

Estudo da substituição de fluídos refrigerantes em sistema refrigeração e ar condicionado por compressão de vapor

STUDY OF COOLING FLUIDS REPLACEMENT IN STEAM COMPRESSION REFRIGERATOR AND AIR CONDITIONING SYSTEMS

Paulo Eduardo Migoto de Gouvêa

CTA - Centro Técnico Aeroespacial

Roberta de Freitas

Antônio Carlos Caetano de Souza

José Luz Silveira

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

RESUMO

Nos últimos anos, os setores de refrigeração e de ar condicionado entraram em uma discussão sobre os impactos ocasionados sobre o meio ambiente, em especial à camada de ozônio, pelas substâncias utilizadas como os CFCs (Clorofluorcarbonos). Neste sentido, acordos mundiais foram estabelecidos, com a intenção de adotar medidas e ações para mitigar os impactos causados pelas SDOs. (substâncias destruidoras de ozônio). Foi, então, firmado o Protocolo de Montreal, em 1987, por mais de 160 países, visando aplicar um cronograma para a redução, eliminação e controle para a produção e consumo dos SDOs. pelos países ingressantes. Na discussão deste problema envolve a substituição das SDOs. por outras substâncias (atividade esta conhecida como *retrofit* ou *drop-in*), o estudo de projetos de equipamentos voltados à sua utilização, de processos de fabricação, de procedimentos de manutenção. Entretanto, uma preocupação ainda persiste, que é o grande número de equipamentos de refrigeração que ainda operam com CFCs., especialmente em países em desenvolvimento.

O *retrofit* pode ser feito imediatamente, contribuindo para a preservação da camada de ozônio e eventual redução dos custos operacionais desde já, ou durante a manutenção programada do equipamento quando geralmente há menor custo de execução do *retrofit*. O processo deve ser conduzido, naturalmente, por profissionais capacitados, que levem em contra critérios para escolha do refrigerante alternativo, os quais incluem temperaturas de evaporação e de descarga, tipo de compressor, consumo de energia, custo do

sistema, compatibilidade com o filtro secador e com o isolamento elétrico do motor, além da miscibilidade do óleo com o refrigerante alternativo. Mas além das vantagens sociais e ambientais e além da necessidade de adequar a legislação vigente, o *retrofit* pode, em muitos casos, reduzir custos de energia e manutenção. A tarefa, então, exige a atenção em cima de diversos fatores para obter o êxito e cada caso deve ser avaliado individualmente.

PALAVRAS-CHAVES

Retrofit, Sistema de Refrigeração por Compressão, Desempenho, Fluidos Alternativos, Análise Experimental.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os setores de refrigeração e de ar condicionado entraram em uma discussão sobre os impactos ocasionados sobre o meio ambiente, em especial à camada de ozônio, pelas substâncias utilizadas como os CFCs (Clorofluorcarbonos). Neste sentido, acordos mundiais foram estabelecidos, com a intenção de adotar medidas e ações para mitigar os impactos causados pelas SDOs. (substâncias destruidoras de ozônio). Foi, então, firmado o Protocolo de Montreal, em 1987, por mais de 160 países, visando aplicar um cronograma para a redução, eliminação e controle para a produção e consumo dos SDOs. pelos países ingressantes. Na discussão deste problema envolve a substituição das SDOs. por outras substâncias (atividade esta conhecida como *retrofit* ou *drop-in*), o estudo de projetos de equipamentos voltados à sua

utilização, de processos de fabricação, de procedimentos de manutenção. Entretanto, uma preocupação ainda persiste, que é o grande número de equipamentos de refrigeração que ainda operam com CFCs., especialmente em países em desenvolvimento. O retrofit pode ser feito imediatamente, contribuindo para a preservação da camada de ozônio e eventual redução dos custos operacionais desde já, ou durante a manutenção programada do equipamento quando geralmente há menor custo de execução do retrofit.

