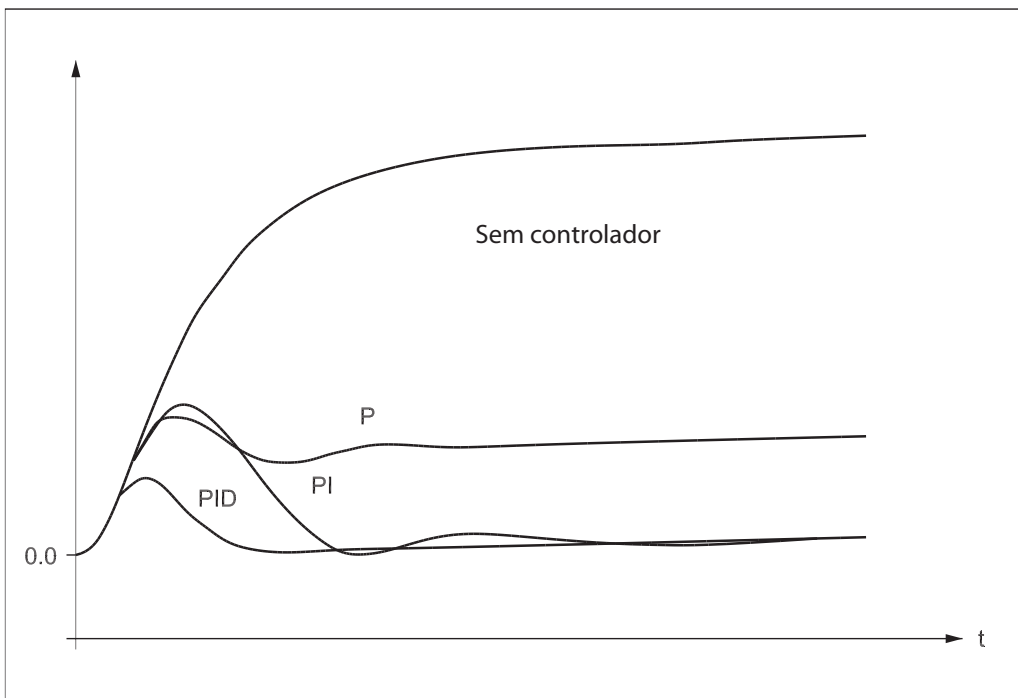
Curvas 1 - típicas de estado transitório de PID: Ajustes ideais de PID

Os ajustes:

	PB	T <sub>i</sub>	T <sub>d</sub>
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.



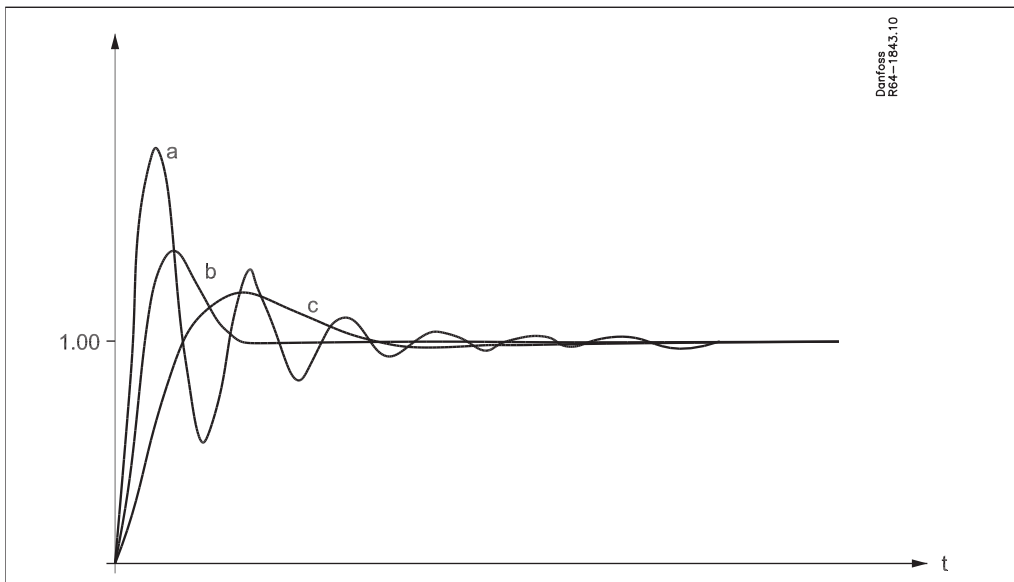
Os mesmos ajustes daqueles indicados acima. Exposto a uma alteração de carga igual a 1.

