

Climatización - Sistemas de Caudal Variable de Refrigerante

Artículo proporcionado por el señor Klaus Grote Hahn, Ing. Civil Mecánico UTFSM

Los Sistemas de Climatización de Caudal Variable de Refrigerante son relativamente modernos en comparación con otros sistemas (sistemas todo aire, todo agua, etc.) que se han venido utilizando desde hace ya muchos años. En la actualidad son varios los fabricantes, principalmente japoneses y coreanos, que ofrecen este tipo de sistemas al mercado del aire acondicionado. Las patentes de los sistemas de Caudal Variable de Refrigerante (CVR) o en inglés VRF (Variable Refrigerant Flow), VRV (Variable Refrigerant Volume) pertenecen a estas empresas multinacionales que han incorporado sus avances en materia electrónica y de control a este tipo de sistemas de climatización. Estos sistemas cumplen a la perfección con lo que se demanda hoy en día a un sistema de climatización: facilidad de diseño, flexibilidad, eficiencia energética, fiabilidad, facilidad de instalación, reducido mantenimiento, silencioso, facilidad de uso y respetuoso al medio ambiente.

En los últimos años se están dando altos crecimientos de este tipo de climatización, por cuanto al uso de refrigerante R22 se han incorporado otros refrigerantes ecológicos como R-407 o R 410.

El parámetro o variable que se modifica en estos sistemas es el caudal o flujo del refrigerante, que se regula gracias a diversas tecnologías en los compresores (Inverter) y a las válvulas de expansión electrónicas (EXV –Electronic Expansion Valve) o válvulas de modulación de impulsos (PMV- Pulse Motor Valve), incorporadas en unidades interiores y exteriores, con el fin de ajustar la capacidad a la demanda. La idea no es otra que entregar a cada unidad interior el refrigerante (potencia frigorífica) que demanda la zona que climatiza. De esta manera se consigue que el consumo no es el total del sistema, si no que es función de la potencia que se entrega.

Debido a que se pueden conectar numerosas unidades interiores en el mismo circuito de tuberías de cobre por donde circula el refrigerante, permiten disponer de una importante independencia climática, para obtener una amplia zonificación del sistema de climatización.

Estos sistemas son ideales para aplicaciones de carga variable, ya que el régimen del compresor Inverter se adapta a la variabilidad de la carga térmica del edificio. Las principales aplicaciones comerciales y residenciales son en oficinas, hoteles, comercio, viviendas unifamiliares, remodelaciones de edificios, etc.

B. Sistemas de Caudal Variable de Refrigerante VRF

Existen en el mercado 3 tipos de sistemas dentro del Caudal Variable de Refrigerante:

1. Sólo frío. La potencia que entrega es exclusivamente de refrigeración.
2. Bomba de Calor. Todas las unidades interiores funcionan en modo frío o en modo calor.
3. Recuperación de calor. Proporciona refrigeración y calefacción simultáneamente adecuándose a las necesidades de cada zona. Unas unidades interiores pueden estar aportando frío y otras calor al mismo tiempo, principalmente en épocas intermedias. Estos sistemas reducen los costos de operación al transferir energía a través del edificio.

Los sistemas VRF también se pueden diferenciar de la siguiente manera, atendiendo al sistema de distribución del refrigerante:

- Sistema a dos tubos: tubería de líquido, tubería de succión de gas en frío y tubería de descarga en calor.
- Sistema a tres tubos: tubería de líquido y tubería de succión de gas en frío y descarga en calor.

Aunque no existen datos muy exactos del mercado sobre el porcentaje de instalación de los distintos tipos de sistemas de CVR, el sistema de mayor uso es el de Bomba de Calor, aproximadamente entre un 70% a 80% del total. Le sigue el sistema de Recuperación de Calor, quizás por su mayor costo inicial y por la posibilidad de encontrar una solución técnica viable con un sistema de Bomba de Calor. El sistema de Sólo Frío se monta en un porcentaje del 5% aproximadamente.

