Boletim da Engenharia 15

Instalação, operação e manutenção dos sistemas de refrigeração comercial **03/04**

Introdução

É bem provável que a maioria das deficiências de operação em sistemas de refrigeração existentes tenha origem na falta de cuidado ou procedimentos de instalações não adequados. As recomendações contidas neste presente boletim têm sido elaboradas para ajudar ao técnico de refrigeração na instalação, na operação e na manutenção dos sistemas de refrigeração comercial, que deverão ser levadas em consideração para a obtenção de uma instalação sem defeitos.

Estas recomendações são de caráter geral, tendo sido elaboradas para instalações de campo de sistemas de refrigeração que utilizam compressores alternativos & parafuso. Entretanto, estes procedimentos também poderão ser utilizados à qualquer tipo de sistema a ser instalado, utilizando somente a parte das instruções aplicáveis.

Projeto e Aplicação

A localização dos compressores deverá ser feita de forma a proporcionar uma correta ventilação, inclusive unidades condensadoras, nas quais sejam empregados condensadores remotos, devido à liberação de calor dos compressores e linhas de descarga. Os compressores resfriados por ar, deverão possuir sistemas de resfriamento por ventilação forçada.

Os condensadores resfriados por ar, deverão ser localizados de forma a assegurar uma correta e eficiente ventilação para o propósito de condensação. Cuidados deverão ser observados para evitar a recirculação do ar de um condensador para o outro.

As unidades resfriadas por água, deverão possuir um fornecimento adequado de água para manter as temperaturas de condensação desejadas. As linhas de sucção do sistema de refrigeração deverão ser dimensionadas de forma a manter adequadas velocidades para um eficiente retorno do óleo lubrificante.

Manuseio e recebimento do equipamento

A responsabilidade da recepção do material deverá ser atribuída a uma pessoa competente no local de trabalho. Cada partida deverá ser cuidadosamente verificada junto ao conhecimento de embarque ou nota fiscal de entrega. A recepção da mercadoria não deverá ser assinada até que todos os itens contidos nos documentos de entrega sejam verificados.

Verifique cuidadosamente eventuais defeitos em todas as partes do equipamento. Qualquer falha ou defeito deverá ser comunicado ao transportador da mercadoria. Danos no material são de exclusiva responsabilidade da empresa transportadora, não devendo ser devolvido ao fabricante sem prévia autorização deste para fazê-lo.

Quando desembalar os produtos proceda com o maior cuidado para evitar eventuais danos. Equipamentos pesados, não deverão ser retirados da base de transporte até estarem próximos à sua localização definitiva.

A lista de embalagem anexa a cada embarque, deverá ser cuidadosamente verificada para determinar se todas as peças e equipamentos foram recebidos. Acessórios deverão estar presos à unidade básica, para evitar perda e possível mistura com elementos de outras unidades.

Instalação Elétrica

O suprimento de energia elétrica, tensão, freqüência e seqüência de fases deverão ser cuidadosamente verificados e confrontados com os dados de placa do compressor. Toda a fiação elétrica deverá ser cuidadosamente analisada de acordo com os diagramas elétricos do fabricante.

Para garantir uma correta instalação, verifique:

- Nivelamento das unidades condensadoras e compressores;
- Fusíveis recomendados para compressores;
- Chaves magnéticas de partida, contatores e dispositivos de proteção do motor;
- Operação do pressostato de óleo,
- Sentido de rotação e velocidade dos ventiladores e/ou bombas de água;
- Ligações elétricas ou comandos não ligados a terra.

Instalação das linhas de refrigerantes

Devemos ter extremo cuidado na limpeza e desidratação das linhas de refrigerante antes da operação do equipamento.

Deverá ser observado o procedimento a seguir:

- Não deixar compressores e os demais componentes individuais do sistema frigorífico, principalmente filtros secadores desidratados, abertos à atmosfera com maior tempo que o necessário (máximo um ou dois minutos);
- Usar somente tubo de cobre para refrigeração devidamente limpo e preferencialmente com tampas nas extremidades;
- Recomenda-se o uso de filtros nas linhas de sucção e filtros secadores na linha de líquido em todos os sistemas a serem instalados em campo;
- As linhas de sucção deverão possuir um declive no sentido do compressor de 1 cm a cada 3 m;
- Analise a geometria das linhas em confronto com o projeto de forma a se evitar posteriores problemas decorrentes de deficiência no retorno de óleo;

