Boletim da Engenharia

28

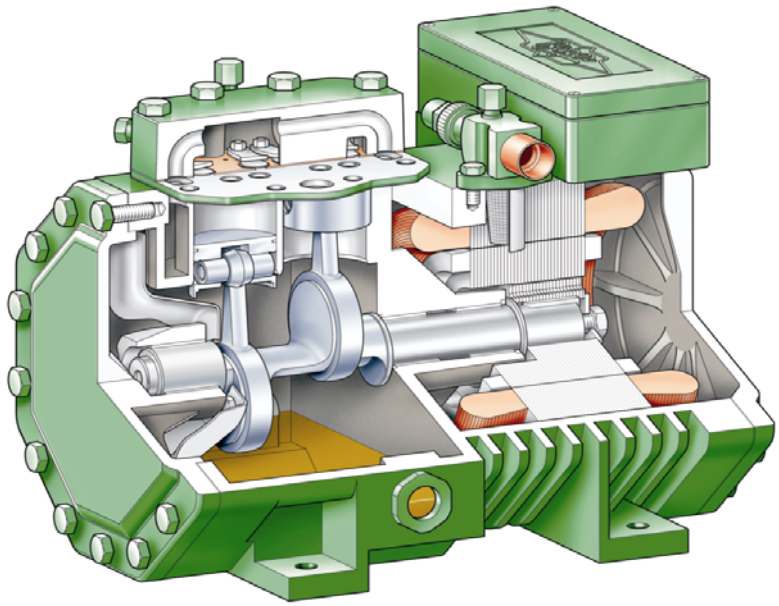
**Compressores Octagon® Aplicação Sub–Crítica com Dióxido de Carbono – $CO_2$** **09/08**

Nesse boletim vamos abordar as instruções de operação dos compressores Octagon® aplicados com o Dióxido de Carbono - $CO_2$ em sistema sub-crítico (Cascata). Estas informações são válidas para os modelos abaixo:

**2KHC – 05K.. 4NHC-20K**
**2KC-1.2K..4FC- 7.2K**

Índice Página

Segurança.....2
Limites de Aplicação..... 3
Conexões..... .....4
Comissionamento.....5
Medidas que devem ser observadas em caso de vazamento de $CO_2$.....6
Tabela de Pressão / Temperatura do vapor saturado $CO_2$..... 7



Compressor Octagon® aplicado com Dióxido de Carbono – $CO_2$

## 1- SEGURANÇA

Essas instruções se limitam às características especiais dos compressores Octagon® 2KC-1.2K..4FC-7.2K e 2KHC-05K..4NHC-20K. Observar também as instruções de operação dos compressores Octagon® da série standard no Boletim KB-100.

Os compressores 2KC-1.2K..4FC-7.2K e 2KHC-05K..4NHC-20K são utilizados exclusivamente nas aplicações sub-críticas com $CO_2$ (sistema cascata).

As intervenções nos compressores e sistemas de refrigeração com $CO_2$ requerem um conhecimento específico para a utilização do $CO_2$ como refrigerante. Além disso, é necessário um grau de instrução qualificado do pessoal de operação.

O $CO_2$ é um gás inodoro e incolor e, conseqüentemente, não pode ser detectado diretamente em caso de vazamento. A inalação de maiores concentrações de $CO_2$ pode causar a falta de consciência e asfixia! Em ambientes fechados é necessário uma segurança apropriada e dispositivos de monitoramento! A sala de máquina deve ser ventilada de acordo com a norma EN378.

NOTAS ESPECIAIS PARA O PROJETO DO SISTEMA FRIGORÍFICO
Proteção contra pressão excessiva.

Observar os elevados níveis de pressão do $CO_2$ (temperatura crítica é de 31,06ºC que corresponde a 73,6 bar/1057psig). Durante o período de parada do sistema a pressão irá aumentar e, conseqüentemente, haverá perigo iminente de ruptura.

É necessário a instalação de válvulas de segurança no compressor[1] e também nos lados de alta e baixa pressão do sistema. O layout do sistema também deverá ser elaborado de acordo com a norma EN378-2 e EN13136. Seguir as recomendações de segurança para evitar o bloqueio devido à formação de $CO_2$ sólido (gelo seco). Não instalar nenhuma tubulação na saída das válvulas de segurança de $CO_2$.

