

TECNOLOGÍA DE LOS SISTEMA VRF

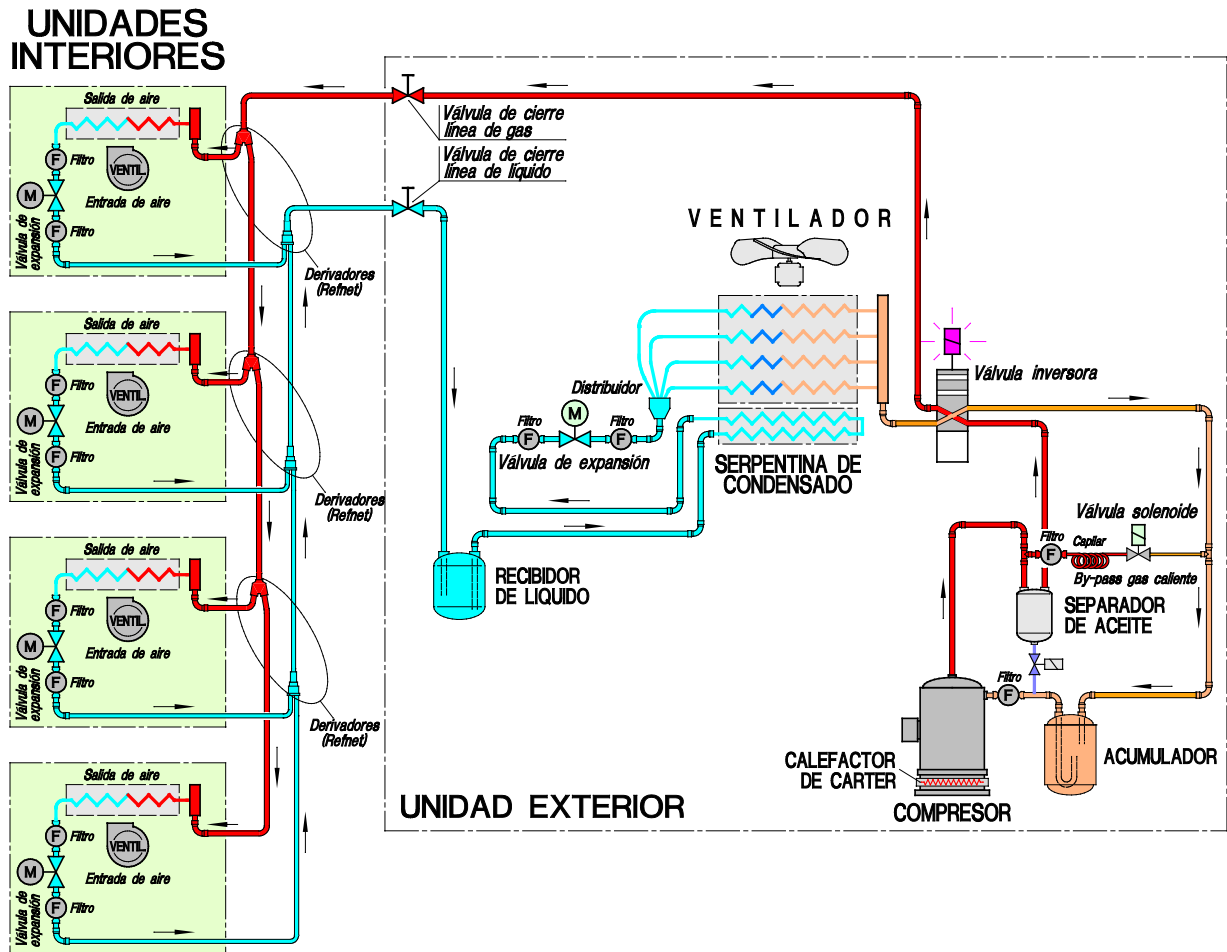


Figura 5 - Diagrama de los sistemas de flujo de refrigerante variable (VRF)

Los sistemas de aire acondicionado de “Flujo de Refrigerante Variable” incorporan un conjunto de componentes innovadores, alguno de los cuales a continuación se describen.

Compresores “scroll”

Desde su introducción en el mercado de aire acondicionado, a finales de la década de los 80, los compresores scroll han tenido un gran éxito en una amplia variedad de aplicaciones tanto residenciales como comerciales.



Figura 5 - Compresor “Scroll”



Figura 6 - Compresor scroll piezas básicas

En aire acondicionado, los compresores más pequeños (de 1 a 2 toneladas) se utilizan en sistemas "split" residenciales, con bomba de calor. Los compresores más grandes (de 3 a 25 toneladas), se usan en sistemas de aire acondicionado por flujo de refrigerante variable, en enfriadores de líquido y en una variedad de sistemas de unidades condensadoras. Una de las razones del amplio éxito de la tecnología scroll es que ésta ha sido diseñada y fabricada a bajo costo, alta eficiencia, y alto volumen.

Se puede considerar, que los compresores "Scroll" son la última generación de los compresores rotativos de paletas, en los cuáles éstas últimas han sido sustituidas por un rotor en forma de espiral, excéntrico respecto al árbol motor que se desplaza sobre la superficie de otra espiral fija estator, concéntrica con el cigüeñal del motor. El contacto entre ambas superficies espirales se establece, en todas sus generatrices.

Como se puede comprobar, hay otra diferencia fundamental respecto a los compresores rotativos de paletas, ésta es, que la espiral móvil del rotor no gira solidariamente con este último, sino que sólo se traslada con él paralelamente a sí misma.

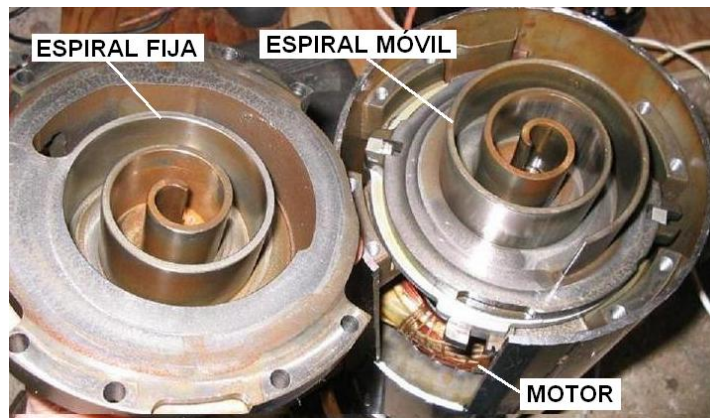


Figura 7 - En estos dispositivos la compresión y descarga, son procesos suaves y continuos durante la rotación en que ocurre el ciclo.

