

Desescarches

Formación de hielo en evaporadores de aire

Para hablar de los desescarches, se debe tener en cuenta que ocurre en el interior y exterior de un evaporador.

En un evaporador de aire de tiro natural o forzado se tienen dos fluidos. En el interior del evaporador se encuentra el fluido frigénico normalmente llamado refrigerante, y en el exterior pasando a través de los tubos y aletas se encuentra el aire con su correspondiente contenido de humedad.

Como se ha indicado el aire tiene agua en una proporción calculable en función de la humedad relativa y temperatura. Como en el interior del evaporador la temperatura suele ser menor a la de rocío del agua (punto en el cual el agua comienza a condensar), el agua condensa en el evaporador. Si además la temperatura en el interior es inferior a cero grados, lo cual es muy normal, el agua condensada se congela formando escarcha, nieve o hielo.

La formación de escarcha, nieve o hielo dependerá de las condiciones internas y externas del evaporador.

Cuando comienza el proceso de formación de hielo, lo primero que se produce es escarcha en la superficie de los tubos y aletas. La escarcha está formada por una multitud de cristales que incrementan de forma sustancial la superficie de intercambio de calor, y en un principio mejoran la transmisión de calor. Posteriormente, según aumenta el volumen de escarcha acumulado, disminuye drásticamente la velocidad del aire a través de las aletas perdiéndose potencia frigorífica. Cuando esto sucede, esta escarcha o nieve se debe fundir con el aire de circulación parando la inyección, y cuando ya está fundida, volver a inyectar para congelar rápidamente el agua líquida formando un hielo denso y buen transmisor del calor.

Cuando la temperatura de evaporación es bastante inferior a cero grados, el proceso de formación de escarcha y nieve casi no se manifiesta y se produce directamente hielo denso.

Lo anterior afecta al funcionamiento del evaporador disminuyendo la transmisión de calor del exterior del evaporador al interior. Por un lado el hielo se coloca sobre el tubo y aletas del evaporador como si de un aislante térmico se tratase, y por otro lado ocupa un volumen junto a las aletas reduciendo la sección de paso del aire, con lo cual se reduce el caudal de aire a través del evaporador.

Claramente puede verse que estos dos fenómenos reducen la transmisión frigorífica y reducen la capacidad de intercambio térmico en el evaporador. Además el proceso de formación de hielo es acumulativo, lo cual hace que si no se evita, con el tiempo el evaporador se bloquee de hielo. En consecuencia se deduce que es necesario eliminar el hielo del evaporador de forma periódica.

El proceso de eliminación de hielo de un evaporador es lo que en términos frigoríficos se conoce como desescarche.

Es importante no olvidar que el evaporador tiene una bandeja en la parte inferior para recoger el agua condensada, la cual debe salir a los desagües de agua. Se debe evitar que las tuberías de agua de salida de las bandejas y el agua retenida en las mismas pueda congelarse.

Tipos de desescarches

Para eliminar el hielo que se forma en los evaporadores, hay que realizar un aporte de calor que permita la fusión del hielo. Dicho aporte de calor puede darse tanto desde dentro del evaporador como desde fuera de él.

Con aporte externo de calor:

- Desescarches por aire
- Desescarches por agua.

Con aporte interno de calor:

- Desescarcho eléctrico
 - Inteligente
- Desescarcho por gas caliente
 - Gas de descarga
 - Gas del recipiente de líquido
- Desescarcho por líquido caliente