A temperatura de condensação ficará em torno de -10ºC, o condensador e tanque de líquido deverão ser isolados para reduzir a transferência de calor ao $CO_2$.
Se necessário, adotar medidas adicionais para limitar a pressão (por exemplo: utilizar vaso com equalização de pressão. Para as grandes instalações deverá instalar uma unidade pequena de refrigeração para limitar a pressão do $CO_2$).

**1** - Os tipos 2KHC-05K.. 4NHC-20K são equipados com uma válvula de segurança que abre para a atmosfera.

Pressões máximas permitidas (durante o período de parada):
- Lado da sucção 25 bar
- Lado de alta pressão 42 bar

Níveis de pressões máximas permitidas (durante a operação):
Ver capítulo 2

Filtro Secador

A solubilidade da água no vapor de $CO_2$ é bem menor quando comparado com outros refrigerantes. Por esta razão, quando aplicado em temperaturas de evaporação mais baixas, um mínimo conteúdo de umidade poderá congelar e bloquear a passagem do $CO_2$ nas válvulas de controle. Conseqüentemente, será necessário instalar um filtro secador corretamente dimensionado de boa qualidade e também um visor de liquido com indicador de umidade para $CO_2$.

## 2- LIMITES DE APLICAÇÃO

| | |
|---|---|
| Fluido refrigerante recomendado | $CO_2$[1]<br>$CO_2$ com grau de pureza N4.5 ou equivalente, ou $H_2O$ < 5 ppm |
| Óleo Lubrificante | Bitzer BSE 60K |
| Limites de Aplicação[2] | Ver brochura KP-120 |

**1**- A pureza do $CO_2$ pode ser com um maior conteúdo de $H_2O$, porém desde que seja utilizado um maior filtro secador e que durante a carga de gás do sistema fazer com que a mesma passe por ele.
**2**- Controle de capacidade (30-60 Hz) com variador de freqüência sob consulta.

Temperaturas de Operação

Com relação à solubilidade do $CO_2$ no óleo, devem ser respeitadas as seguintes exigências:

- Sempre utilizar a resistência do cárter durante a operação nos períodos de parada do compressor.
- Superaquecimento mínimo do gás de sucção 20K [1] se necessário providenciar trocador de calor.
- Mínima temperatura do óleo 30ºC (20ºC[2])
- Mínima temperatura do gás de descarga 50ºC (40ºC[2])

**1**- Um menor superaquecimento do gás de sucção é possível, porém a partir do momento em que são mantidas as temperaturas mínimas de descarga do óleo.
**2**- Os valores em parênteses são valores mínimos absolutos. Em operação continua as temperaturas do óleo e da descarga não deverão ficar abaixo de 30ºC e 50ºC, respectivamente.

Aplicações Especiais

Os sistemas inundados requerem cuidados especiais para o retorno de óleo. Além disso, devido ao baixo valor do superaquecimento do gás de sucção, será necessário instalar um trocador de calor para aumentar a temperatura do gás de sucção. A elaboração do layout do sistema deverá ser feita após consulta a Bitzer.

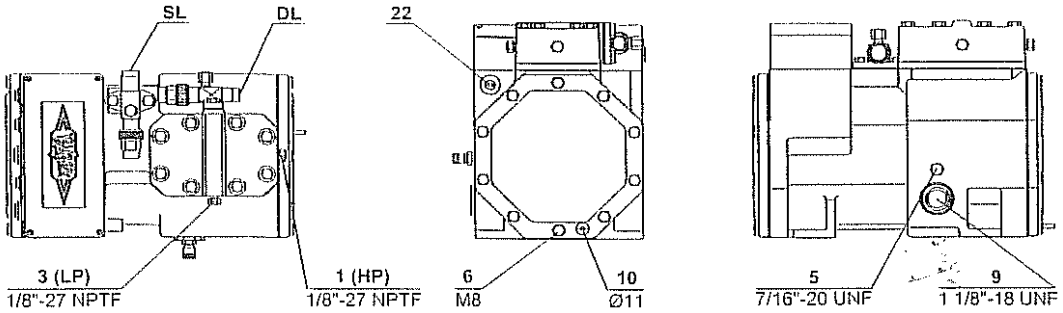
Posições das conexões apresentadas na página seguinte