Los compresores scroll, logran un mejor desempeño técnico que los compresores convencionales, ya que les permite operar con niveles muy bajos de ruido y vibración, esto se debe a que tienen un número menor de partes móviles, lo que los hace más compactos y ligeros en su peso, con una proporción de hasta de un 25% menos en comparación con los compresores alternativos, lo que representa una sensible mejora en los sistemas de aire acondicionado. Algunas pruebas efectuadas en laboratorio demuestran que llegan a ser dos veces más silenciosos que los compresores alternativos.

Aunque el compresor Scroll, o de espiral fue descrito por primera vez en 1905 por el francés León Creux, sólo las recientes técnicas de mecanización por control numérico han hecho posible la fabricación de este tipo de compresores, cuyo diseño se basa fundamentalmente en la necesidad de tolerancias muy rigurosas en piezas de forma geométrica complicada, como es el caso de los perfiles en espiral.

Funcionamiento

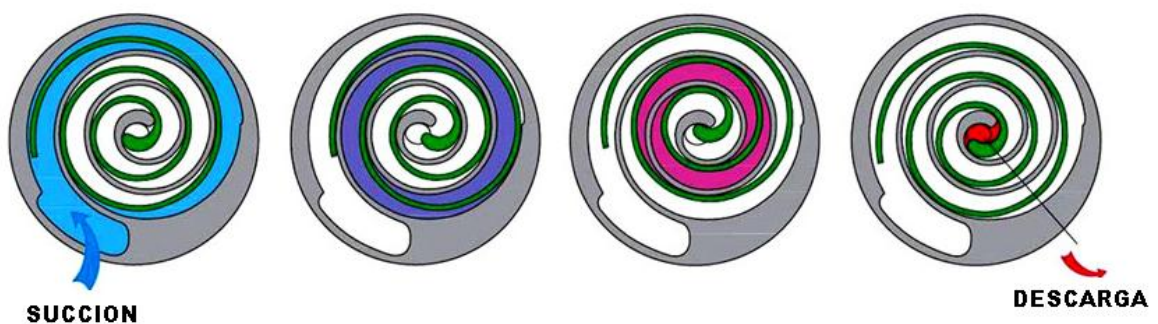


Figura 8 – Secuencia del funcionamiento de un compresor "Scroll"

En este tipo de compresores, las celdas o cámaras de compresión de geometría variable, están generadas por dos caracoles o espirales idénticas, una de ellas, la superior, fija (estator), en cuyo centro está situada la lumbrera de escape, y la otra orbitante (móvil), estando montadas ambas frente a frente, en contacto directo una contra la otra, la espiral fija y la móvil cuyas geometrías se mantienen en todo instante desfasadas un ángulo de 180° , con un dispositivo antirotación (anillo "oldham"), están encajadas una dentro de la otra de modo que entre sus ejes hay una excentricidad en orden a conseguir un movimiento orbital de radio del eje de la espiral móvil alrededor del de la espiral fija.

Fijándose exclusivamente en el conjunto (árbol motor-rotor) con cada giro de 360° el árbol motor se adhiere a la espiral inscrita en el plato rotor excéntrico, generando los siguientes movimientos:

Uno de rotación de 360° alrededor de su eje, (que tendría lugar como si el valor de él fuera nulo)

Otro simultáneo de traslación paralela a sí misma alrededor del eje del cigüeñal (que no se produciría si el valor fuese nulo).

Si se desea que la espiral describa únicamente éste último movimiento de traslación orbital sin la rotación producida por el hecho de estar solidariamente sujeta al plato, es necesario eliminar mediante un dispositivo antirotación ésta última unión rígida, lo que se consigue montando la espiral móvil sobre un simple cojinete vertical de apoyo, concéntrico con ella.

De esta manera, el giro del árbol motor o cigüeñal arrastra al conjunto del caracol móvil, haciéndole describir alrededor del árbol motor (y por lo tanto alrededor del centro del caracol fijo, punto donde está situada la lumbrera de escape), una órbita de radio sin rotación simultánea.

Ventajas

Los compresores Scroll por su diseño compacto y por su menor número de partes móviles, son más confiables que los alternativos ya que eliminan las oportunidades de falla que puedan presentarse por ajuste o torques incorrectos.

Los circuitos frigoríficos y de bomba de calor que utilizan compresor Scroll alcanzan valores del COP inusualmente altos, posibles únicamente debido al elevado rendimiento volumétrico que tiene este compresor para todas las condiciones de funcionamiento que pueden presentarse

Las causas de este buen rendimiento volumétrico son:

- Inexistencia de espacio muerto perjudicial.
- Ausencia de válvulas de admisión y escape.
- El contacto, en las espirales como en sus bases y bordes superiores, es perfecto y constante
- Mínimo efecto de separación física de las zonas de aspiración (exterior espirales) y descarga

Otra consecuencia beneficiosa del elevado rendimiento volumétrico que posee este tipo de compresores es su menor tamaño, comparado con el necesario para un alternativo de la misma potencia frigorífica.

Válvulas de expansión electrónicas

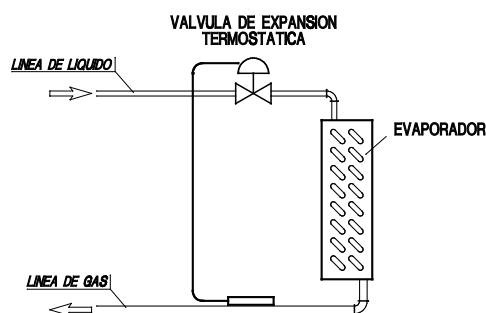


Figura 9 - Las válvulas de expansión termostáticas solo puede controlar la temperatura de sobrecalentamiento.