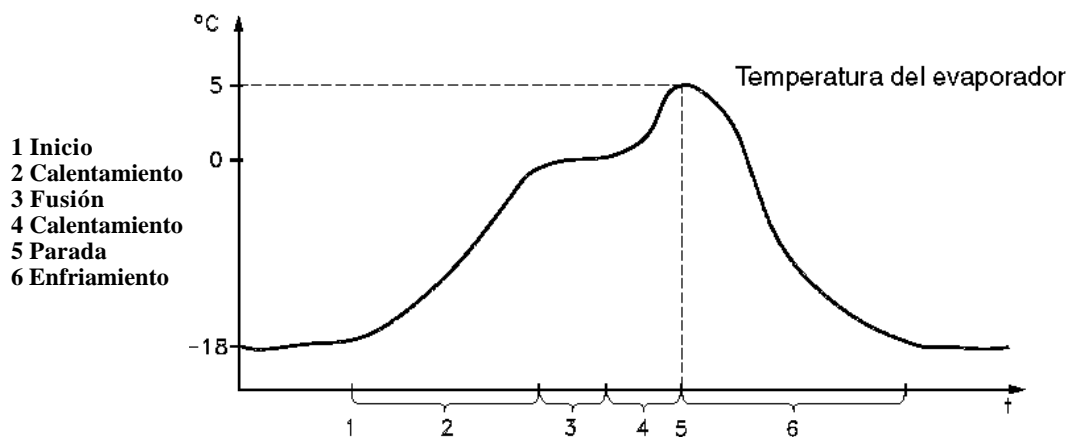
Otra consideración importante a la hora de realizar el desescarcho es si la instalación esta formada por un circuito independiente o multicircuito, o si se trata de una central de compresores común a muchos evaporadores. Por tanto diferenciaremos entre :

- Desescarcho independiente
- Desescarcho en centrales

Proceso de desescarcho simple

El proceso de desescarcho comienza cuando se da la orden de cortar la producción de frío en el evaporador y simultáneamente comienza la aportación de calor interior o exterior al evaporador.

En este instante, el evaporador y el hielo acumulado en el evaporador se calientan hasta alcanzar la temperatura de cero grados a la cual se produce la fusión del hielo, cuando todo el hielo se ha fundido la temperatura del evaporador continua subiendo dándose por terminado el desescarcho. Después de terminado el desescarcho se vuelve a dar la orden de volver a introducir frío en el evaporador.



Según sea el tipo de servicio los ventiladores pueden estar en funcionamiento o parados durante el desescarche.

Los puntos importantes a tener en cuenta a la hora del desescarche es como y cuando realizar las siguientes maniobras:

- Cortar la inyección (parar el frío)
- Parar los ventiladores
- Parar el compresor
- Comenzar el aporte de calor
- Cortar el aporte de calor
- Arrancar el compresor
- Volver a inyectar
- Arrancar los ventiladores

Hay que indicar que en los evaporadores de tiro forzado con ventiladores, si los ventiladores continúan en funcionamiento durante los tiempos de corte por termostato, se produce un desescarche por aire de forma que reduce el hielo acumulado en el evaporador y aporta frío a la cámara.

Proceso de desescarche ideal

En el proceso de desescarche, tal como se ha visto antes hay que controlar una serie de maniobras. Además hay que controlar unos procesos especiales en los cuales es necesario poder ajustar un tiempo determinado y algún tipo de temperatura, siendo necesario definir la función de los distintos elementos que intervienen en el desescarche.

Por ello definiremos el proceso de desescarche mas general con las distintas opciones para los elementos que intervienen en el proceso.

- 1 Inicio del desescarche por medio de una señal manual o automática
Se para la inyección, se cierra la solenoide de líquido del evaporador. Se deja de introducir frío, el resto de elementos continua igual.
- 2 Vaciado del evaporador
Retardo de tiempo en el cual el líquido que hay en el evaporador se elimina produciendo frío. Este retraso acorta el tiempo total del desescarche dado que no hay que introducir un calor adicional para evaporar este líquido. Al finalizar este tiempo puede parar el ventilador.
- 3 Retardo reservado
Temporización reservada para definir alguna función especial con todos los elementos que intervienen en el desescarche.
- 4 Aporte de calor y realización del desescarche
Tiempo durante el cual se aporta calor durante un tiempo fijo o variable en función de la temperatura y durante el cual se funde el hielo. Según el tipo de servicio el ventilador puede estar en funcionamiento o parado.
- 5 Retardo reservado
Temporización reservada para definir alguna función especial con todos los elementos que intervienen en el desescarche.
- 6 Drenaje del evaporador
Proceso de eliminación del líquido caliente que se ha acumulado en el evaporador durante el desescarche. También es el momento en el cual la presión en el interior del evaporador y en la aspiración del compresor se ponen en contacto y se igualan. La válvula o válvulas que realizan la separación entre el evaporador y compresor en la línea de aspiración debe abrir en dos tiempos.
- 7 Retardo de la inyección

Tiempo empleado para que gotee el agua que queda pegada en el evaporador al terminar el aporte de calor. Además el evaporador se enfría por convección natural a una temperatura mas baja.