1- Conexão de alta pressão (HP)
3- Conexão de baixa pressão (LP)
5- Bujão para carga de óleo
6- Dreno do óleo
10- Resistência do cárter
16- Conexão para o monitoramento do óleo (sensor de óleo)
21- Conexão para a válvula de serviço de óleo
22- Válvula de segurança que abre para a atmosfera
(**não disponível para a série 2KC-1.2K..4FC-7.2K)**

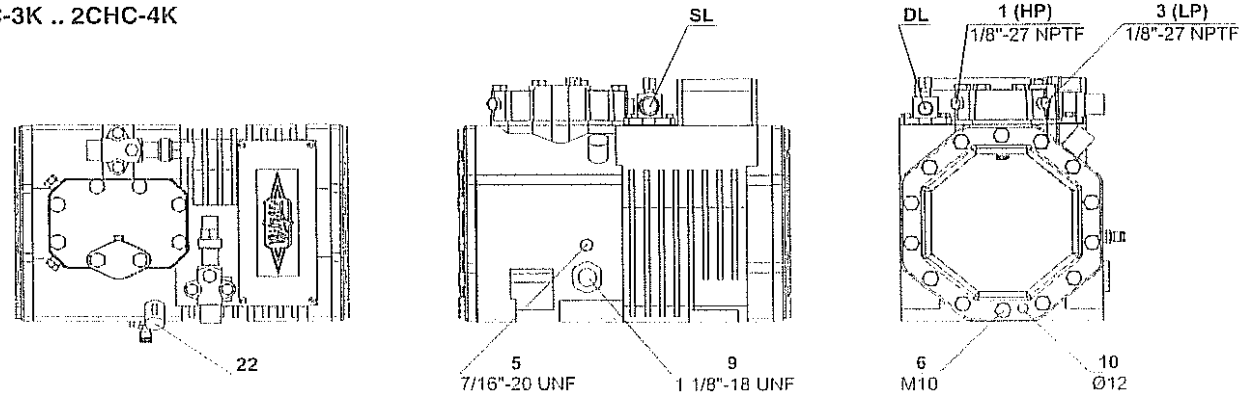
SL – Linha de sucção
DL – Linha de descarga