C. Clasificación de los Sistemas

VRF según un punto de vista didáctico. Se podrían definir de la siguiente manera:

Sistemas de expansión directa. Este tipo de sistemas se caracterizan porque los intercambios energéticos se realizan entre el medio exterior y el refrigerante, y entre éste y los locales a climatizar, sin recurrir a otros fluidos para el transporte de energía. Los sistemas de expansión directa (DX- Direct Expansion) tienen una o varias unidades condensadoras con baterías de tubos aleteados.

• Sistemas todo refrigerante.- (En función del transporte o del circuito secundario, según clasificaciones de ASHRAE) Para los sistemas bomba de calor y recuperación de calor, se puede decir que son sistemas aire-aire, cuando el fluido que utilizan para la condensación es el aire exterior. También existen Sistemas VRF condensados por agua (sistemas agua-aire), si bien es cierto que el porcentaje de instalación es mínimo comparado con los sistemas bomba de calor aire-aire.

- Sistemas Multisplit Inverter. Varias evaporadoras o unidades interiores conectadas frigoríficamente a una única condensadora o unidad exterior.

Para conseguir una adecuada ventilación y mejorar la calidad del aire interior es necesario introducir aire fresco del exterior, también llamado aire primario o de ventilación para ventilar las distintas zonas del edificio a climatizar, dependiendo del uso del edificio, área de éste y número de personas. Para ello los fabricantes de sistemas VRF completan el sistema de climatización con intercambiadores de calor aire-aire, normalmente con recuperación de calor. De esta manera se cumplen 2 objetivos primordiales, ventilar las zonas internas y además recuperar una parte importante de la energía que se expulsa a través de la corriente de aire de extracción.

Las unidades de ventilación aire-aire se pueden integrar en el sistema de aire acondicionado, incluso desde el punto de vista del control. Cuando estas unidades se integran en un sistema de calefacción y refrigeración, disminuye el tamaño total del sistema de climatización necesario y regenera parte de la energía utilizada para climatizar el edificio. Para la ventilación se pueden utilizar unidades interiores en su porcentaje de aire permitido.

D. Descripción:

Características, ventajas, generalidades y componentes.

Los Sistemas de Caudal Variable de Refrigerante VRF permiten conectar varias unidades interiores a una sola unidad exterior o conjunto de unidades exteriores por medio de un circuito frigorífico principal de 2 tuberías de cobre debidamente aisladas. En el caso de sistemas de recuperación de calor se utilizan normalmente 3 tubos desde la unidad exterior hasta las cajas repartidoras o selectoras de flujo y posteriormente 2 tubos desde éstas hasta las unidades interiores.

Se puede decir, que los sistemas VRF derivan de los llamados sistemas Multisplit utilizando la tecnología Inverter y válvulas de expansión electrónicas para conseguir un control continuo del caudal de refrigerante en función de la demanda de la instalación. El sistema VRF controla individualmente cada unidad interior reduciendo al mínimo los costos de operación gracias al compresor Inverter y al sistema electrónico de control.

Frente a los sistemas convencionales que operan con corriente alterna y regulan la temperatura conectando o apagando el compresor, los sistemas de tecnología Inverter, como los VRF, son capaces de variar la corriente en el compresor de alterna a continua para ajustar su capacidad a la demanda energética. Con la tecnología Inverter se consiguen grandes ahorros energéticos, gracias a la regulación del compresor, reducidos niveles sonoros, alta fiabilidad (se reducen los ciclos marcha/paro), se alcanza antes la temperatura deseada y se reducen las fluctuaciones de temperatura (mayor confort).

Los elementos fundamentales del sistema Inverter son 3: el convertidor, el inverter y el compresor.

- Convertidor: componente del Inverter cuya función específica es transformar la corriente alterna (CA) en corriente continua (CC).

- Inverter: el elemento fundamental del sistema es un dispositivo electrónico de control situado en la unidad exterior que permite modificar la frecuencia de la corriente, y de este modo, la velocidad del compresor.

- Compresor: compresor especial de velocidad variable. Modula la capacidad para ajustarse a la demanda.

En el mercado actual se pueden encontrar sistemas que combinan compresores Inverter con compresores tradicionales de velocidad fija y sistemas que sólo utilizan compresores Inverter.

Así mismo, los compresores utilizados normalmente por los fabricantes son compresores Scroll y/o compresores Rotativos.