8 Retardo de los ventiladores

Tiempo de espera en el arranque de los ventiladores después de comenzar la inyección de líquido. Una función es congelar los restos de agua del evaporador que no han goteado y evitar que el aire los dispare hacia el evaporador y el aire ambiente. Otro aspecto muy importante en cámaras de temperatura negativa es enfriar el evaporador hasta una temperatura determinada o durante un tiempo de seguridad para evitar que al arrancar el ventilador el aire salga muy caliente y pueda provocar una onda expansiva por choque térmico del aire caliente con aire frío.

Es importante poder definir en cada parte del proceso como deben estar los distintos elementos como válvulas y resistencias para realizar el proceso de la forma mas conveniente. Esto es importante cuando por conocimientos muy específicos de ciertos tipos de instalaciones se requiere alguna función especial. Para el correcto control del desescarcho según la descripción anterior y el tipo de desescarcho, puede ser necesaria la utilización de uno, dos, tres y hasta cuatro relés junto con la combinación adecuada de válvulas de solenoide normalmente cerradas y normalmente abiertas. En ciertos tipos de desescarches, tal como se verá mas adelante, no se requieren ciertas partes del proceso.

Desescarcho por aire y por agua

El desescarcho por aire solo es válido para evaporadores de tiro forzado en cámaras y muebles con temperatura de conservación positiva por encima de unos 4°C.

Desescarcho independiente por aire

En circuitos independientes donde solo hay un evaporador, un condensador y un compresor, para realizar el desescarcho por aire, lo normal es parar la inyección, el ventilador continua en marcha, y el compresor para por presostato de baja. El desescarcho se realiza durante un tiempo fijo ajustado, y al finalizar este tiempo, se activa la inyección de líquido de nuevo y el compresor arrancará por presión.

No se requiere ningún retardo especial, y el programador de desescarcho solo actúa sobre la válvula solenoide de líquido.

Desescarcho en centrales por aire

En centrales de compresores donde hay muchos evaporadores, varios condensador y una central de compresores, para realizar el desescarcho por aire, lo normal es parar la inyección, el ventilador continua en marcha, y los compresores siguen a su ritmo. El desescarcho se realiza durante un tiempo fijo ajustado, y al finalizar este tiempo, se vuelve a activar la inyección de líquido.

No se requiere ningún retardo especial, y el programador de desescarcho solo actúa sobre la válvula solenoide de líquido.

Desescarcho por agua

En circuitos independientes, se realiza de forma muy parecida al desescarcho por aire, pero con la diferencia de tener que introducir dos temporizaciones. La primera para vaciar el refrigerante que queda en el evaporador de forma que el compresor y los ventiladores paran por baja presión y la segunda, una vez que ha finalizado el tiempo de desescarcho para que gotee el agua del evaporador y no se congele al realizar la inyección.

En centrales de compresores si la temperatura de evaporación es menor de 0°C, para evitar que el agua se congele, hay que separar el evaporador de la aspiración cerrando la salida del evaporador .

El programador de desescarcho actúa sobre la válvula de solenoide de líquido refrigerante, la solenoide de aspiración y sobre el agua.

Desescarcho eléctrico

Sin ningún tipo de dudas es el desescarcho mas extendido en la actualidad. La razón es la simplicidad de la idea y ejecución, así como la universalidad del mismo. Se puede aplicar sin ningún tipo de dificultad a todos los sistemas de refrigeración, debiendo particularizar ciertos detalles según el tipo de instalación, por ejemplo no es lo mismo un mueble que una cámara, o una temperatura de 0°C que una cámara de congelados a -25°C.