## 3- CONEXÕES

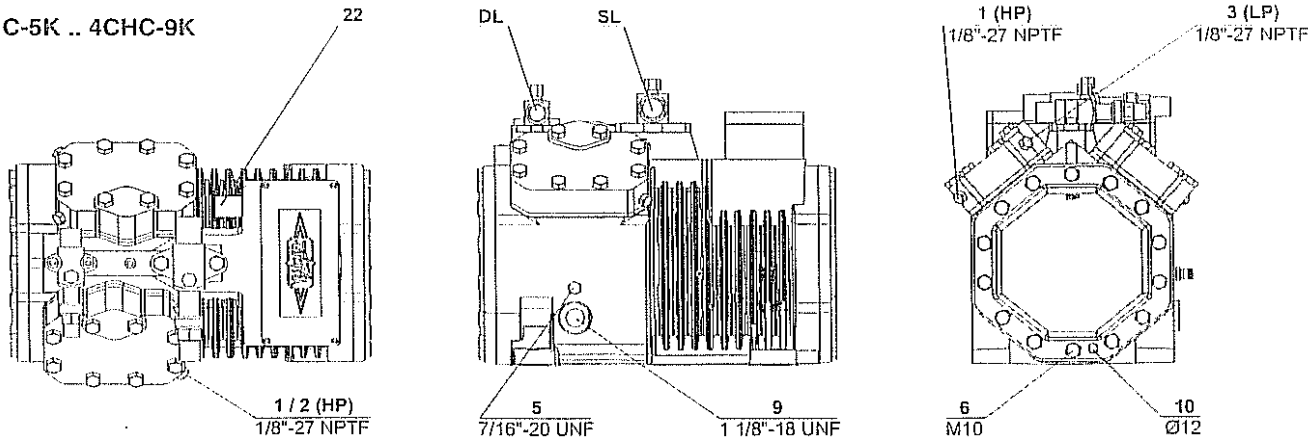
### 2KHC-05K .. 2FHC-3K



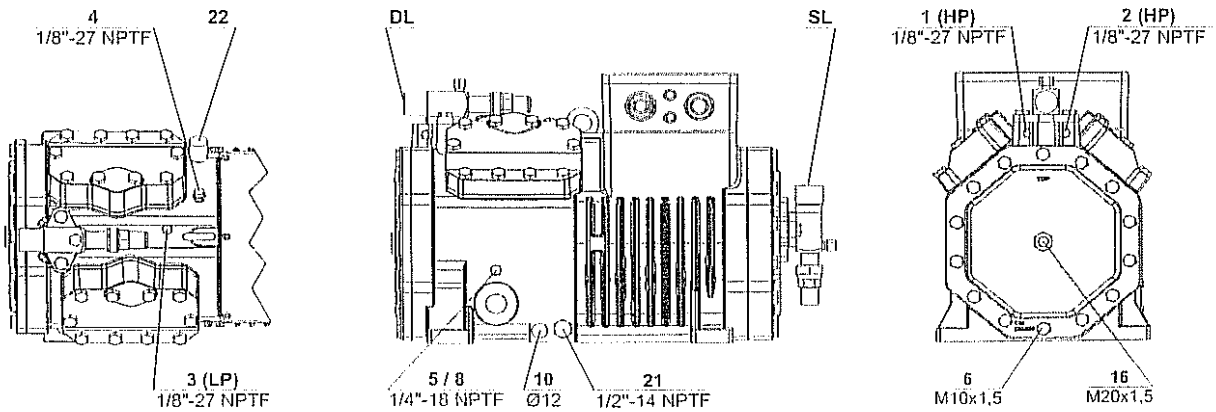

### 2EHC-3K .. 2CHC-4K




### 4FHC-5K .. 4CHC-9K




### 4VHC-10K .. 4NHC-20K



## 4- COMISSIONAMENTO

Antes de colocar o sistema em operação verificar o correto funcionamento de todos os dispositivos de segurança e monitoramento do sistema / sala de máquinas. Além disso, disponibilizar as seguintes informações:

- Os parâmetros de layout;
- As pressões máximas permitidas durante a operação e o período de parada;
- Encaminhamento da tabulação.

Atenção!
A colocação em operação dos compressores em sistemas cascata com $CO_2$ requer um procedimento muito cuidadoso.
**Nunca partir o sistema de $CO_2$, antes de verificar se o estágio de média temperatura (condensação do $CO_2$) está em operação e estabilizado.**

Carga de Refrigerante

As seguintes instruções descrevem os requerimentos gerais para realizar a carga de refrigerante e colocar o compressor em operação. Dependendo do tipo do sistema, adaptações apropriadas poderão ser necessárias.
Os sistemas cascatas com $CO_2$ são normalmente operados em combinação com um sistema de refrigeração de média temperatura de evaporação. Este sistema já deverá estar em operação durante o start-up do sistema de $CO_2$ e mantê-lo em condições estáveis de operação.
Em razão das exigências referente à umidade, o $CO_2$ deverá ser carregado pelo filtro secador.

Partida do Sistema de $CO_2$

Após a partida do sistema de $CO_2$, poderá ocorrer uma sobrecarga e falta de lubrificação devido à alta solubilidade do refrigerante no óleo, bem como elevados níveis de pressão e possíveis variações de pressão. Conseqüentemente, é necessário observar as condições de operação e desligar o compressor imediatamente em caso de condições anormais. É muito importante supervisionar a instalação durante todo o processo inicial de start-up!