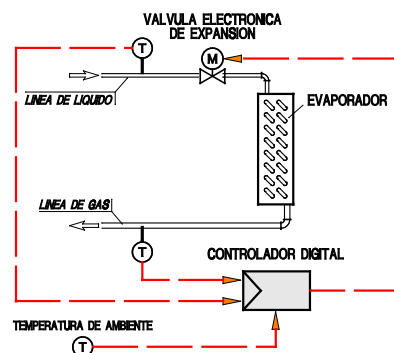


Figura 10 - Mediante una programación adecuada una válvula electrónica de expansión puede ser controlada por varias variables..

Las válvulas de expansión termostáticas fueron durante años elementos de control importantes y han estado presentes en todos los sistemas de refrigeración.

En los sistemas de aire acondicionado con volumen de refrigerante variable se requiere operar la válvula expansión para mantener el local acondicionado en las máximas condiciones de confort. Por otra parte no se puede descuidarse el sobrecalentamiento en el evaporador, en consecuencia se necesitan válvulas de expansión de otras características, que permitan ser controladas por dos o más variable. Estas son las nuevas válvulas electrónicas de expansión.

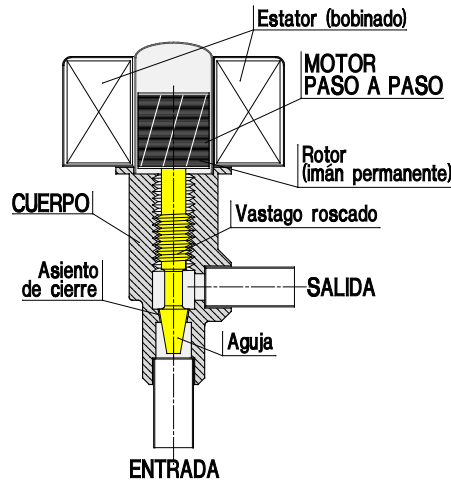


Figura 11 - Válvula de expansión electrónica – Al girar, el rotor del motor pasa a paso enrosca o desenrosca el vástago para cerrar o abrir la válvula..

Estas válvulas son operadas por un actuador motorizado, sus características mecánicas son similares a las termostáticas, constan de un cuerpo, un asiento y un medio de cierre y regulación que es un vástago tipo aguja, igual que en las válvulas tradicionales. La diferencia consiste en el movimiento del vástago no se realiza mediante un sistema termal si no por medio de un motor del tipo pasa a paso.

Motores Paso a Paso

Los motores paso a paso, pese a tener una concepción bastante antigua, únicamente han podido emplearse en la práctica a partir del momento en que la tecnología de semiconductores ha permitido el desarrollo de circuitos de actuación y control suficientemente rápidos y adecuados.

Las aplicaciones fundamentales de este tipo de motor son aquellas en las que se precisa un posicionamiento seguro y fiable sin tener que recurrir a otros sistemas más complejos del tipo servomecanismos. Además, solucionan con relativa sencillez las exigencias de velocidad en determinados movimientos discontinuos, como se presentan en las válvulas de expansión gobernadas por dos o más variables.

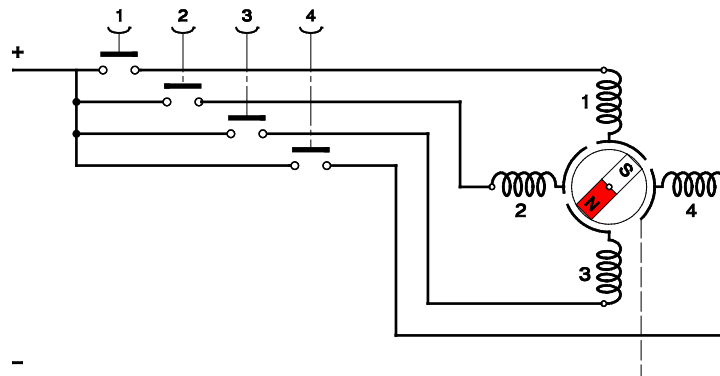


Figura 12 - Esquema elemental de n motor paso a paso con rotor de imán permanente.

Se hallan numerosos tipos de motores paso a paso para cubrir una amplia gama de aplicaciones. El principio de funcionamiento está basado en un estator constituido por varios arrollamientos independientes devanados sobre un material ferromagnético y un rotor que puede

girar libremente en el seno del estator. Los distintos bobinados son alimentados uno a continuación del otro y causan un determinado desplazamiento angular que se denomina paso angular y que es la principal característica de estos motores.