A continuación se enumeran una serie de características y ventajas de los sistemas VRF:

- Máxima zonificación. Cada usuario o espacio dispone de su control.
- Fácil diseño.
- Bajos niveles sonoros.
- Eficiencia energética y ahorro de energía. Elevados rendimientos y tecnología Inverter (compresor + válvulas electrónicas = ajuste de la capacidad a la demanda).
- Reducido espacio de instalación de las unidades exteriores compactas.
- Elevada flexibilidad en cuanto a trazados, longitudes del sistema, número de unidades interiores por sistema.
- Menores espacios de paso de tuberías.
- Reducidos costos de operación.
- Múltiples tipos de unidades interiores.
- Funcionamiento en modo calor a bajas temperaturas exteriores ($t_e = -15^{\circ}\text{C}$).
- Versátiles sistemas de control (locales, centrales o en red).
- Factor de sobrecarga (simultaneidad: posibilidad de instalar unidades exteriores de menor potencia que la suma de las unidades interiores (los sistemas actuales permiten normalmente entre 130 a 135% de la capacidad de las unidades exteriores en sistemas Bomba de Calor).

Entre las principales desventajas que se mencionan a los sistemas VRF están:

- Elevado costo inicial.
- Distribución de refrigerante por medio de una red de tuberías de cobre susceptible de fugas.
- En sí mismos no permiten el control de humedad ni la opción de free-cooling.
- Cuidado en el diseño de la recuperación del aceite, que al diluirse con el gas caliente es transportado a través del circuito frigorífico, debiendo buscarse soluciones para asegurar su retorno a los compresores.

Debido a la gran variedad de tipos de unidades interiores, son múltiples las opciones de selección de la unidad evaporadora que se pueden encontrar en el mercado:

- Casette: 1,2 y 4 vías.
- Conducto: baja silueta, estándar y alta presión.
- Piso-cielo.
- Muro de presentación.
- Suelo: con y sin mueble.
- Suelo vertical.

La gama de potencias de unidades interiores, permite cubrir todas las necesidades desde 2,2 KW hasta 14 KW. Algunas unidades incorporan de serie bombas de condensado. Algunos fabricantes disponen de filtros de elevada eficiencia para mejorar la filtración por los filtros estándar.

En cuanto a las unidades exteriores se pueden encontrar sistemas modulares o de bloque único. En los sistemas modulares, mediante la combinación de distintos módulos o unidades exteriores se consigue la potencia necesaria para la instalación proyectada. Los distintos módulos se conectan entre sí mediante el circuito frigorífico y la tubería de equilibrado de aceite.

Un dato muy importante que caracteriza a las unidades exteriores de los sistemas VRF es el número de las unidades interiores conectables y que en aplicaciones en las que hay una variada zonificación con cargas muy pequeñas en cada espacio (hoteles, hospitales, etc) esta limitación es crítica (se pueden conectar hasta 30 unidades interiores). Aunque las unidades condensadoras son para intemperie, se pueden instalar en zonas internas de los edificios gracias a la presión estática disponible de los ventiladores que ofrecen los fabricantes. Además, como característica importante de estos sistemas es que estas unidades se pueden instalar casi pegadas, dejando una distancia mínima de 2cm entre ellas.

E. Compresores

Hay fabricantes que ofrecen sus unidades condensadoras con compresores de modulación diferentes al Inverter, como p.ej. compresor Super PC Compressor (Sanyo) o Digital Scroll (Midea), que es la tecnología más a la vanguardia de la industria de la refrigeración. A continuación se indican las siguientes ventajas del Sistema Digital Scroll MDV-D (desarrollado por Copeland) respecto al sistema Inverter:

- Rango de regulación de la potencia entre 10% y 100%. En el sistema inverter la capacidad mínima es de un 30% (cuando la capacidad interior requerida en el sistema Inverter es menor a un 30%, el sistema necesita de varios bypass para modular la capacidad total, lo que lo hace menos eficiente).

- Regulación continua efectiva de la energía.

- Vida útil muy elevada (pocas partidas y paradas del compresor).

- Alta eficiencia y estabilidad del refrigerante con el empleo de sellos de alta resistencia.

