LA ERA DEL CO2.

La última enmienda al Protocolo de Montreal, firmada por 200 naciones del mundo, pone las cosas en claro: los HFC deben salir de circulación. Pero comienzan las preguntas: ¿Qué refrigerante es el más adecuado? ¿Existe el refrigerante ideal? ¿Se acabaron los refrigerantes sintéticos?

Mientras se encuentran respuestas, el CO2 levanta la mano y comienza a demostrar que la tecnología se ha desarrollado suficiente para emplearlo como refrigerante en un creciente número de aplicaciones. Ya se ha ganado la confianza de los sectores industrial y comercial de diversas naciones.

Durante los últimos años, la importancia del CO2 como refrigerante en diversas aplicaciones ha aumentado progresivamente. El aspecto más significativo de este desarrollo es que, desde el punto de vista del medioambiente, el CO2 es uno de los pocos refrigerantes sostenibles para los sistemas de los supermercados.

Sin embargo, el CO2 no es un refrigerante de sustitución directa (drop-in) para los refrigerantes existentes, y su adecuación para cada aplicación se debería evaluar tomando como referencias el impacto total equivalente de calentamiento (TEWI, por sus siglas en inglés) y el costo del ciclo de vida. Se considera que el CO2 es uno de los refrigerantes más útiles para aplicaciones de refrigeración en los sectores industrial y de distribución alimentaria minorista.

Esta consideración se ve reforzada por los desarrollos observados en el sector de la refrigeración. Desde el punto de vista de sus propiedades termodinámicas puras, el CO2 no se ha estudiado a profundidad como refrigerante; sin embargo, cuenta con propiedades termofísicas únicas, como un excelente coeficiente de transferencia térmica, relativa insensibilidad a las pérdidas de presión y muy baja viscosidad.

En aplicaciones prácticas, los sistemas de CO2 ofrecen un desempeño muy elevado, principalmente debido a que cuentan con mejor intercambio de calode bombeo cuando se utiliza como fluido secundario y, en ambientes fríos, ofrecen la posibilidad de operar con una presión de condensación muy baja durante el invierno.

La eficiencia de los sistemas con CO2 depende más de la aplicación y del clima que otros refrigerantes. Con todos los refrigerantes, se presenta una caída en la eficiencia del sistema cuando se incrementan las temperaturas de condensación, y el CO2 se encuentra entre los refrigerantes con la caída más pronunciada.

Sus buenas propiedades termofísicas pueden compensar la caída hasta cierto punto, pero hay un límite. El CO2 cuenta con un alto contenido energético a temperaturas elevadas, y cuando este calor se recupera para calentar agua sanitaria o para aplicaciones similares, la eficiencia total del sistema es muy elevada. Los sistemas más modernos aprovechan al máximo el calor de alta calidad rechazado por el sistema de refrigeración, recuperándolo con fines de calentamiento de espacios y procesos.

Desde una perspectiva ambiental, el CO2 es un refrigerante muy atractivo, ya que presenta cero potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO) y un potencial de calentamiento global (PCG) de uno. Se trata de una sustancia abundante que existe naturalmente en la atmósfera. Dicho de otro modo, el CO2 no afecta a la capa de ozono y, en comparación con los refrigerantes HFC convencionales, tiene un impacto hasta 4 mil veces inferior sobre el calentamiento global. Al ser un refrigerante natural, difícilmente se retirará de circulación.

or tanto, reduce los costosos programas de gestión de refrigerantes o los cada vez más cuantiosos costos e impuestos sobre los refrigerantes.

Se trata de la forma más sencilla de reducir la huella de carbono:

Los supermercados han conseguido reducirla en más de 30 por ciento (considerando todas las fuentes: administración, distribución e iluminación) sólo con adoptar la refrigeración con CO2. Si todos los supermercados del mundo adoptasen el CO2 como refrigerante, las emisiones anuales se reducirían en más de 50 millones de toneladas.

PRESIÓN Y TEMPERATURA.

De acuerdo con información comunicada por Danfoss a nivel global, el CO2 es un refrigerante que requiere presiones de operación elevadas para funcionar de manera eficiente. Cuando no se encuentra en funcionamiento, la temperatura ambiental puede elevarse, exceder la temperatura crítica y la presión exceder el punto crítico.