El desescarcho eléctrico completo puede ser como se indica a continuación:

Al dar la orden de inicio de desescarcho, se cierra la válvula de solenoide. Se espera un tiempo para evaporar el refrigerante del interior del evaporador y si es necesario se paran los ventiladores. Se activan las resistencias de calentamiento del evaporador y fusión del hielo y se mantienen encendidas hasta que se alcance la temperatura de unos 6 a 8°C medidos con una sonda de temperatura colocada en el evaporador, o bien hasta que pase un tiempo ajustado con anterioridad. Se apaga la resistencia de desescarcho y se espera un poco de tiempo para que se enfríe el evaporador. Se activa la inyección y si estaba parado arranca el compresor. Se espera un tiempo para que se enfríe el evaporador a una temperatura determinada o hasta que pase un tiempo determinado y se activan los ventiladores, con lo cual queda restablecida la función de inyección normal.

Los retardos de tiempo indicados tienen varias funciones.

Retardo de vaciado del evaporador (al comenzar el desescarcho).

Tiene la función de evaporar el líquido residual del evaporador y acortar el tiempo de desescarcho ya que no se debe utilizar calor en calentar ni en evaporar este líquido.

Retardo de la inyección (al finalizar el aporte de calor).

En este tiempo el agua que se ha fundido en el evaporador gotea y cae a la bandeja. Reduce el choque térmico que se produce y evita una evaporación muy rápida.

Retardo del ventilador (al comenzar la inyección).

Evita la producción de la onda de presión expansiva que se produce si se mezclan de forma brusca al arrancar el ventilador aire muy caliente con el aire frío de la cámara. Este retardo es muy importante en todas las cámaras de congelados.

Un factor muy importante en los desescarches eléctricos que finalizan cuando la temperatura alcanza los 6°C u 8°C es la localización de la sonda de temperatura. Debe estar colocada en el último punto del evaporador donde se funde el hielo, pero esto solo se puede determinar experimentalmente, ya que la dinámica del evaporador y la geometría del local donde está situado condicionan la formación de hielo en dicho evaporador.

Desescarcho inteligente

Durante los desescarches realizados en un evaporador, se introduce calor en la zona donde se desea tener una temperatura baja. Esto si bien es necesario para eliminar el hielo y facilitar el intercambio térmico en el evaporador es contradictorio con la idea inicial de refrigeración, y en cualquier caso un gasto.

Al realizar el desescarcho se consume energía y además la temperatura en el servicio aumenta por encima de los valores habituales. Este aumento de temperatura hace que el producto se caliente y pierda cualidades. Por estas causas, consumo de energía y pérdida de calidad, siempre se intenta reducir tanto el número de desescarches como la duración de los mismos.

Desde hace mucho tiempo se ha intentado desarrollar métodos para determinar cuando se tiene que realizar el desescarcho, habiéndose conseguido resultados positivos en algunas aplicaciones o en algunos evaporadores concretos. Las técnicas habituales han sido colocar un sensor que detecta la presencia de hielo de forma indirecta como puede ser una célula fotoeléctrica, un presostato diferencial de aire, etc. Sin embargo en el momento que estos logros se han intentado generalizar para otras aplicaciones o evaporadores, el fracaso obtenido ha desalentado la posibilidad de su utilización.

Ante la dificultad de conseguir un elemento sensor que nos determine cuando empezar el desescarcho, surge la idea en Danfoss de no realizar un desescarcho cuando estaba previsto. Para ello lo único que se debe de hacer es una estimación estadística en base a los desescarches reales realizados, con los cuales se

puede determinar cuando se puede evitar un desescarcho y cuando no. Lógicamente las condiciones impuestas en los estimadores estadísticos con complejas, pero el sistema es fiable y en muchos caso llega a reducir el número de desescarches mas de un 30%.

Desescarcho por gas o líquido caliente

El sistema de desescarcho por gas caliente es el sistema más complejo, pero energéticamente es el más interesante. Esta propiedad le ha hecho siempre muy atractivo, y en la actualidad dadas las necesidades de ahorro energético, este sistema está aumentado mucho en las instalaciones.

Si bien el desescarcho por gas caliente se puede aplicar a todos los sistemas de refrigeración, los sistemas utilizados suelen ser distintos según se trate de sistemas simples, sistemas con centrales de compresores en instalaciones comerciales-industriales, y sistemas inundados en refrigeración industrial. En cualquier caso muchos de los principios utilizados en un sistema pueden ser utilizados en otro.