10.2.2  
 Controle modulante  
 (continuação)

Curvas 2 - típicas de estado transitório de PID: Alteração de PB

Os ajustes:

	PB	T <sub>i</sub>	T <sub>d</sub>
PID-a	25.0 %	40 s	12 s
PID-b	41.7 %	40 s	12 s
PID-c	83.3 %	40 s	12 s



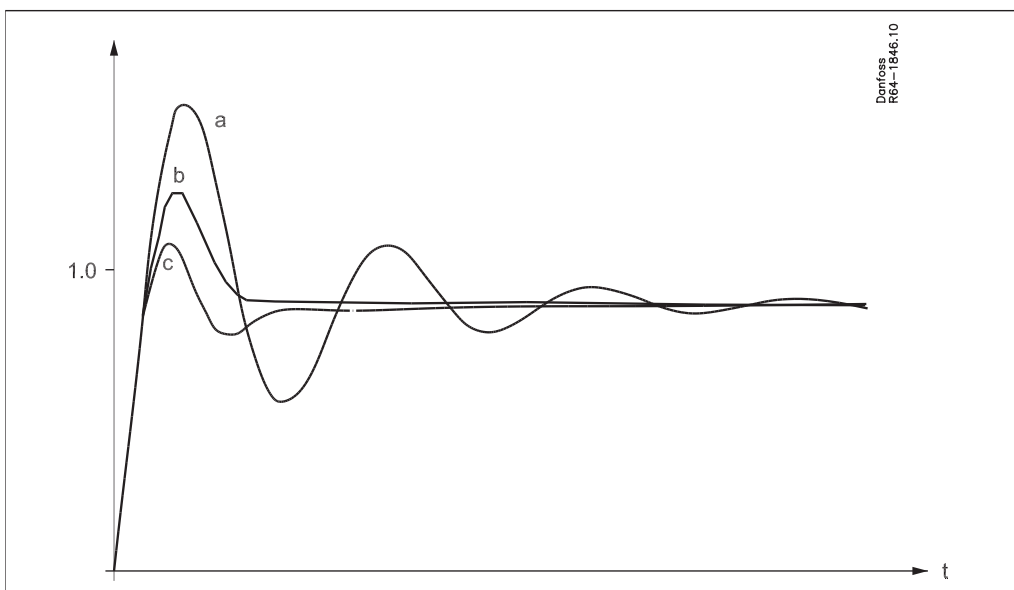
O indicado acima mostra uma variação de PB com relação ao controle PID, que quando influenciado por SP será mudado para + 1 unidade. De acordo com o exposto acima, fica

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<sub>i</sub>

Os ajustes:

	PB	T <sub>i</sub>	T <sub>d</sub>
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<sub>i</sub> com relação ao controle PID, que quando influenciado por SP será mudado para + 1 unidade. De acordo com o exposto acima, fica