- El compresor funciona a velocidad constante (no requiere de convertidor e inverter con sus controles, los cuales son muy costosos) regulando su capacidad abriendo y cerrando periódicamente una válvula del bypass para controlar el flujo del refrigerante. Este ciclo de control normalmente dura entre 10 a 20 segundos entre dos aperturas de la válvula. Cambiando la relación entre el tiempo que la válvula permanece abierta y el tiempo que permanece cerrada, se obtiene el control preciso de la cantidad de refrigerante comprimido.

- Modulación continua de la demanda y no por escalones como el sistema inverter (ahorro de un 15 % de energía durante la modulación de la capacidad).

- No genera interferencia electromagnética, a diferencia del sistema inverter, lo cual lo hace apropiado para ser empleado en telecomunicaciones, laboratorios, etc.

- No necesita de un sistema de separación y recirculación de aceite. La velocidad del gas es suficiente para arrastrar el aceite a lo largo del sistema cuando el compresor está en estado de carga, mientras que cuando el compresor trabaja en vacío (10%) el aceite no sale del compresor y permanece estático en las tuberías. Posee un sistema de control electrónico y mecánico para mantener un correcto nivel de aceite en el cárter del compresor. De esta forma se evitan los problemas de retorno de aceite y su complicada red de tuberías en la unidad condensadora del sistema Inverter.

- Mejor capacidad de deshumidificación.

- Alto EER (Efficiency Energy Ratio) en carga total (11,5) y en carga parcial.

F. Análisis del Consumo de Energía en Edificios (según antecedentes de Daikin)

En un edificio los consumos de energía se reparten aproximadamente en los siguientes porcentajes:

Climatización = 47 % Iluminación = 32 % Otros Servicios = 21%

•El consumo de sistemas centralizados con enfriadores de agua helada (chiller) es de: Equipos = 42% Bombas = 15 % Ventiladores = 43%

- Influencia del tamaño de la instalación en el transporte de la energía
- Análisis del consumo de energía en edificios. Pérdidas de energía de sistemas centralizados
- La capacidad entregada y el consumo de la instalación no son proporcionales.
- El consumo debido al transporte de calor es constante.
- El consumo de los equipos es variable y proporcional a la capacidad entregada.
- Pérdidas de energía en sistemas centralizados.
- Pregunta: ¿Cómo reducir el consumo de energía en el transporte de calor?
- Un fluido de calor más eficaz.
- Una instalación con menor inercia.
- Un control más personalizado, más preciso y eficaz.
- Comparación de sistemas disponibles (transporte de energía)
- Sistema VAV (Volumen Aire Variable)
- Sistema VWV (Volumen Agua Variable) con Agua Helada diferencial 5°C $1 \text{ kcal/lt} \times 5^{\circ}\text{C} = 5 \text{ kcal/lt}$
- Sistema VRF (Volumen Refrigerante Variable) con calor latente de evaporación y condensación para R22 = 49 kcal/kg.

Se puede observar que la capacidad de transporte del sistema de expansión directa VRF es aproximadamente 10 veces mayor que la del agua y 20 veces mayor que el aire. Además no requiere de equipos adicionales para el transporte de energía, como bombas en el caso de agua o ventiladores en el caso del aire, por lo cual no tiene consumos adicionales. Por otra parte, al tratarse de un fluido sometido a presión, la sección de la tubería necesaria para el transporte de energía será menor en comparación con el agua y aire.

Valores característicos de consumo de energía para sistemas de 200 Tons de refrigeración son:

- Enfriadora agua helada 1,2 kW/ton x 200 tons = 240 kW

- Sistema VRF 0,9 kW/ton x 200 tons = 180 kW

Sistema Inverter Eficiencia a cargas parciales

- Unidades de recuperación de calor HRV (Heat Reclaim Ventilation)

Con estas unidades se obtiene:

- Reducción de la carga debida al Aire exterior

- Reducción de la capacidad en la unidad de refrigeración (tamaño y consumo)

- Sistema de recuperación de Calor (Sistema Inverter 3 tuberías –Frío & calor simultáneo)

Control de Ruido en Sistemas de Climatización (Parte II)