La fuente de calor en estos sistemas es el calor presente en los gases de descarga, en el gas tomado del recipiente, o en el líquido que sale del recipiente. Al no utilizar una fuente de calor externa, no es necesario gastar dinero para realizar el desescarcho excepto el de la inversión inicial.

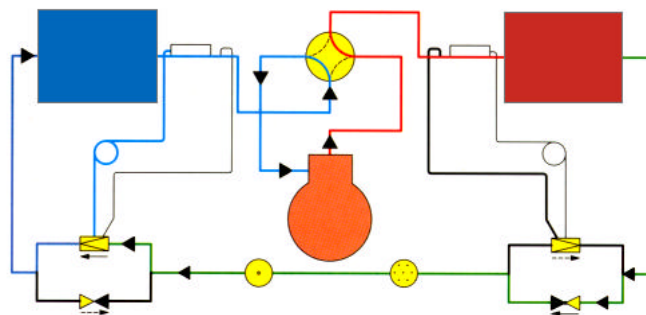
Para realizar cualquier sistema de desescarcho por estos métodos, es necesario que el compresor esté en funcionamiento, y que ciertos servicios estén produciendo frío a la vez que en otros se realiza la condensación del refrigerante. En sistemas individuales esto se vera convertido en una bomba de calor.

Desescarcho por gas caliente en sistemas individuales

Cuando se tiene una instalación con una evaporador, un compresor y un condensador el desescarcho por gas caliente se realiza por inversión del ciclo de refrigeración por medio de un juego de válvulas de dos o tres vías, o por medio de una válvula de cuatro vías.

Es estos circuitos el calor necesario para fundir el hielo, procede del calor robado en un intercambiador de calor al ambiente mas el producido en el compresor.

En el circuito de la figura se tiene un sistema de desescarcho por gas caliente por inversión de ciclo con una válvula de 4 vías.



Es interesante seguir la circulación del refrigerante en este circuito.

Cuando el circuito esta produciendo frío de forma normal, el gas de descarga del compresor pasa al condensador del cual sale en forma de líquido y tras pasar por la válvula de retención NRV que se encuentra en paralelo a una TE/TDE llega al filtro deshidratador y antiácido y al visor, de donde pasa a la válvula de expansión ya que por la de retención NRV no puede, y llega al evaporador donde el líquido se evapora y pasa por la línea de aspiración al compresor.

Cuando se produce el desescarcho por gas caliente, el ventilador de la cámara se para y la válvula de 4 vías cambia el sentido de circulación del gas de forma que la descarga se dirige a lo que antes era evaporador y en el cual esta acumulado el hielo. En este lugar el gas caliente transmite su calor al hielo. El hielo funde y el gas condensa. El gas ya condensado, continua su recorrido hacia la salida y como el orificio de la

válvula de expansión es muy pequeño, sale de la batería por la válvula de retención NRV indicada. Tras pasar por el visor y el filtro deshidratador llega a la válvula de expansión y entra en el evaporador (antes era condensador) donde tras evaporarse pasa al compresor. En caso de existir un colector de líquido a la entrada del evaporador, la válvula de retención debe conectarse en el tubo de salida del colector.

En estos circuitos es importante la colocación de la válvula de retención en paralelo a las dos válvulas de expansión y solenoide de líquido si la hay, para posibilitar la circulación de líquido. Cuando las válvulas de expansión tienen distribuidor de líquido, la derivación para la válvula de retención se debe colocar entre la válvula de expansión y el distribuidor.

El equilibrio externo de las válvulas de expansión transmite la presión de la salida del evaporador a la cabeza termostática cuando está trabajando como evaporador, y cuando esta en el lado del condensador transmite la presión de descarga. La presión de descarga es pulsante y en algunos casos al igual que en los presostatos o válvulas presostáticas esto puede crear problemas. Para evitar estas situaciones se recomienda montar un capilar con su correspondiente rabo de cerdo como línea de igualación de presión. También se debe evitar la acumulación de líquido o aceite en la línea de igualación de presión.