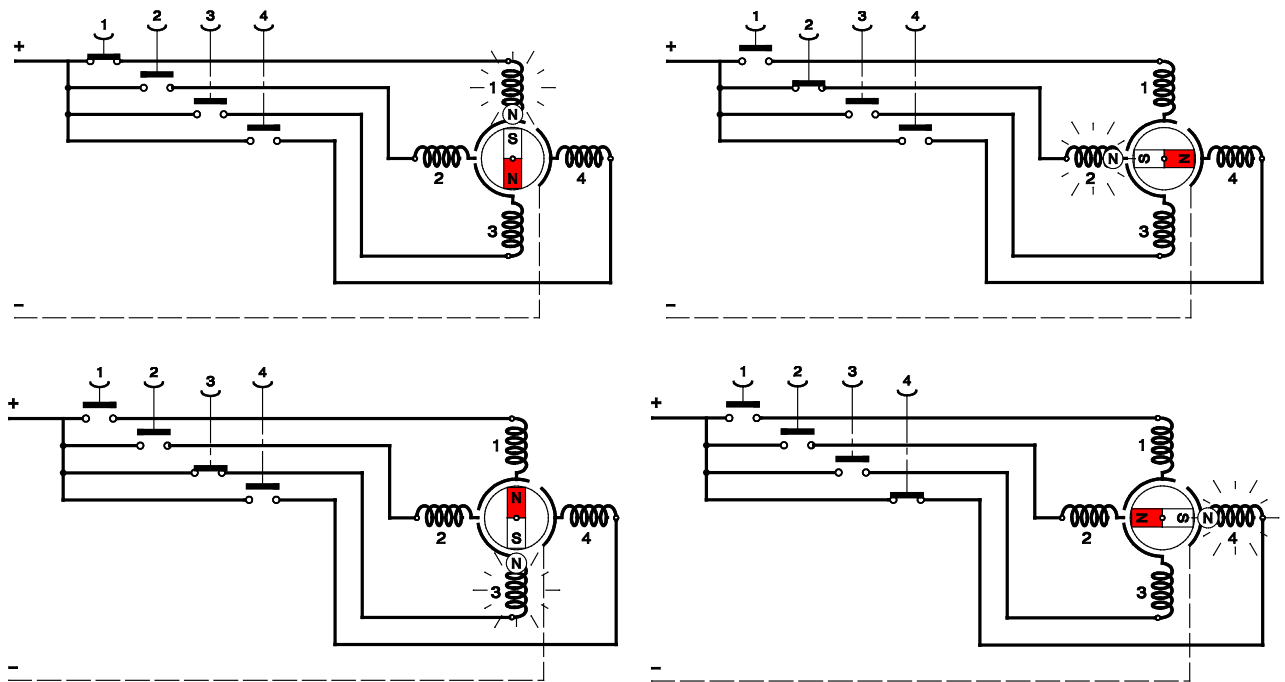


Figura 13 - Secuencia del funcionamiento en de un motor pasa a paso

Existen dos tipos básicos de motores pasa a paso: el primero de ellos funciona por el efecto de reacción que se produce entre el campo electromagnético y un imán permanente. El segundo funciona mediante la acción de un campo electromagnético sobre un rotor de hierro dulce, el cual, como es sabido presenta un magnetismo remanente muy débil. En ambos casos se precisa de un circuito o equipamiento externo que distribuya la alimentación en forma secuencial a todos los arrollamientos del estator, de forma que se encuentre excitado uno cualquiera de ellos en cada momento. Por lo tanto la alimentación no será una corriente continua o alterna como en otros motores, si no que estará formada por impulsos de tensión y corriente.M

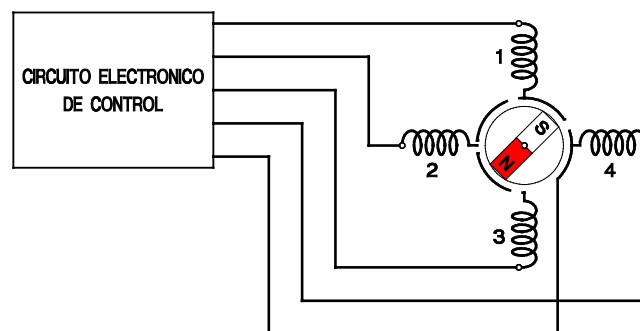


Figura 14 - Los motores paso a paso, requieren de un circuito de control externo que energice los arrollamientos en forma secuencial.

Acumulador

El acumulador en la succión es un dispositivo muy simple pero que cumple una misión muy importante.

En algunas serpentinas evaporadoras la válvula de control puede no reaccionar lo suficientemente rápido para equilibrar las variaciones de carga, en esos casos algo de líquido puede retornar al compresor. El acumulador no es nada más que una trampa para recoger el líquido antes que llague al compresor. El líquido se evapora en el recipiente y retorna al compresor en forma de gas.

El acumulador en la succión, se comporta como una trampa que recoge el refrigerante en estado líquido evitando que ingrese en el compresor.

Separado de aceite

El separador de aceite sirve para reducir la cantidad de aceite que normalmente circula por el sistema.

Todos los sistemas de refrigeración tienen aceite circulando a través de ellos, en sistemas con inadecuadas secciones de tuberías o con tendidos extensos el aceite tiene dificultades para retornar al compresor. La incorporación de un separador de aceite no elimina por completo el problema pero lo atenúa considerablemente

El separador de aceite retiene una importante cantidad de aceite, devolviéndola al compresor, reduciendo el volumen que circula por las tuberías del sistema.

Recibidor de líquido

El recibidor de líquido es un recipiente utilizado en un sistema de refrigeración para almacenar el fluido refrigerante en forma de líquido que no se necesita en el sistema en un momento determinado.

El recibidor de líquido almacena refrigerante en estado líquido, compensando la demanda variable que requiere el sistema.

By pass de gas caliente

Es un vinculación de la descarga del compresor, línea de alta presión (gas caliente), con la línea de succión, a través de una válvula solenoide. Actúa cuando el sistema de control advierte la posible presencia de líquido en la línea de succión, inyectando una pequeña cantidad de gas caliente para producir la evaporación del refrigerante en estado líquido.

Calefactor de cárter

El calefactor de cárter tiene la finalidad de impedir la acumulación de líquido refrigerante en el cárter de un compresor durante los períodos de parada.

La presencia de refrigerante en estado líquido en el cárter siempre es indeseable por varias razones. En primer lugar la dilución excesiva del aceite, debida a la presencia de refrigerante en estado líquido, puede provocar una lubricación inadecuada de los componentes del compresor. Sin embargo, es más importante, el hecho de que el líquido refrigerante vaporice en el cárter, produciendo espuma en el aceite, lo que hace que la cantidad de aceite que llegue a la línea de descarga aumente.

Bajo ciertas condiciones, la formación de espuma puede ser tan severa que todo el aceite sea desplazado fuera del cárter. No solo esto dejará al compresor sin lubricación, sino que también existe la posibilidad de que entre en a la zona de compresión cantidades de refrigerante líquido y aceite, no comprimibles, produciendo serios daños, tales como, deformaciones en los caracoles en los compresores del tipo "scroll" y severos daños en las válvulas.

Control de velocidad de los compresores – Convertidores de frecuencia (Inverter)

Un componente esencial de los sistemas de aire acondicionado de flujo de refrigerante variable son los convertidores de frecuencia, lo que sigue es una introducción a la tecnología de esos dispositivos.

El control de velocidad de motores no es una técnica nueva, en el ámbito industrial los motores de corriente continua de velocidad variable se han usado por décadas, pero los controladores de frecuencia variable para motores de corriente alterna y a un costo razonable son relativamente un producto nuevo.