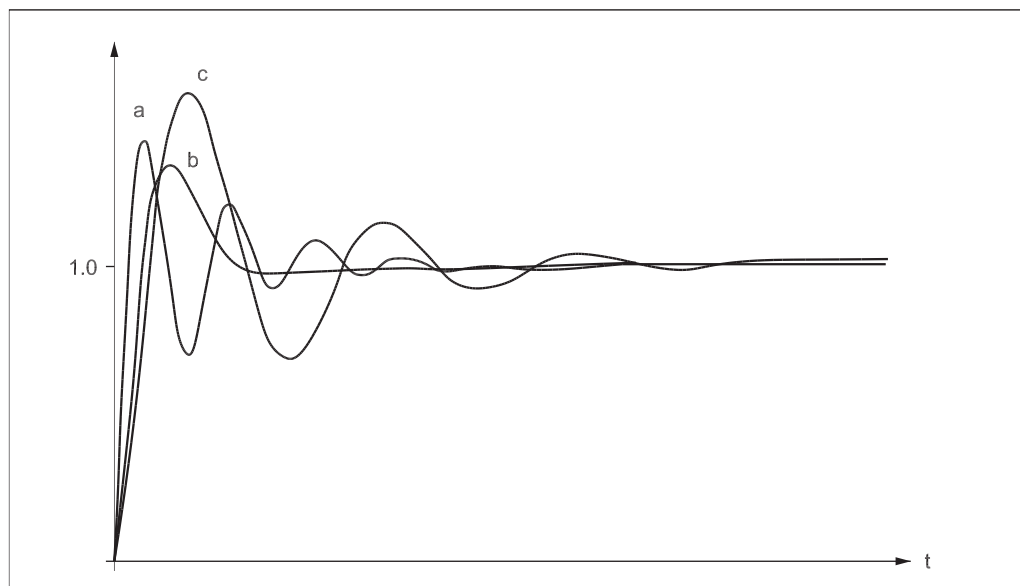
evidente que quando o T<sub>i</sub> for muito pequeno os sistemas se tornam mais instáveis (oscilatórios). Quando T<sub>i</sub> for muito grande levará muito tempo para a eliminação do último desvio.

10.2.2  
Controle modulante  
(continuação)

Curvas 4 - típicas de estado transitório PID : Alteração de  $T_i$

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).