Este circuito debe tener aisladas la tubería que une el evaporador y el condensador para evitar que el aporte de calor exterior vaporice el líquido. Además el distribuidor de líquido se debe montar hacia abajo de acuerdo con las normas de montaje de las válvulas de expansión para asegurar un reparto correcto de líquido.

Existen variantes de estos circuitos en las cuales algunos de los elementos utilizados no existen, otros se modifican o alteran para conseguir otros objetivos, y aunque son parecidos solo utilizan parte del calor del evaporador y el calor producido en el compresor.

La más simple es anular el condensador llevando la descarga directamente al evaporador y estrangular el paso del gas con una válvula manual para reducir la presión. El único calor utilizado en la fusión del hielo es el calor sensible del gas caliente. No se roba calor al ambiente, y el gas no debe condensar en el evaporador, ya que si lo hiciese retornaría líquido al compresor. Un complemento para este sistema, sería estrangular el paso de gas con una válvula limitadora de la presión de aspiración.

Para evitar que bien la válvula de estrangulación manual o bien la limitadora de la presión de aspiración creen una pérdida de carga constante durante el funcionamiento normal se pueden montar en paralelo a una válvula de solenoide con baja pérdida de carga colocada en aspiración y que se cerraría cuando se produce el desescarche.

Las limitaciones de este sistema es la ausencia de ahorro de energía al no utilizar el calor del ambiente, y el riesgo de acumulación de líquido en el evaporador y su retorno al compresor.

Otra variante algo más compleja introduce un recipiente o separador de líquido en la aspiración del compresor durante el desescarche para proteger al compresor de retornos de líquido y simultáneamente realiza el estrangulamiento con una válvula que puede mantener la presión en el evaporador alta y que simultáneamente protege al compresor.

Algunos fabricantes americanos de máquinas enfriadoras utilizan el siguiente principio de funcionamiento: Cuando comienza el desescarche se cierra la solenoide de entrada de líquido, se desvía la descarga del compresor al recipiente por medio de una solenoide en descarga, y se abre la entrada de gas caliente al evaporador. A la vez se desvía la salida del evaporador por medio de otra solenoide colocada en aspiración y lleva el líquido condensado en el evaporador a un separador de partículas con un aporte de calor procedente de los gases de descarga. La válvula que limita la entrada del líquido al separador limita la presión de aspiración para que no alcance valores altos que puedan dañar al compresor.

En todos los circuitos de desescarche por gas caliente para sistemas individuales es muy difícil evitar cambios bruscos de temperaturas en el evaporador con la correspondiente fatiga térmica que puede ocasionar en los materiales, y tampoco se puede evitar la mezcla de gas caliente con líquido frío cuando comienza el desescarche. La mezcla de gas muy caliente con líquido frío produce una vaporización brusca de parte del líquido con micro explosiones e incrementos de presión locales que pueden afectar al

funcionamiento y vida de los equipos utilizados en la instalación. Esto se puede reducir con unas temporizaciones determinadas, pero dadas las características de estos circuitos no son fáciles de realizar.

Para evitar las influencias negativas de las dilataciones por los cambios de temperatura, se pueden montar bucles en tramos rectos de la tubería, los cuales permiten el movimiento o dilatación en las tres direcciones.

Desescarcho por gas o líquido caliente en sistemas de expansión directa con centrales de compresores

El desescarcho por gas caliente en centrales de compresores se está utilizando cada día mas debido al ahorro de energía que puede producir en el funcionamiento de la instalación frigorífica.

En estas instalaciones, debido a sus características se puede sacar el rendimiento máximo a este tipo de desescarcho. En ellas se utiliza el calor del gas de descarga (latente y/o sensible) o el calor sensible del líquido para fundir el hielo de la instalación. Al utilizar el hielo acumulado en los evaporadores como fuente de frío para la condensación del gas de descarga o subenfriamiento del líquido de condensación, se consigue un doble beneficio, por un lado se deja de consumir calor procedente de otro tipo de energía (generalmente eléctrica), y por otro lado se deja de gastar energía en algún ventilador o bomba de agua del condensador. La contrapartida es el mayor coste inicial de la inversión.