Verificações preliminares:

- Energizar a resistência do cárter (não começar o processo de carga de refrigerante se a temperatura do óleo estiver abaixo de 35 a 40ºC);
- Verificar o nível de óleo do compressor;
- Não ligar o compressor!
- Instalar um regulador de pressão no cilindro de $CO_2$ e utilizar mangueiras / tubos flexíveis para realizar a carga de gás. O equipamento deverá possuir válvulas de serviço para receber a carga de gás (lado de alta e baixa pressão). Antes de apertar as conexões, expurgar o vapor de $CO_2$ pelas mangueiras / tubos. Abrir as válvulas de conexão de carga de gás e quebrar o vácuo com $CO_2$ na fase de vapor proveniente do cilindro até quando a pressão estiver em aproximadamente 10 bar;
- Em caso de forte resfriamento do cilindro de $CO_2$ durante a carga de gás, o mesmo deverá ser aquecido em água quente (balde com água quente a 40ºC aproximadamente);
Fechar as válvulas de serviço de sucção e descarga do compressor. Posteriormente, carregar o sistema (exceto o compressor) com vapor de $CO_2$ até 20 bar, depois carregar com a fase líquida diretamente no tanque de líquido ou diretamente na entrada do trocador de calor cascata.

ATENÇÃO!
Apartir de aproximadamente 20 bar de pressão no sistema, parar a carga de refrigerante pelo lado de sucção.
Verificar se as válvulas solenóide dos evaporadores estão fechadas (desenergizadas).

Procedimento de Partida

Juntamente com a carga de $CO_2$, seguir os seguintes procedimentos:

- No sistema de média temperatura, energizar a válvula solenóide da linha de líquido do trocador cascata (a injeção de líquido refrigerante no lado do evaporador do trocador de calor permitirá a condensação do $CO_2$);
- Abrir a válvula de serviço de descarga do compressor de $CO_2$, abrir aos poucos a válvula de serviço de sucção dando somente uma volta por vez na sua haste;
- Ligar o compressor (nos sistemas em paralelo, ligar somente um único compressor). Porém, primeiro manter a válvula de serviço de sucção "estrangulada" e depois abri-la aos pouco a medida em que a pressão de sucção começar a cair. Simultaneamente energizar as válvulas solenóide dos evaporadores a medida em que for necessário e de acordo com a capacidade do compressor;
- Em caso de falta de refrigerante, carregar com vapor de $CO_2$ no lado de baixa – evitando o rápido aumento da pressão;
- Em caso de exceder os limites de aplicação ou correr condições anormais de funcionamento (por exemplo: operação úmida), desligar o compressor imediatamente. Somente re-ligar o compressor quando as pressões estiverem estabilizadas ou após a correção de eventuais falhas;
- Evitar excesso de partida no compressor;
- De acordo com solicitação de carga térmica do sistema, caso seja necessário, viabilizar o funcionamento de mais compressores e evaporadores, depois ajustar a carga de refrigerante.

Precaução!
Caso as válvulas dos manômetros entre o compressor e o cilindro estiverem fechadas, deve assegurar de que não haverá $CO_2$ dentro da mangueira de serviço! Utilizar um redutor de pressão no cilindro de $CO_2$.

Atenção!
Evitar uma rápida queda de pressão no cárter durante a partida e operação do compressor, pois haverá formação de espuma no óleo, o que resultará na falta de lubrificação!

Verificar os dados de operação do compressor. Após o comissionamento e a realização da carga de refrigerante, checar as condições de operação e anotar os dados em uma planilha, tais como:

- Temperaturas de evaporação e condensação – ver limites de aplicação KP-120;
- Temperatura de sucção, temperatura de descarga e temperatura do óleo – ver capítulo 2 "Temperatura de evaporação";
- Freqüência de partida do compressor:
    - Máximo de 8 partidas por hora;
    - Mínimo tempo de operação de 2 minutos.
- Corrente elétrica em todas as fases;
- Tensão elétrica.

## 5- MEDIDAS QUE DEVEM SER OBSERVADAS EM CASO DE VAZAMENTO DE CO2

Em caso de vazamento de $CO_2$, tomar a seguinte precaução:

- **Sair do ambiente imediatamente**, aquecer as pessoas e acionar o sistema de ventilação;
- Em caso de altas concentrações de $CO_2$, acessar a área com vazamento somente com aparelho de respiração autônomo;
- Em ambiente aberto ficar do lado contrário do vento e isolar a área.

Perigo!
Em caso de vazamento de $CO_2$ na fase gasosa, uma neblina fria irá se propagar no piso. Altas concentrações de $CO_2$ poderão provocar asfixia! Providenciar um controle de exaustão para remover o $CO_2$ do ambiente.