Por lo tanto, en general, los sistemas se diseñan para soportar presiones de hasta 90 bar e, incluso, suelen equiparse con una unidad condensadora en modo paro para mantener la presión baja. Al mismo tiempo, el CO2 presenta una baja relación entre presión y compresión (entre 20 y 50% menos que los HFC y el amoníaco), lo que mejora su eficiencia volumétrica. Con una temperatura de evaporación que oscila entre -55 y 0 grados centígrados, el desempeño volumétrico del CO2 es entre cuatro y 12 veces mejor que el del amoníaco, lo que permite utilizar compresores con menores volúmenes de barrido. El punto triple y el punto crítico del CO2 están muy cercanos al rango de trabajo. El punto triple puede alcanzarse durante la operación normal del sistema. Cuando se realiza servicio al sistema, puede alcanzarse el punto triple, indicado por la formación de hielo seco cuando las partes del sistema que contienen líquido son expuestas a la presión atmosférica. Se requieren procedimientos especiales para prevenir la formación de hielo seco cuando se realiza venteo.

INTERACCIÓN CON MATERIALES.

El CO2 no reacciona con metales comunes o con componentes de Teflón, PEEK o neopreno; no obstante, se transforma en elastómeros y puede provocar protuberancias si entra en contacto con caucho butílico (IIR), caucho de nitrilo (NBR) y materiales de etileno-propileno (EPDM).

La densidad del CO2 en estado líquido es de aproximadamente 1.5 veces la del amoníaco, lo que resulta en una mayor carga másica en los evaporadores, como los grandes chillers de placas y en los sistemas industriales de gran tamaño. Una mayor densidad también implica una mayor circulación de aceite, lo que requiere, a su vez, separadores de aceite eficaces para sistemas industriales.

COSTO-EFICIENCIA.

El CO2 es un producto residual en numerosas industrias, por lo que su precio es bajo. Sin embargo, los sistemas de CO2 tienden a ser más costosos que los sistemas tradicionales debido a las altas presiones (en sistemas transcríticos) o a una mayor complejidad (tanto en sistemas transcríticos como subcríticos). La complejidad de los sistemas está disminuyendo con el lanzamiento de los sistemas Booster, y con el incremento en las instalaciones de CO2, se ha visto que el costo de los sistemas se acerca al costo de referencia de los sistemas que emplean HFC. Los sistemas secundarios de CO2 de gran tamaño, especialmente para refrigeración industrial, pueden ser menos costosos de construir que sus contrapartes que operan con glicol y, por tanto, ofrecen un costo inicial menor, así como en su ciclo de vida.

Se trata de una opción eficiente por:

• Sus excelentes propiedades termofísicas.

• Su elevada eficiencia volumétrica permite utilizar tuberías, aislamientos y compresores de menor tamaño.

• Su elevada eficiencia de transferencia de calor se traduce en mayores capacidades

• Los usuarios finales, tanto del sector industrial como comercial, están comenzando a comprobar los resultados. El CO2 reduce los costos de operación.

• Los sistemas en cascada con CO2 proporcionan alta eficiencia en todo tipo de climas

• Los sistemas transcríticos constituyen una solución eficiente, sencilla y económica en los climas menos calurosos.

• En los sistemas secundarios, el CO2 permite ahorrar hasta 90% de la energía de bombeo respecto a las salmueras convencionales.

AMPLIA GAMA DE APLICACIONES.

Al analizar aspectos como la eficiencia, la seguridad, la toxicidad y el impacto sobre el cambio climático a nivel global, resulta evidente que no existe un refrigerante universal idóneo para todas las aplicaciones. Se considera que el uso del CO2 como refrigerante ofrece ventajas para una gran variedad de aplicaciones por distintos motivos. Entre las principales aplicaciones en las que el uso del CO2 proporciona ventajas significativas, se incluyen las que afectan a los siguientes campos:

Distribución alimentaria minorista, industria, bombas de calor, transporte refrigerado y refrigeración de armarios de servidores y sistemas electrónicos.

Distribución alimentaria minorista:

La fuga de refrigerantes con alto PCG de instalaciones pertenecientes al sector de la distribución alimentaria minorista convierte a este sector en un objetivo natural de la legislación medioambiental. El CO2, un compuesto no tóxico ni inflamable, se adapta perfectamente a las necesidades de dicho sector.