Controladores de frecuencia variable

Los controladores de frecuencia variable son variadores de velocidad electrónicos, para motores de inducción de corriente alterna, que modifica la frecuencia de la alimentación eléctrica aplicada al motor. Dado que los variadores de velocidad electrónicos modifican la frecuencia

aplicada, son generalmente denominados variadores o convertidores de frecuencia. También son llamados "**Inverter**", debido a la última etapa de salida usada para modificar la frecuencia.

Los convertidores de frecuencia tienen, además de la función de controlar la velocidad del motor, una serie de ventajas adicionales que son analizadas en los puntos siguientes.

Ahorro de energía

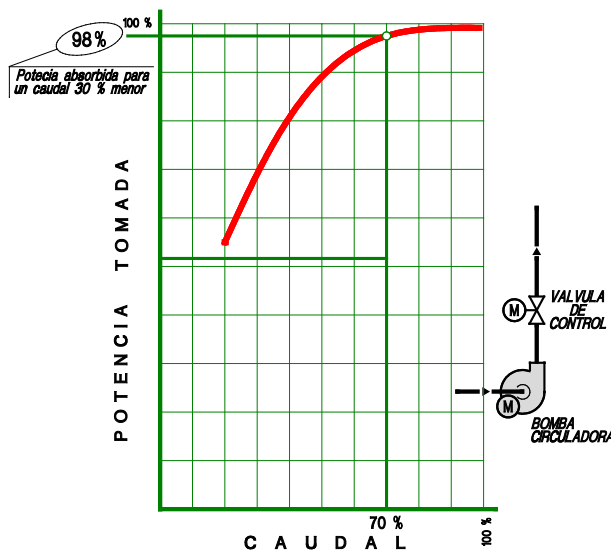


Figura 16 – Potencia absorbida en función del caudal, con regulación mediante una válvula de control

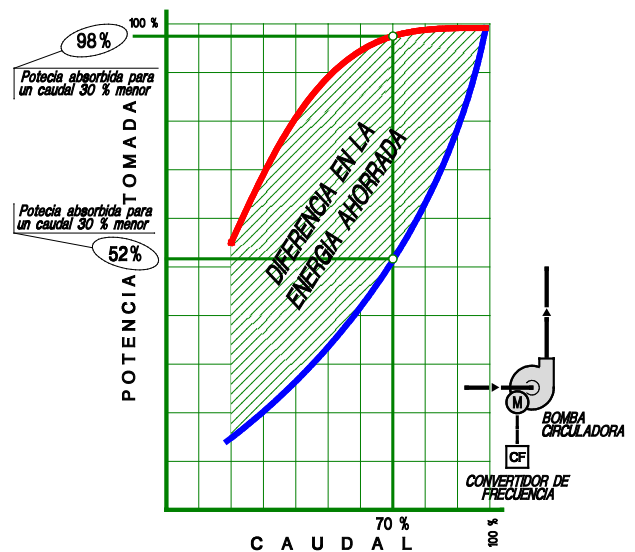


Figura 17 – El esquema muestra la potencia absorbida en función del caudal, con regulación mediante variación de frecuencia y la diferencia de la energía tomada entre los dos métodos.

Dado que la potencia necesaria para impulsar una máquina rotativa es función cúbica de la velocidad de rotación de la misma, se logran importantes ahorro de energía, si para trabajar en estado de cargas parciales, se modifica esa variable.

En efecto, si para variar el caudal de una bomba se estrangula el flujo del fluido por medio de una válvula, para una reducción de 30% del caudal la potencia absorbida por el motor solo disminuye un 2% (figura 16). Si en cambio se utiliza un equipo de variación de frecuencia, para la misma reducción de caudal (30 %) la potencia consumida disminuye un 48 % (figura 17/)

Este fenómeno es igual para cualquier máquina rotativa, como ser: bombas, compresores, ventiladores etc.

Descripción del sistema

Todos los convertidores de frecuencia, básicamente tienen un rectificador para convertir la corriente alterna de alimentación en corriente continua y un inversor (INVERTER) que genera la corriente alterna trifásica de frecuencia variable a partir de la corriente continua.

Los variadores o controladores de frecuencia tienen los siguientes componentes (figura 14):

1. **Rectificador** - Llamado a menudo etapa de entrada, rectifica la corriente alterna de alimentación. En esta etapa se usan generalmente diodos o SCR (rectificadores controlados de silicio)
2. **Filtro** - Denominado enlace de corriente continua. Es normalmente un filtro capacitivo - inductivo en "L", utilizado para atenuar las armónicas en la línea de salida del rectificador. La tensión de la corriente continua es 1,4142 veces la tensión de entrada de la corriente alterna (valor eficaz), aproximadamente 540 V para una tensión de entrada de 380 V.
3. **Inversor** - Convierte la corriente continua en corriente alterna de frecuencia variable. Se pueden emplear en esta etapa SCR (rectificadores controlados de siliconas), BJT (transistores bipolares de unión), GTO (tiristores con compuerta de corte) o IGBT (transistores bipolares de compuerta aislada). Cada fabricante usa alguno de estos diferentes tipos de elementos de conmutación.

4. Unidad de control - Esta sección de control, activa o desactiva los dispositivos inversores, para controlar la frecuencia y la tensión de salida. También actúa como la interfase con el mando exterior, además pueden proveer un diagnóstico de fallas.