Perigo!
O $CO_2$ na fase líquida evapora rapidamente, a temperatura cairá facilmente e se transformará em gelo seco. Ferimentos por congelamento é possível! Providenciar um controle de exaustão para remover o $CO_2$ do ambiente!

## 6- TABELA DE PRESSÃO / TEMPERATURA DO VAPOR SATURADO DO $CO_2$

| | $T_{sat}$ (ºC) | PSI | kPa |
|---|---|---|---|
| **Ponto Triplo** | **-56.57** | 60 | 417 |
| | **-56** | 62 | 430 |
| | **-55** | 66 | 453 |
| | **-54** | 69 | 477 |
| | **-53** | 73 | 502 |
| | **-52** | 77 | 528 |
| | **-51** | 81 | 555 |
| | **-50** | 84 | 582 |
| | **-49** | 89 | 610 |
| | **-48** | 93 | 639 |
| | **-47** | 97 | 669 |
| | **-46** | 102 | 699 |
| | **-45** | 106 | 732 |
| | **-44** | 111 | 764 |
| | **-43** | 116 | 798 |
| | **-42** | 121 | 832 |
| | **-41** | 126 | 865 |
| | **-40** | 131 | 899 |
| | **-39** | 137 | 941 |
| | **-38** | 142 | 980 |
| | **-37** | 148 | 1019 |
| | **-36** | 154 | 1060 |
| | **-35** | 160 | 1102 |
| | **-34** | 166 | 1144 |
| | **-33** | 172 | 1188 |
| | **-32** | 179 | 1233 |
| | **-31** | 186 | 1280 |
| | **-30** | 193 | 1327 |
| | **-29** | 200 | 1376 |
| | **-28** | 207 | 1425 |
| | **-27** | 214 | 1476 |
| | **-26** | 222 | 1529 |
| | **-25** | 230 | 1582 |
| | **-24** | 238 | 1637 |
| | **-23** | 246 | 1693 |
| | **-22** | 254 | 1750 |
| | **-21** | 263 | 1809 |
| | **-20** | 271 | 1869 |
| | **-19** | 280 | 1930 |
| | **-18** | 289 | 1993 |
| | **-17** | 299 | 2057 |
| | **-16** | 308 | 2123 |
| | **-15** | 318 | 2190 |
| | **-14** | 328 | 2259 |
| | **-13** | 338 | 2329 |

| $T_{sat}$ (ºC) | PSI | kPa | |
|---|---|---|---|
| **-12** | 348 | 2400 | |
| **-11** | 359 | 2473 | |
| **-10** | 370 | 2548 | |
| **-9** | 381 | 2624 | |
| **-8** | 392 | 2702 | |
| **-7** | 404 | 2781 | |
| **-6** | 415 | 2862 | |
| **-5** | 427 | 2945 | |
| **-4** | 440 | 3029 | |
| **-3** | 452 | 3115 | |
| **-2** | 465 | 3203 | |
| **-1** | 478 | 3292 | |
| **0** | 491 | 3384 | |
| **1** | 505 | 3477 | |
| **2** | 518 | 3572 | |
| **3** | 532 | 3668 | |
| **4** | 547 | 3767 | |
| **5** | 561 | 3867 | |
| **6** | 576 | 3970 | |
| **7** | 591 | 4074 | |
| **8** | 607 | 4180 | |
| **9** | 622 | 4289 | |
| **10** | 638 | 4399 | |
| **11** | 655 | 4513 | |
| **12** | 671 | 4626 | |
| **13** | 689 | 4744 | |
| **14** | 706 | 4862 | |
| **15** | 723 | 4985 | |
| **16** | 741 | 5107 | |
| **17** | 760 | 5234 | |
| **18** | 778 | 5361 | |
| **19** | 797 | 5493 | |
| **20** | 816 | 5625 | |
| **21** | 836 | 5762 | |
| **22** | 856 | 5899 | |
| **23** | 877 | 6041 | |
| **24** | 897 | 6183 | |
| **25** | 919 | 6331 | |
| **26** | 940 | 6479 | |
| **27** | 963 | 6633 | |
| **28** | 985 | 6786 | |
| **29** | 1008 | 6946 | |
| **30** | 1031 | 7106 | |
| **31** | 1055 | 7271 | |
| **31.06** | 1057 | 7281 | **Temp. Crítica** |