**Literatura de Referência -  
Ordem Alfabética**

<b>Tipo</b>	<b>Título</b>	<b>Folheto / Manual Técnico</b>	<b>Instrução do Produto</b>
<b>AKD</b>	Acionamento de velocidade variável	RB.8D.B	EI.R1.H / EI.R1.R
<b>AKS 21</b>	Sensor de temperatura	ED.SA0.A	RI.14.D
<b>AKS 32R</b>	Transmissor de Pressão	RD.5G.J	PI.SB0.A
<b>AKS 33</b>	Transmissor de Pressão	RD.5G.H	PI.SB0.A
<b>AKS 38</b>	Chave de nível	RD.5M.A	RI.5M.A
<b>AKS 41</b>	Transmissor do Nível de Líquido	PD.SC0.A	PI.SC0.A
<b>AKVA</b>	Válvula de expansão operada eletricamente	PD.VA1.B	PI.VA1.C / PI.VA1.B
<b>AMV 20</b>	Atuador controlado por três pontos	ED.95.N	EI.96.A
<b>BSV</b>	Válvula de alívio de segurança	RD.7FB	RI.7FA
<b>CVC</b>	Válvulas piloto para servo válvula principal	PD.HN0.A	RI.4X.L
<b>CVP</b>	Válvulas piloto para servo válvula principal	PD.HN0.A	RI.4X.D
<b>CVPP</b>	Válvulas piloto para servo válvula principal	PD.HN0.A	RI.4X.D
<b>CVQ</b>	Válvulas piloto para servo válvula principal	PD.HN0.A	PI.VH1.A
<b>DCR</b>	Filtro secadores	PD.EJ0.A	PI.EJ0.B
<b>DSV</b>	Válvula de 3 vias para válvula de segurança)	PD.ID0.A	PI.IE0.A / RI.7D.A
<b>EKC 202</b>	Controlador para controle de temperatura	RS.8D.Z	RI.8J.V
<b>EKC 315A</b>	Controlador industrial para controle de evaporador	RS.8C.S	RI.8G.T
<b>EKC 331</b>	Controlador da capacidade	RS.8A.G	RI.8B.E
<b>EKC 347</b>	Controlador de nível de líquido	RS.8A.X	RI.8B.Y
<b>EKC 361</b>	Controlador para o controle da temperatura do meio	RS.8A.E	RI.8B.F
<b>EVM</b>	Válvulas piloto solenóide	PD.HN0.A	RI.3X.J
<b>EVRA / EVRAT</b>	Válvula solenóide	RD.3C.B	RI.3D.A
<b>FA</b>	Filtro	PD.FM0.A	RI.6C.A
<b>FIA</b>	Filtro	PD.FN0.A	PI.FN0.A
<b>GPLX</b>	Válvula de bloqueio acionada por gás	PD.BO0.A	RI.7C.A
<b>HE</b>	Trocador de calor	RD.6K.A	RI.6K.A
<b>ICF</b>	Solução de controle	PD.FT0.A	PI.FT0.A
<b>ICM / ICAD</b>	Válvula motorizada	PD.HT0.A	PI.HT0.A
<b>ICS</b>	Válvula servo operada	PD.HS0.A	PI.HS0.A
<b>KDC</b>	Válvula de retenção para descarga do compressor	PD.FQ0.A	PI.FQ0.A
<b>LLG</b>	Visor de nível de líquido	PD.GG0.A	RI.6D.D
<b>MLI</b>	Visor no nível de óleo	PD.GH0.A	
<b>MP 55 A</b>	Controle de pressão diferencial	RD.5C.B	RI.5C.E
<b>NRVA</b>	Válvula de retenção para amônia	RD.6H.A	RI.6H.B
<b>OFV</b>	Válvula de alívio	RD.7G.D	PI.HX0.B
<b>ORV</b>	Válvula de regulagem de óleo	PD.HP0.A	RI.7J.A
<b>PMFL / PMFH</b>	Válvula solenóide, ON/OFF (liga/desliga) de dois estágios	RD.2C.B	PI.GE0.A / RI.2C.A
<b>PMLX</b>	Regulador de nível de líquido modulante	PD.BR0.A	RI.3FD / RI.3FC
<b>POV</b>	Válvula de segurança interna operada por piloto	PD.ID0.A	PI.ID0.A
<b>QDV</b>	Válvula de drenagem rápida de óleo	PD.KL0.A	PI.KL0.A
<b>REG</b>	Válvula de regulagem manual	RD.1G.D	PI.KM0.A
<b>RT 107</b>	Termostato de diferencial	RD.5E.A	
<b>RT 1A</b>	Controle de pressão, controle de pressão diferencial	RD.5B.A	RI.5B.C
<b>RT 260A</b>	Controle de pressão, controle de pressão diferencial	RD.5B.A	RI.5B.B
<b>RT 5A</b>	Controle de pressão, controle de pressão diferencial	RD.5B.A	RI.5B.C
<b>SCA</b>	Válvula conjugada de bloqueio e de retenção	PD.FL0.A	PI.FL0.A
<b>SFA</b>	Válvula de alívio de segurança	PD.IF0.A	RI.7EF
<b>SGR</b>	Visor com indicador	PD.EK0.A	PI.EK0.A
<b>SNV</b>	Válvula de bloqueio do tipo agulha	PD.KB0.A	PI.KB0.A
<b>SV 1-3</b>	Regulador de nível de líquido modulante	RD.2C.B	RI.2B.F
<b>SV 4-6</b>		RD.2C.B	RI.2B.B
<b>SVA</b>	Válvula de bloqueio	PD.KD0.A	PI.KD0.B
<b>TEA</b>	Válvula de expansão termostática	RD.1E.A	PI.AJ0.A
<b>TEAT</b>		RD.1FA	PI.AU0.A
<b>VM 2</b>	Válvula de pressão balanceada	ED.97.K	VI.HB.C
<b>WVS</b>	Válvula de água	RD.4C.A	RI.4C.B
<b>WVTS</b>		RD.4C.A	RI.4D.A

A Danfoss reserva o direito de alterar seus produtos sem prévio aviso. Isto também se aplica aos produtos que já estão sob pedido, desde que tais modificações possam ser feitas sem alterações subsequentes necessárias em especificações já acordadas. Todas as marcas registradas deste material são propriedade das respectivas empresas. O nome Danfoss e o logotipo Danfoss são marcas registradas da Danfoss A/S. Todos os direitos reservados.

---

**DANFOSS DO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.**

Rua Nelson Francisco, 26 - CEP 02712-100 - São Paulo - SP

**São Paulo:** (11) 2135-5400 - Fax: (11) 2135-5455**Porto Alegre:** (51) 3328-3783 - Fax: (51) 3328-3654**SAC 0800 701 0054 - [www.danfoss.com.br](http://www.danfoss.com.br) - [sac@danfoss.com](mailto:sac@danfoss.com)****Sistema de Gestão  
da Qualidade**