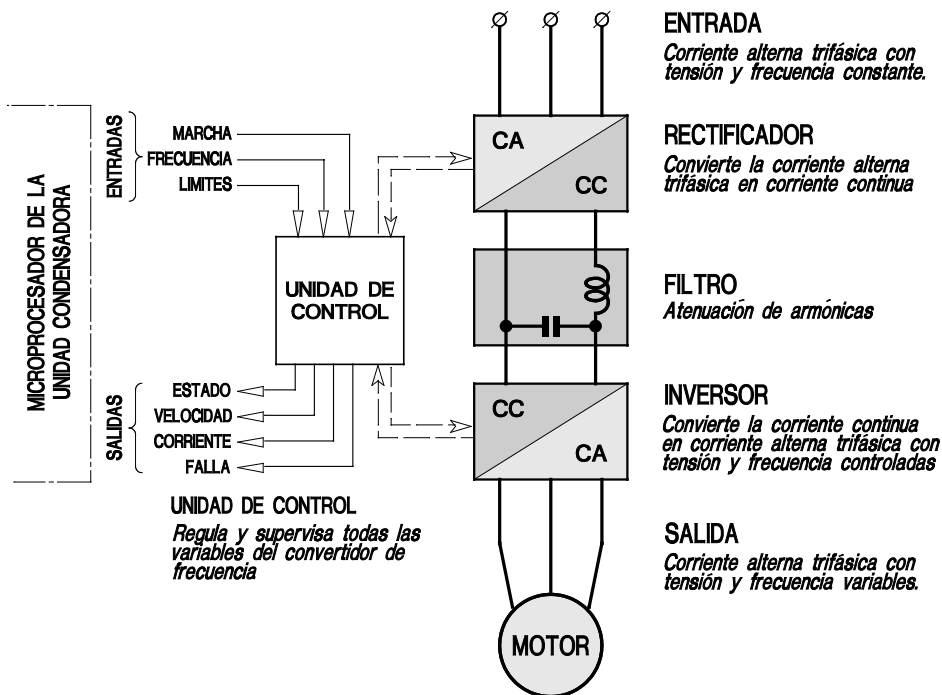


Figura 18 – Esquema en bloque de un convertidor de frecuencia.

Variando la frecuencia aplicada a un motor se afecta la corriente y el par motor. Tanto el flujo magnético como la corriente magnetizante y el par motor dependen de la relación entre la frecuencia y la tensión.

Los motores de baja tensión son diseñados para operar con tensiones normalizadas de 220 o 380 V a 50 Hz. Si se reduce la frecuencia y se mantiene la tensión constante, las corrientes magnetizante y el flujo magnético crecen, como así también lo hace el par motor. Esto es debido a que la impedancia del motor es función directa de la de la frecuencia.

El aumento de las corrientes magnetizante genera una mayor corriente en el estator que produce el corte por sobrecorriente o el daño de los bobinados del motor. Manteniendo; la relación, **tensión frecuencia constante**, el flujo magnético permanece constante y el motor se lo considera de par constante.

Por lo tanto, para cumplir con esa relación, el convertidor toma la corriente alterna trifásica de tensión y frecuencia constante de la red y la convierte en una salida para alimentar el motor, de corriente alterna trifásica con **tensión y frecuencia variables**.

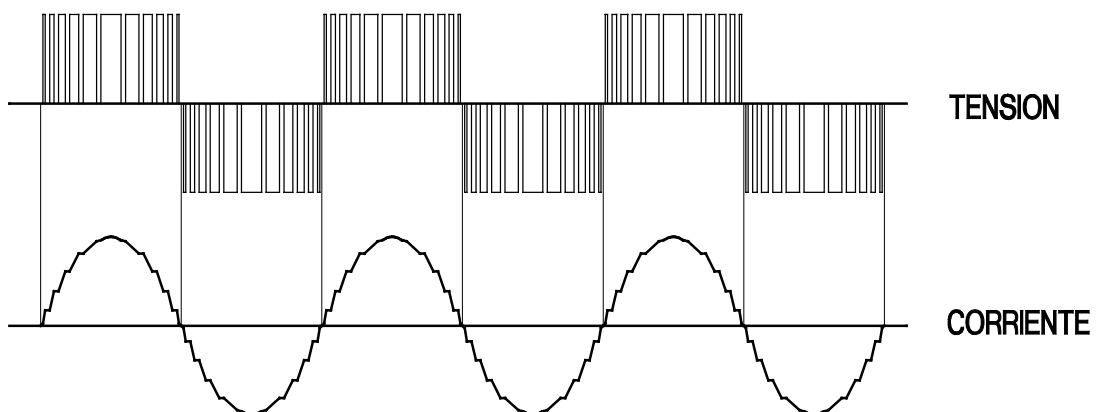


Figura 19 – Con modulación de ancho de pulsos la corriente es prácticamente senoidal

Los controladores de frecuencia más utilizados en los sistemas de aire acondicionado por flujo de refrigerante variable son los convertidores con variación de tensión por modulación de ancho de pulso. Esta tecnología ofrece múltiples ventajas incluyendo: mayor eficiencia, factor de potencia elevado mínimas pulsaciones en la corriente de línea, mayor rango de control de velocidad y mínimo recalentamiento del motor.

Los convertidores con modulación de ancho de pulsos tienen una primera etapa con un rectificador, tipo puente de onda completa, hexafásicos para convertir la alimentación eléctrica de corriente alterna en corriente continua de tensión constante. El puente rectificador estático no produce perturbaciones en la línea de entrada y tiene un factor de potencia casi igual a uno. En esta etapa la corriente alterna de entrada es convertida en corriente continua de tensión constante, 540 V. Las oscilaciones son atenuadas por un filtro compuesto por un condensador y una inductancia.

La etapa inversora, conversión de la corriente continua de tensión constante en corriente alterna de frecuencia y tensión variables, se realiza con transistores bipolares de compuerta aislada (IGBT). En esta etapa se invierte la polaridad para lograr la corriente alterna de salida, pero, además la tensión es "seccionada" en pulsos de alta frecuencia. Modificando el ancho (tiempo) de conducción y no conducción de esos pulsos se consigue la variación de la tensión. Figuras 3 y 5). Para mejorar la forma de onda, no solo se modulan los anchos de pulso, si no que se hacen asimétricos con segmentos que cumplen una ley senoidal, de esa forma el resultado es el mostrado en la figura 4.