Por el señor Héctor Fuentes L., Gerente Ingeniería, Silentium

EVALUACIÓN DE EMISIONES DE RUIDO DE SALAS DE MÁQUINAS

Los equipos instalados en el exterior del edificio, ya sea en el último piso, a nivel de terreno o en pisos intermedios, pueden causar molestias debido al ruido o incluso infringir la normativa existente respecto a límites máximos de emisión de ruido (D.S. No 146/97 del MINSEGPRES) a viviendas, departamentos u oficinas cercanas. Cada situación debe ser estudiada en detalle considerando la ubicación del equipo con respecto a los vecinos potencialmente afectados, los niveles de emisión de ruido de los equipos y los requerimientos de ventilación y de mantención de los equipos. Actualmente existe tecnología en programas computacionales, como SoundPlan, que nos ayudan a predecir los niveles de ruido, modelando tridimensionalmente la situación real.

Estos programas nos permiten visualizar mapas de ruido (Fig.2) y conocer los aportes de cada una de las fuentes de ruido estudiadas al ruido percibido por el vecino, lo que permite determinar y diseñar las medidas de mitigación adecuadas para cada caso.

SOLUCIONES CELOSIAS ACÚSTICAS

El ruido desde las salas mecánicas puede transmitirse hacia el exterior por medio de las celosías o aberturas que tenga la sala para su ventilación o admisión de aire. Para solucionar este problema es posible utilizar celosías acústicas, que pueden reducir el ruido en hasta 13 dB(A) y permiten la ventilación de la sala. Dado que estas celosías están fabricadas con celdas rellenas con materiales absorbentes de sonido, el área libre puede ser de un 30 a un 50% del área total de la celosía. Se debe tomar en cuenta esto para la selección del área requerida para la sala.

RUIDO DE PISOS MECÁNICOS

A menudo las salas mecánicas están ubicadas en el último piso sobre una oficina ejecutiva o habitación. El ruido y las vibraciones emitidas por los equipos es transmitida hacia el piso inferior provocando molestias e imposibilidad de ocupar comercialmente el piso bajo la sala mecánica. Es muy importante para estos casos contar con un adecuado sistema de control de vibraciones en equipamiento y cañerías para no transmitir vibraciones y el ruido generado por ellas hacia los pisos de abajo, pero también es necesario aislar de la transmisión de ruido aéreo. Es posible reducir al mínimo la transmisión de ruido ejecutando un piso flotante, sintonizado a una frecuencia no superior a 15 Hz, El sistema más moderno que existe para ejecutar pisos flotantes para salas mecánicas es el realizado mediante aisladores tipo Jack up (fig. 5), este sistema permite construir una losa flotante sobre 100mm directamente sobre la losa estructural y luego levantarla mediante tornillos incorporados al aislador.

Otra alternativa es instalar un cielo colgante de placas de yeso-cartón aislado elásticamente mediante colgadores de neopreno o resorte. La figura 7 muestra un cielo flotante en proceso de construcción donde se puede observar el colgador y la estructura de soporte del cielo antes de instalar las placas de yeso cartón. Fig. 7. Colgador para cielo flotante

.BARRERAS ACÚSTICAS

Cuando el receptor está al mismo nivel o a un nivel inferior a la fuente de ruido que se quiere tratar, y cuando las reducciones de ruido requeridas sean inferiores a 12 dB(A), es posible implementar una solución basada en barreras acústicas. Estas barreras están conformadas por paneles con la cara absorbente en el lado enfrentado a la fuente de ruido y pueden incorporarse celosías acústicas cuando se requiera ventilación. Cuando la ventilación que se requiera sea mucha o cuando no se puedan dejar los espacios para una adecuada toma o descarga de aire hacia los equipos, las barreras pueden ser completamente de celosías acústicas. Fig. 8. Barrera Acústica.

Es necesario aclarar que el rendimiento de las barreras acústicas depende no tan sólo de los paneles en que esté construida, sino que también de las dimensiones relativas a la fuente de ruido y al receptor. Se debe estudiar muy bien el diseño de la barrera para obtener los resultados esperados. Los programas computacionales para estudiar la emisión de ruido también nos ayudan a determinar las dimensiones de las barreras.