O processo deve ser conduzido, naturalmente, por profissionais capacitados, que levem em conta critérios para escolha do refrigerante alternativo, os quais incluem temperaturas de evaporação e de descarga, tipo de compressor, consumo de energia, custo do sistema, compatibilidade com o filtro secador e com o isolamento elétrico do motor, além da miscibilidade do óleo com o refrigerante alternativo. Mas além das vantagens sociais e ambientais e além da necessi-

dade de adequar a legislação vigente, o retrofit pode, em muitos casos, reduzir custos de energia e manutenção. A tarefa, então, exige a atenção em cima de diversos fatores para obter o êxito e cada caso deve ser avaliado individualmente.

OBJETIVO DO TRABALHO:

Diversos estudos foram realizados, abordando aspectos históricos, científicos e econômicos da substituição de fluidos refrigerantes de sistemas de refrigeração e ar condicionado por compressão de vapor. Este trabalho mostra a viabilidade técnica e econômica dos processos de retrofit e como realizar a substituição de uma SDO por refrigerantes inofensivos lançados no mercado, como o MP39 da DuPont (R-401A, segundo a norma ASHRAE), o ISCEON49 da Rhodia (R-413A) e R134A. A figura seguinte mostra a bancada de refrigeração utilizada nos experimentos:

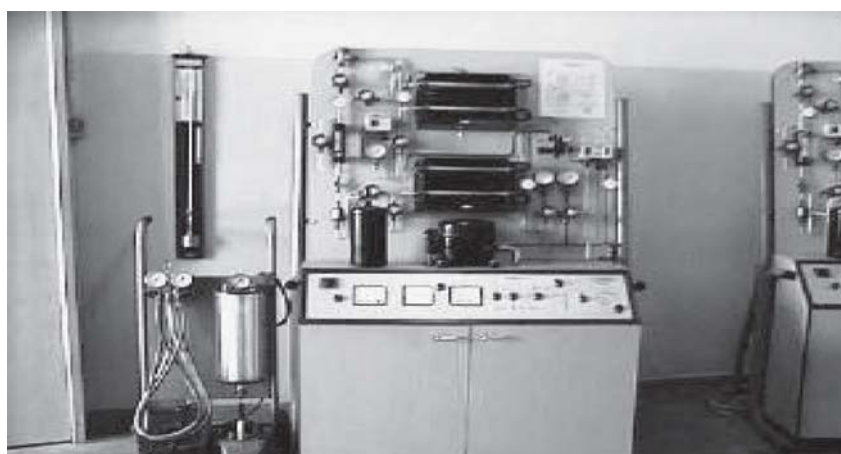


Figura 1 - Bancada de refrigeração

Para equipamentos com até 10 anos de funcionamento, normalmente recomenda-se o retrofit; os que têm entre 10 e 20 anos, o mesmo procedimento ou uma substituição de algum componente do sistema de refrigeração e para os que ultrapassam essa idade, geralmente a substituição total é a solução mais vantajosa na relação custo / benefício.

Além desses critérios, outros são importantes para estes casos específicos: Para os fluidos MP39 e o ISCEON49 não necessita trocar nenhum equipamento. Para a substituição por R134a, deve-se trocar o compressor (inclui troca de óleo mineral) e o filtro secador. Todas as características oferecidas pelo R12 devem ser satisfeitas como a estabilidade química dos componentes, baixa toxicidade, nenhum potencial de

inflamabilidade, boa miscibilidade com o óleo lubrificante, facilidade de detecção de vazamentos, baixo custo. Constatada a viabilidade da operação, realiza-se a sucção a vácuo do R12, sendo transferido a um equipamento que reproduz parcialmente um sistema de refrigeração. E o fluido, liquefeito, é armazenado em um reservatório evacuado para posterior reuso. Deve-se efetuar a evacuação do sistema para a retirada de umidade, aplicando, posteriormente, o fluido alternativo que será usado.