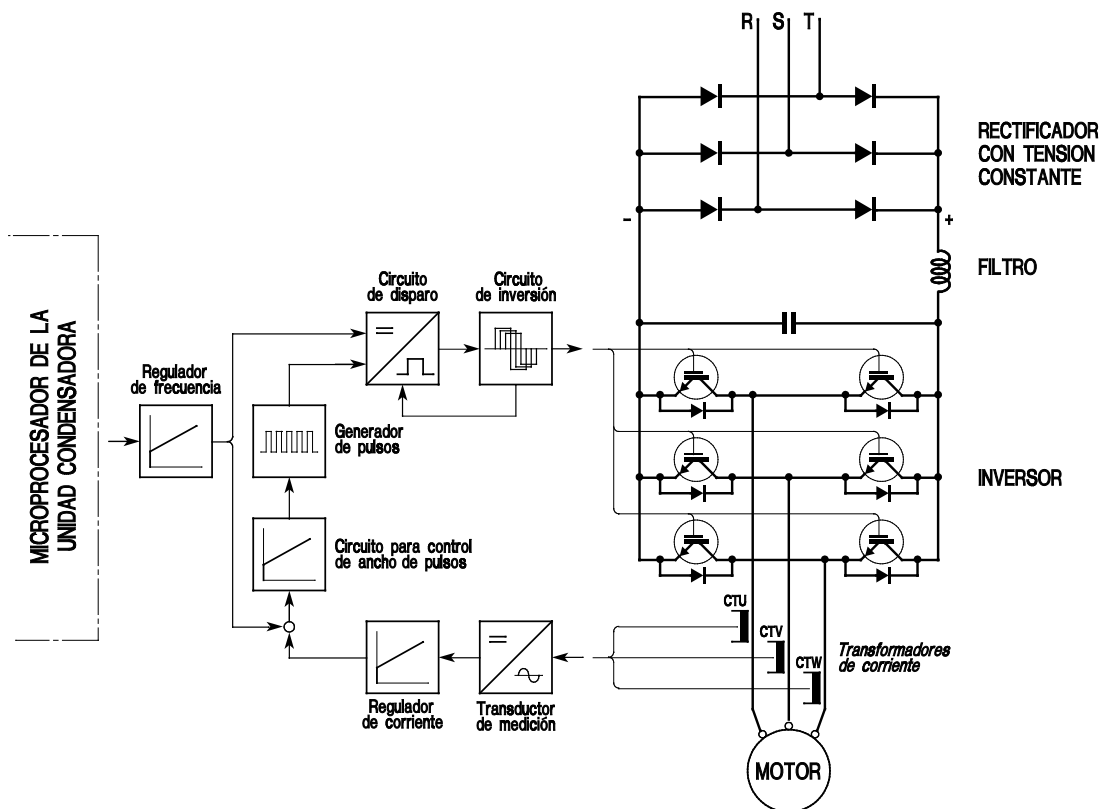


Figura 20 – Diagrama de un convertidor de frecuencia con modulación de ancho de pulsos

Los transformadores de corriente a la salida del convertidor, a través de un transductor de medición, controlan el regulador de corriente limitando la tensión en caso de sobrecargas.

Las características de los convertidores de frecuencia con modulación de ancho de pulsos son las siguientes:

Son equipos de control sumamente confiables – Hoy día estos convertidores prácticamente no presentan fallas y prácticamente no requieren mantenimiento.

Excelente factor de potencia – El factor de potencia que presentan a la red es prácticamente igual a uno, para cualquier condición de carga del motor.

Arranque del motor sin sobrecarga – Un convertidor regula la puesta en marcha del motor para que durante el arranque, nunca se supere la corriente nominal.

Par constante – El par motor se mantiene constante en cualquier velocidad.

Sistema de control versátil – Si la flexibilidad de control de estos equipos de conversión de frecuencia, sería imposible la operación de los sistemas de aire acondicionado de flujo de refrigerante variable.

En la actualidad el empleo de convertidores de frecuencia es sumamente común no solo en sistemas VRF si no también en otro tipos de equipos acondicionadores, Tal es así que el término “inverter” ya es sumamente popular. Por lo tanto es importante que el personal técnico del medio conozca la tecnología de estos componentes.

Sistema de control

La figura 21 muestra la red de comunicación y los componentes del sistema de control de las unidades interiores y exteriores.