- Quando se proceder à soldagem das linhas de refrigerante, um gás inerte deverá circular à baixa pressão através da linha (~1psig), para evitar formação de óxidos no interior da tubulação. Recomenda-se o uso de nitrogênio seco;

- Utilizar somente solda com liga de prata apropriada nas linhas de sucção e líquido e solda com liga de prata de alta temperatura somente nas linhas de descarga;

- Para evitar danos às uniões internas nos eliminadores de vibração, a conexão das linhas aos mesmos, deverá ser feita através de solda prata, com temperatura de fusão entre 480 e 630ºC;

- Limitar a pasta de solda ou fluxo ao mínimo requerido para prevenir contaminação interna. O fluxo deverá ser colocado somente na parte macho da conexão, nunca na parte fêmea;

- Se eliminadores de vibração estiverem instalados nas linhas de sucção e descarga, os mesmos deverão ser aplicados de acordo com as recomendações do fabricante. A posição recomendada é paralela ao virabrequim e tão perto quanto possível do compressor. A instalação dos eliminadores de vibração em um plano horizontal em ângulo reto em relação ao virabrequim não é recomendada, fadiga resultante dos movimentos do compressor poderá causar rompimento do atenuador de vibração ou da própria linha de descarga;

- A instalação de duas válvulas de serviço para a evacuação do sistema são recomendadas. Uma deverá ser instalada na linha de sucção e a outra na linha de líquido, no reservatório de líquido ou próximo a ele;

- Após a conexão de todas as linhas, o sistema deverá ser testado contra vazamentos. Todo o sistema deverá ser pressurizado com pressão máxima de 300psig com exceção dos evaporadores, ocasião onde os mesmos deverão ser testados com uma pressão máxima de 150psig, recomenda-se fazer este teste com nitrogênio seco e refrigerante. O uso de um detector eletrônico de vazamento é recomendado, devido à sua alta sensibilidade na detecção de pequenas fugas;

- Como verificação complementar contra vazamentos, recomenda-se que antes de proceder à carga de refrigerante, o sistema seja evacuado até uma pressão de 500 mícrons de Hg ou menos e permanecer fechado hermeticamente por no mínimo 12 horas. Qualquer entrada de ar no sistema será evidenciada por uma diminuição na leitura do vácuo – ou aumento da pressão efetiva negativa. Se evidenciada uma perda, o sistema deverá ser testado novamente e o vazamento eliminado. Somente um sistema absolutamente estanque pode ser considerado aceitável;

- Depois de realizado o teste final de vazamento, as linhas de refrigerantes expostas a condições ambientes com temperaturas elevadas, deverão ser isoladas para reduzir o efeito de absorção de calor, perdas térmicas, corrosão, etc. Recomenda-se isolar principalmente a linha de sucção, ocasião onde estiver sendo aplicado o sub-resfriamento mecânico, a linha de líquido também deverá ser isolada.

Evacuação

Uma bomba de alto vácuo deverá ser conectada em ambas as válvulas de serviço de evacuação nos lados de alta e baixa pressão do sistema, mediante tubo de cobre ou mangueiras de vácuo de diâmetro interno mínimo de ¼". Se o compressor possui válvulas de serviços, as mesmas deverão permanecer fechadas. Um manômetro de vácuo capaz de registrar pressões em mícrons de Hg deverá ser adaptado ao sistema para leitura das mesmas.

Uma válvula de bloqueio deverá ser instalada entre a bomba de vácuo e a conexão do manômetro para permitir a verificação da pressão do sistema após a evacuação. Não interromper o funcionamento da bomba de vácuo quando a mesma estiver conectada ao sistema em evacuação sem antes fechar a válvula.

A bomba de vácuo deverá operar até que uma pressão de 500 microns de Hg seja atingida, devendo neste momento “quebrar” o vácuo com nitrogênio seco, injetado através de um filtro secador, até que a pressão do sistema se elevar acima de “0psig”. A quebra do vácuo é sempre necessária, pois o nitrogênio seco quando for injetado, absorverá a umidade contida no sistema que não foi removida pela bomba de vácuo. Recomenda-se repetir esta operação pelo menos duas vezes.

Abra as válvulas de serviço do compressor, evacuando completamente o sistema até 500 microns de Hg. Em seguida eleve a pressão do sistema até 2psig com refrigerante e retire a bomba de vácuo.