Industria:

El CO2 resulta extremadamente eficiente como fluido refrigerante secundario para aplicaciones a media temperatura. Como refrigerante, alcanza su máxima eficiencia a bajas temperaturas. Dado que también posee excelentes propiedades de transferencia de calor y elevada eficiencia volumétrica, permite congelar multitud de productos utilizando instalaciones pequeñas en superficie.

Transporte:

Se trata de una aplicación en la que los caudales de las fugas de refrigerante pueden generar un importante impacto medioambiental. El CO2, de carácter no tóxico ni inflamable, puede utilizarse en este caso para reducir la huella de carbono global de este sector.

Bombas de calor:

En aquellos lugares donde se necesite agua caliente, el CO2 es la solución perfecta. En los ciclos transcríticos del CO2 se libera una gran cantidad de calor a elevadas temperaturas, lo que también convierte al CO2 en una opción eficiente para aplicaciones en las que se necesite tanto calefacción como refrigeración.

Refrigeración de armarios de servidores y electrónicos:

La naturaleza no inflamable y la elevada eficiencia de transferencia de calor en instalaciones pequeñas en superficie resultan esenciales en las aplicaciones electrónicas. El CO2 también puede utilizarse en circuitos de refrigeración natural (free-cooling) en los que la potencia necesaria para hacer circular el medio refrigerante es mínima.

APLICACIONES.

A diferencia de la mayoría de los refrigerantes, el CO2 se emplea en tres diferentes ciclos de refrigeración:

• Subcrítico (sistemas en cascada).

• Transcrítico (sistemas que operan sólo con CO2).

• Como fluido secundario (el CO2 se utiliza como salmuera volátil). La tecnología utilizada depende de la aplicación y de la ubicación del sistema.

Existen diversas aplicaciones en las que el CO2 se vuelve atractivo y es utilizado ampliamente en la actualidad:

• Refrigeración industrial. El CO2 se utiliza generalmente en combinación con amoníaco, ya sea en sistemas en cascada o como salmuera volátil.

SISTEMA TRANSCRÍTICO TIPO BOOSTER PARA RETAIL.

El sistema transcrítico tipo booster permite recuperar el calor con una elevada eficiencia, y es uno de los sistemas más prometedores para climas fríos y templados.

El motivo es que su consumo energético es igual o inferior al de los sistemas que emplean refrigerante R-404A y su diseño es relativamente sencillo. Se divide en tres secciones en función de la presión: alta, intermedia y baja. Los controles existentes en un sistema transcrítico pueden agruparse en cuatro categorías: controles para el enfriamiento de gas o gas-cooler, del recipiente, de la inyección y de capacidad de los compresores.

SISTEMA EN CASCADA CON HC/ HFC-CO2 PARA DISTRIBUCIÓN ALIMENTARIA MINORISTA.

El uso del CO2 en sistemas en cascada aporta diversas ventajas:

• Elevada eficiencia del sistema, incluso en climas cálidos.

• Se necesita sólo una pequeña cantidad de refrigerante en la etapa de alta temperatura. • La diferencia de temperatura en los intercambiadores de calor en cascada es relativamente baja.

• En el lado de alta temperatura, se utilizar distintos refrigerantes, como HC, HFC o el NH3.

El control de los sistemas en cascada puede agruparse en las siguientes categorías:

Control de la capacidad de los condensadores, de la capacidad de los compresores, de la inyección en cascada, del flujo de CO2 de media temperatura (MT) y de la inyección del evaporador de baja temperatura (BT).

SISTEMA INDUSTRIAL CON CO2 COMO FLUIDO SECUNDARIO.

Las investigaciones han mostrado que el costo de instalación de los sistemas que utilizan CO2 como fluido secundario no supera el de los sistemas que emplean salmueras acuosas o glicol; además, dichos sistemas consiguen un ahorro energético de hasta 20%.

Para una empresa instaladora experimentada, puede ser más económico instalar en un almacén frigorífico un sistema de refrigeración con una capacidad de 500 kW que utilice CO2, que un sistema de refrigeración secundario que emplee refrigerantes de base acuosa. Los ejemplos han demostrado que se puede conseguir un ahorro energético de hasta 12% utilizando un sistema de refrigeración con CO2. Los sistemas que lo emplean como fluido secundario son relativamente sencillos. La principal diferencia respecto de los sistemas que utilizan salmueras acuosas o glicol es que el tamaño de las tuberías y los componentes de los sistemas con CO2 es considerablemente menor para obtener una capacidad idéntica.

Fuentes:RAC&V.