Resultados:

Tabela 1 e 2 - Dados obtidos e cálculos realizados para os diversos refrigerantes e rotações dos ventiladores

		fluxo mássico de refrigerante ($\cdot 10^{-3}$ kg/s)	Compressor (W)	Compressor - Potência registrada (W)	COP F	COP F real
ventiladores em alta rotação	CFC-12	5,04	98,28	630	5,8099	0,9063
	ISCEON49	4,43	180,83	630	3,4361	0,9863
	MP39	4,18	157,92	700	4,3091	0,9721
ventiladores em baixa rotação	CFC-12	5,02	108,93	640	5,1593	0,8781
	ISCEON49	4,55	208,53	680	2,9306	0,8987
	MP39	3,97	155,74	710	4,0952	0,8983

		Entrada de calor pelo evaporador (W)	Saída de calor pelo condensador (W)
ventiladores em alta rotação	CFC-12	571	669,31
	ISCEON49	621,35	802,18
	MP39	680,5	838,42
ventiladores em baixa rotação	CFC-12	562	670,92
	ISCEON49	611,11	819,64
	MP39	637,78	793,52

Tabela 3 - Dados obtidos e cálculos teóricos para R-12 e R-134a:

	fluxo mássico ($\cdot 10^3$ kg/s)	Compressor (W)	COP F
CFC-12	6,37	152,7	5,83
R134a	4,31	140,9	5,53

CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS:

Os novos refrigerantes apresentaram um aumento do COPF real, comparando com R12 (mesmo com a diminuição dos fluxos de refrigerantes em aproximadamente 11 a 19%, dependendo do refrigerante), em aproximadamente 8% na condição dos ventiladores em alta velocidade. Na condição onde os ventiladores foram mantidos em menor velocidade, este COP mostrou menor variação, sofrendo um acréscimo de 2,3%. Observou-se uma maior quantidade de calor trocada pelo evaporador e condensador e uma maior potência consumida pelo MP39 em relação ao ISCEON49, este, registrando valores maiores que o R12. A alta rotatividade dos ventiladores permitiram uma economia no consumo de potência por parte dos compressores,

o aumento da troca de calor pelo evaporador e do COPF real.

ABSTRACT

At last years, the refrigeration and air-conditioning sector begun a discussion about impacts occurred in the environment, specially in the ozone layer, by the use of substances such as CFCs (Chlorofluorocarbons). Due to this fact, world agreements have established with the purpose to adopt rules and auctions to mitigate the impacts caused by ODSs (Ozone depleting substances). Indeed, in 1987, the Montreal Protocol was established, through more than 160 countries, with objective to apply an agenda to the reduction, elimination, and controlling of production and use of this substances through associated countries. In the discussion of this problem, the replacing of ozone depleting substances for alternatives (this activity is called retrofit or drop-in), the study of newer equipments' projects for use with newer substances, manufacturing processes, and maintenance procedures is involved. However, a concern is persistent, yet. This one is the notable

number of refrigeration systems which operates using CFCs, mainly in underdevelopment countries. The retrofit may be done, contributing to preserve the ozone layer and eventual reduction of operational costs as soon as possible, or during a predicted maintenance when, usually, the retrofit cost is lower. This process must be performed by experts because they adopt criteria to choose the alternative refrigerant, considering informations such as evaporation and unloading temperature, type of compressor, energy consumption, system cost, compatibility of chose refrigerant with dryer filter and engine electric isolation, and miscibility with chose lubricant. Beyond social and environmental advantages, and beyond of the need to adequate the environmental laws, the retrofit can, in most of cases, to reduce the energy and maintenance cost. For this task, an attention about several factors to get the success of this work is demanded, and each case must to be studied individually.

KEY-WORDS

Retrofit, Steam compression refrigeration system, Performance, Alternative fluids, Experimental analysis.

REFERÊNCIAS

GOUVÊA, P. E. M.; SILVEIRA, J. L. "Projeto e Análise do Desempenho de um Sistema de Refrigeração Operando com R134a", In: VI Congresso Ibero-Americano de Aire Acondicionado y Refrigeración-CIAR' 2001, p.1-4, Buenos Aires, 2001.

PROZONESP - Programa Estadual de Prevenção a Destruição da Camada de Ozônio. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/prozonesp/grupo_ozonio/CFCs.pdf. Consultado em Novembro 2003.

RIFFAT, S. B.; SHANKLAND, N., "Comparison of R134a and R12 refrigerants in a vapour-compression system", International Journal of Energy Research, v.17, p.439, 1993.

REVISTA ABRAVA, "Retrofit de Refrigerantes", Editora Vogal, pp. 40-42, São Paulo, Julho 2004.

DUPONT, "Linha Suva® de Fluidos Refrigerantes.