Importante!: Em nenhuma situação opere o compressor enquanto o sistema estiver em vácuo.

Fundamentos sobre evacuação e desidratação

Quando um sistema é evacuado, a pressão descerá desde uma atmosfera. A escala de pressão absoluta pode ser usada, pois começa com zero quando não há pressão. Costuma-se descrever a pressão pela medida em que ela está, abaixo de uma atmosfera. Ao nível do mar a pressão atmosférica corresponde a 1,01325 bar, que é igual a 760 milímetros de mercúrio (mmHg) e que é igual a 29,9212 polegadas de mercúrio (pol.Hg).

Nos sistemas de refrigeração, a evacuação é necessária para remover o ar e a água antes de serem carregados com refrigerantes. A relação entre vácuo e o ar é simples: quanto mais perfeito o vácuo, tanto menor a quantidade de água de ar & água do sistema.

O ponto de ebulição de qualquer substância é definido como a temperatura na qual a pressão de vapor é igual a uma atmosfera de pressão. Para a água, essa temperatura é de 100ºC ao nível do mar. No entanto, se a pressão diminuir, o ponto de ebulição da água também baixará.

A função da evacuação é baixar a pressão a um ponto em que a água ferva a uma temperatura mais baixa e assim seja mais facilmente removida do sistema.

Tempo de evacuação

O tempo necessário para a remoção da água e do ar dependerá dos seguintes fatores:

- Dimensões do sistema;
- Quantidade de água líquida presente no sistema;
- Capacidade da bomba de vácuo usada;
- Dimensões das linhas de conexões.

Unidades de vácuo

As unidades usadas são milímetro de mercúrio e polegada de mercúrio abaixo de uma atmosfera. Para vácuos profundos, a unidade comum é o mícron. Abaixo seguem algumas comparações entre o mícron e outras unidades de medidas:

- 1 polegada de mercúrio = 24.500 mícrons de mercúrio;
- 1 polegada de mercúrio = 24,5 milímetros de mercúrio;
- 1 milímetro de mercúrio = 1.000 mícrons de mercúrio.

Pontos de ebulição da água para várias pressões

A tabela abaixo ilustra claramente a redução do ponto de ebulição da água como redução da pressão. Do ponto de vista prático, são necessárias pressões muito menores para obter uma diferença de temperatura para a água em ebulição de forma a obter uma transferência de calor. Pressões abaixo de 500 mícrons de Hg são necessárias para realizar uma boa desidratação no sistema frigorífico.

Unidades de vácuo					**Temperatura de Evaporação da Água**	
Polegadas de Hg	**mm de Hg**	**Lb./pol^2**	**Torr**	**Mícrons Hg**	**°C**	**°F**
0,000	0	14,7000	760,000	-	100	212
15,000	380	7,4000	380,000	-	82	179
26,000	660	1,9000	100,000	-	52	125
27,000	684	1,4000	76,000	-	46	115
28,000	711	0,9500	76,000	-	46	115
28,000	711	0,9500	50,800	50800	38	100
29,000	735	0,4900	25,400	25400	26	79
29,200	740	0,4000	20,800	20800	22	72
29,800	755	0,0900	4,579	4579	0	32
29,990	-	0,0050	0,250	250	-31	-25
29,996	-	0,0020	0,097	97	-40	-40
29,999	-	0,0005	0,025	25	-51	-60

Verificações necessárias antes da colocação em marcha do sistema

Após completar a instalação do sistema, os seguintes itens deverão ser verificados antes de colocá-los em operação:

- Verifique as conexões e terminais elétricos, tenha certeza que estejam bem apertados;
- Observe o nível de óleo do compressor antes da partida. O nível de óleo deverá estar no centro do visor, porém o mesmo poderá variar desde ¼ até ¾ do visor de óleo. Use somente óleo recomendado pela Bitzer (ver os óleos recomendados no Boletim de Engenharia nº06);
- Retire ou afrouxe os coxins de embarque colocados embaixo do compressor. Verifique se as porcas de fixação, em compressores montados com coxins de mola, não batem contra os pés de apoio do compressor;
- Verifique os controles de alta e baixa pressão, válvulas de controle de fluxo de água (se houver), válvulas reguladoras de pressão, controles de segurança, etc., regulando-os se necessário;
- Verifique a regulagem do termostato ou outro controlador de temperatura para as condições de trabalho;
- Etiquetas apropriadas ou outros meios deverão ser providenciados para indicar o tipo de refrigerante usado no sistema;
- Diagramas elétricos, instruções, boletins, etc., recebidos com o compressor ou unidades condensadoras, deverão ser lidos e arquivados para referências futuras;
- Faça as conexões apropriadas e carregue a unidade com o refrigerante correto. Pese o cilindro de refrigerante antes da carga, mantendo um controle exato da carga de gás contida no sistema. Se o refrigerante for carregado no sistema através do lado de baixa pressão, a carga deverá ser feita somente na fase de vapor. A carga com refrigerante líquido deverá ser feita pela linha de líquido;
- Observe as pressões do sistema durante a carga e operação inicial. Não adicione óleo quando o sistema estiver com pouco refrigerante a menos que o nível de óleo estiver perigosamente abaixo de ¼ do visor de óleo do cárter do compressor;
- Continue a carga até que o sistema possua suficiente quantidade de refrigerante para uma operação normal. Não carregue em excesso. Lembre-se de que borbulhas no visor da linha de líquido podem ser causadas tanto por restrições como por falta de refrigerante;
- Observe a unidade até o sistema atingir as condições normais de operação e a carga de óleo tenha sido ajustada para manter o nível de óleo no centro do visor.

Operação

Depois de realizada a carga de refrigerante no sistema e verificado as condições normais de operação, pelo menos por algumas horas, o sistema poderá operar de forma automática. Em seguida deverá ser feita uma nova verificação geral do sistema, como segue abaixo:

- Verifique as pressões de sucção e descarga do compressor. Caso não estiverem dentro dos limites de projeto do sistema, determine o motivo e corrige-o;

- Verifique o visor da linha de líquido e a operação da válvula de expansão. Se houver indicação de necessidade de mais refrigerante, verifique vazamentos em todas as conexões e componentes do sistema e elimine-os antes de adicionar mais refrigerante;

- Observe o nível de óleo do cárter do compressor através do visor e, se for necessário, adicione óleo até o nível chegar ao centro do visor;

- Verifique o superaquecimento. Os bulbos das válvulas de expansão deverão ter um contato eficiente com a tubulação de sucção na saída do evaporador. Válvulas com ajuste alto de superaquecimento, produzem não somente pequeno efeito de refrigeração, bem como escasso retorno de óleo. Baixo valor de superaquecimento produz baixa capacidade de refrigeração, retorno de líquido no compressor e diluição de óleo nos mancais do compressor. Refrigerante líquido não deverá atingir o cárter do compressor. Caso não se consiga obter um controle eficiente quando o sistema estiver operando normalmente, deverá ser colocado um separador de líquido (acumulador de sucção) na linha de sucção bem perto do compressor, evitando que o líquido refrigerante atinja o compressor;

- Mediante o uso de instrumentos apropriados, verificar cuidadosamente a tensão e corrente elétrica nos terminais do compressor. A tensão poderá estar dentro de mais ou menos 10% do indicado na placa do compressor. Se constatada alta ou baixa tensão, comunique a companhia fornecedora de energia elétrica. A corrente elétrica nominal não deverá exceder o valor máximo da corrente de trabalho indicada na placa do compressor. Se o valor da corrente elétrica nominal for excessivo, determine imediatamente a causa e tome uma ação corretiva. Nos compressores trifásicos deverá ser verificado se as correntes das três fases estão balanceadas, a Bitzer recomenda um valor máximo de desbalanceamento de fase igual a 2%;

- Todos os motores de ventiladores de unidades condensadoras resfriadas a ar, evaporadores, ventilador de cabeçote, etc., deverão ser verificados quanto às velocidades de regime. As bases dos motores dos ventiladores deverão ser cuidadosamente verificadas quanto ao aperto e alinhamento. Se correias forem usadas, deverá ser verificada a tensão nas mesmas;

- As regulagens máximas permitidas para os controles de alta pressão de unidades condensadoras são as seguintes:

	R22 / R404A / R507	**R134a**
Resfriadas a ar	370psig	360psig
Resfriadas a água	300psig	300psig

- As regulagens recomendadas para os pressostatos de baixa pressão de alguns refrigerantes:

Temperatura mínima da câmara ºC	**R22**		**R404A/R507A**		**R134a**	
	Liga (psig)	Desl. (psig)	Liga (psig)	Desl. (psig)	Liga (psig)	Desl. (psig)
10,0	70	20	90	35	45	15
-4,0	55	20	70	35	35	10
-1,0	40	20	55	35	25	10
-12,0	30	10	45	25	13	1
-18,0	15	1	25	7	8	1
-23,0	15	1	20	1	-	-
-29,0	10	1	12	1	-	-
-34,0	6	1	8	1	-	-

- Em sistemas que utilizam refrigerantes tais como os R407C alguns valores mencionados acima deverão ser revistos, devido às diferenças nos valores de pressão correspondentes às respectivas temperaturas de saturação;

- Verifique o ajuste de início e fim dos controles de degelo e tempo deste período;

- Verifique as resistências de cárter se usadas;

- Verifique o ajuste dos controles de pressão de alta em operação de inverno;

- Verifique o ajuste correto das válvulas reguladoras de pressão de sucção, se existentes;

- Ajustar, em sistemas resfriados por água, as válvulas de controle de fluxo de água para manter a temperatura desejada de condensação. Verificar a rotação correta das bombas de água.

Manutenção Preventiva

Um registro deverá ser preparado para cada medição, com uma cópia para o proprietário, sendo o original para o arquivo do instalador. Se outra empresa realizar o serviço de manutenção, cópias adicionais deverão ser preparadas conforme necessário.

A forma de registro pode ser diversa, na última página deste boletim tem um exemplo de planilha de acompanhamento de start-up. Porém, deverá ser incluído detalhe de dimensões e identificação de todos os elementos usados na instalação conjuntamente a dados e informações pertinentes. A seguir é dada uma sugestão de registro:

- Modelo e número de série do compressor;
- Modelo e número de série do equipamento;
- Modelo e número de série da unidade condensadora (caso seja uma unidade condensadora);
- Se for condensador remoto, determinar o tipo, fabricante, modelo e dados do ventilador.
- Temperaturas & pressões de operação do equipamento conforme o projeto;
- Tipo do gás refrigerante;
- Superaquecimento (útil e total) & sub-resfriamento;
- Corrente & tensão elétrica;
- Dados sobre os componentes individuais do sistema de refrigeração, tais como: separadores de óleo, controles de pressão, válvulas solenóide, filtros, válvulas de expansão, etc.
- Diagrama esquemático (isométrico) das tubulações de refrigeração;
- Ajustes finais de todas as pressões, regulagens e controles de segurança.

PLANILHA DE ACOMPANHAMENTO DE START UP										
Cliente							**Data**			
Obra										
Instalador			**Contato**				**Telefone**			
Equipamento					**Data original da Instalação**					
Modelo Compressor 1					Nº Série					
Modelo Compressor 2					Nº Série					
Modelo Compressor 3					Nº Série					
Modelo Compressor 4					Nº Série					
Modelo Compressor 5					Nº Série					
Refrigerante					Carga gás (Kg)					
LEITURAS OBTIDAS										
Compressor							**01**	**02**	**03**	**04**	**05**
Pressão de sucção (psig)											
Temperatura de evaporação (ºC)											
Temperatura de sucção (ºC)											
Superaquecimento do gás de sucção (K)											
Pressão de descarga (psig)											
Temperatura de condensação (ºC)											
Temperatura da linha de líquido (ºC)											
Temperatura linha de líq. sub-resfriada – se houver (ºC)											
Sub-resfriamento natural (K)											
Sub-resfriamento total (K)											
Temperatura de descarga (ºC)											
Temperatura do cárter do compressor (ºC)											
Temperatura ambiente (ºC)											
Pressão de entrada bomba de óleo (psig)											
Pressão de saída bomba de óleo (psig)											
Diferencial de pressão da bomba de óleo (psig)											
Nível de óleo no visor do cárter (¼; ½; ¾)											
Nível de óleo no reservatório (¼; ½; ¾) – se houver											
Temp. da água ou ar na entrada do condensador (ºC)											
Temp. da água ou ar na saída do condensador (ºC)											
Tensão elétrica nominal (V)						RS					
						RT					
						ST					
Corrente elétrica nominal (A)						R					
						S					
						T					

Bitzer Compressores Ltda
Av. Mofarrej, 317 –05311-000 São Paulo / SP
Tel (11) 3648 3100 – Fax (11) 3648 3180
www.bitzer.com.br - bitzer@bitzer.com.br