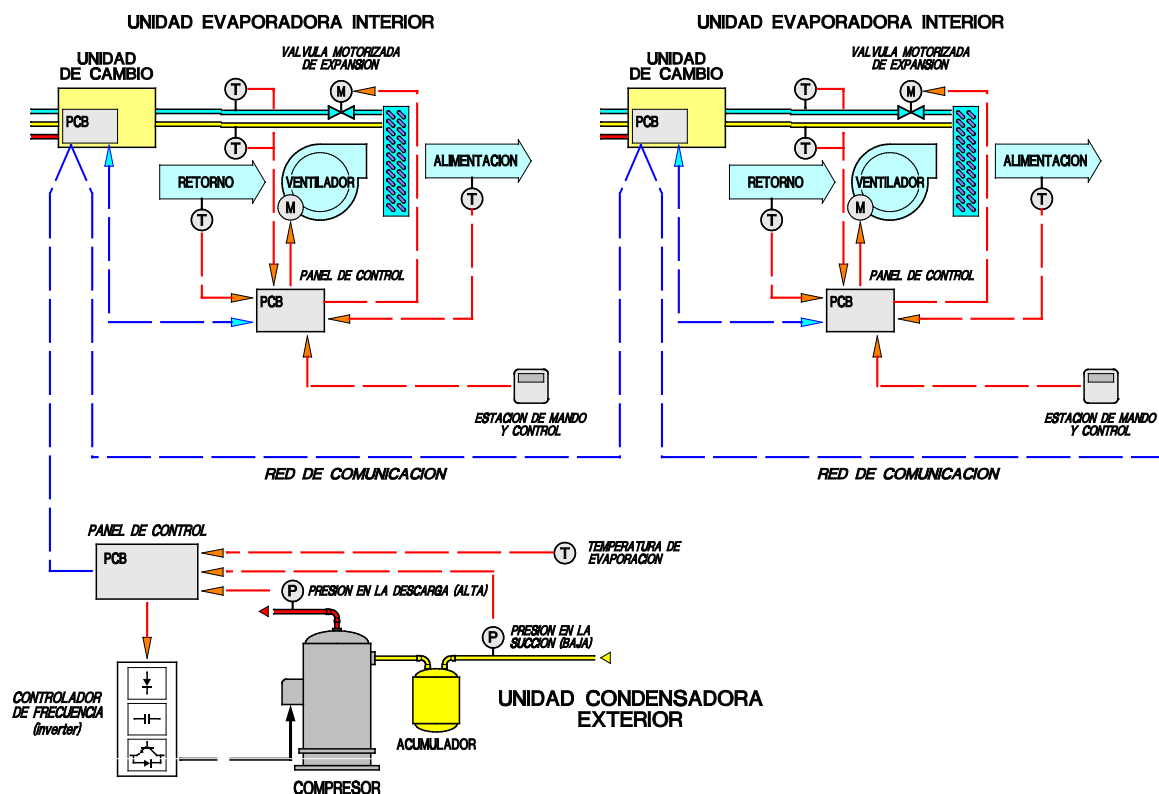


Figura 21 - La red de comunicaciones vincula todas las operaciones de control de todas las unidades interiores con la unidad exterior.

Sistema de control de la unidad interior

Los componentes de control de las unidades interior, figura 18, son:

ESTACIÓN DE MANDO y CONTROL - Permite el manejo y control completo de la unidad

PCB (Printer Circuit Board) - Placa de Circuito impreso: Contiene el microprocesador, los conversores analógico/digital, los relés de salida y los circuitos de transmisión.

VÁLVULA MOTORIZADA DE EXPANSIÓN - Controla el flujo de refrigerante en forma proporcional

TEMPERATURA DEL AIRE DE RETORNO - Controla la temperatura promedio del ambiente

TEMPERATURA DEL AIRE DE ALIMENTACIÓN - Evita sub enfriamiento en el ciclo de descarche

TEMPERATURA DE LÍQUIDO y DE GAS - Para balancear la diferencia de temperatura entre las tuberías de gas y de líquido ante cambios en unidades interiores adyacentes. .

CONTROL DE NIVEL - Evita el desborde de la bandeja de recolección de condensado. Detiene a la unidad y anuncia la condición anormal.

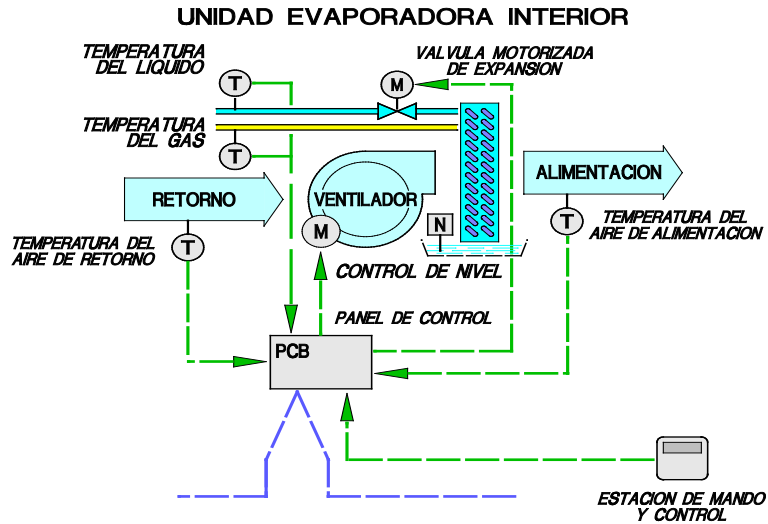


Figura 22 - Componentes de control de las unidades interior,

Control de dos posiciones – control proporcional

Una característica considerable de los sistemas de aire de flujo de refrigerante variable es el sistema de control de temperatura del aire del local. Mientras que en los equipos convencionales es de dos posiciones (on-off). Es decir el compresor funciona o para según la temperatura del local, en los equipos de flujo variable la temperatura se controla mediante una válvula de acción proporcional, que “modula” la cantidad de refrigerante que pasa por la serpentina. De esta forma el control es sumamente estable, libre de oscilaciones y prácticamente sin desviaciones respecto al valor seleccionado por el usuario.

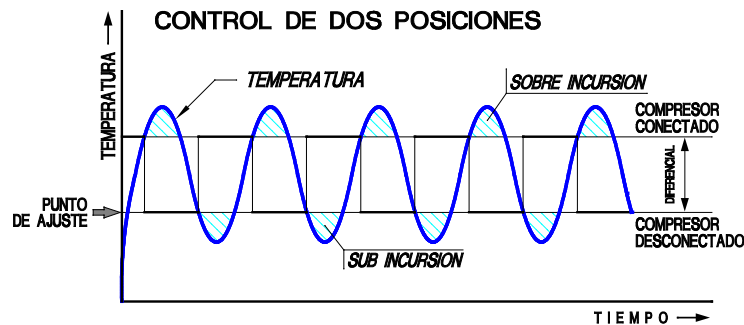


Figura 23 - Control de dos posiciones – El compresor arranca o para según la demanda del local. La diferencia entre la temperatura de puesta en marcha o parada es el diferencial del control de temperatura. La sobre inerción y la sub inerción se producen debido a la inercia del sistema. El control no es estable y las oscilaciones no pueden evitarse.

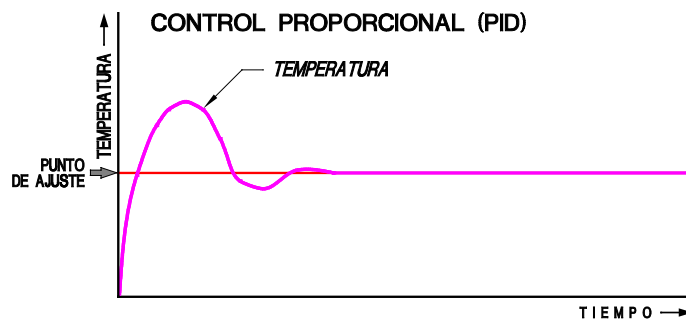


Figura 24 - Control proporcional – En realidad se trata de un control PID (Proporcional, Integral y Derivativo) sistema sumamente estable libre de oscilaciones y sin desviaciones sobre el punto de ajuste (valor deseado)