El principio básico del funcionamiento de estos sistemas es la desviación de parte del refrigerante a alta temperatura del gas de descarga, del gas caliente del recipiente o del líquido del recipiente a los evaporadores en los cuales se quiere realizar el desescarcho. El gas o líquido entran en el evaporador y se enfrían, condensan o subenfrian, y salen de nuevo a la línea de líquido o al recipiente (en algún caso a la entrada del condensador). Para que el fluido pueda circular por el evaporador y volver a la línea de líquido es necesario crear un diferencia de presión durante el desescarcho en la línea del fluido (vapor o líquido).

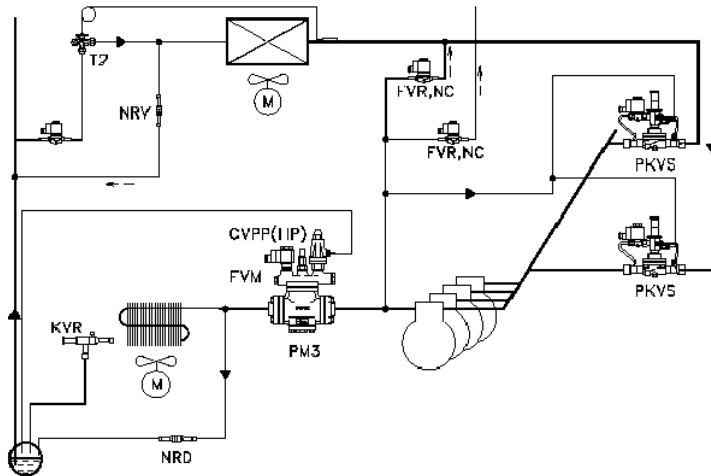
En estos circuitos es necesario que a la hora de hacer el desescarcho algún compresor esté en funcionamiento para poder producir el gas caliente, lo cual obliga que al menos ciertos servicios también estén en funcionamiento. En muchos caso es necesario forzar la producción frigorífica en ciertos servicios para asegurar el funcionamiento mínimo de capacidad en los compresores y producir el gas caliente necesario para el desescarcho. Debido a esta causa, solo se puede realizar el desescarcho en un número de servicios de forma que su capacidad frigorífica sea como máximo el 20% de capacidad frigorífica total de la instalación.

Un punto muy importante en este tipo de sistemas es el ajuste del caudal del fluido que circula por el evaporador. El caudal ha de ser tal que aporte el calor suficiente para la fusión del hielo en el tiempo determinado, y tenga tiempo de condensar en el evaporador. Para ello se debe ajustar el caudal ajustando la pérdida de carga en la válvula colocada en la línea de gas o líquido próxima al condensador y/o recipiente (ΔP entre 1 y 1.5 bar para R22).

La situación de la válvula que permite la salida de líquido del evaporador puede estar colocada en la línea de descarga, en la línea de líquido o incluso en la línea de salida de líquido del evaporador.

En este tipo de instalaciones cuando se realiza este tipo de desescarches, teniendo unas pocas precauciones como pueden ser el evitar que en todo momento se mezclen gases o líquidos caliente con líquido fríos y abrir válvulas de solenoide grandes con una gran diferencia de presión en ellas, se pueden conseguir desescarches muy cortos, eficaces y seguros, solo se deben realizar correctamente las temporizaciones de vaciado del evaporador y drenaje de líquido.

A continuación se analiza uno de los circuitos de desescarcho por gas caliente.



Hay una válvula que actúa como solenoide que corta la aspiración y como reguladora de la presión de evaporación, una válvula de solenoide que corta el suministro de líquido al evaporador y una tercera solenoide que permite el paso de gas caliente. El gas caliente entra en el evaporador y condensa, tras lo cual retorna a la línea de líquido. La válvula tipo PM con un piloto de solenoide EVM y otro piloto en paralelo tipo CVPP en la línea de descarga asegura una presión en el interior del evaporador en proceso de desescarcho siempre mayor a la presión en la línea de líquido o que en el recipiente.

El retorno a la línea de líquido se produce a través de una válvula de retención, que solo permite el paso de fluido en este sentido, en paralelo a la válvula de expansión y a la solenoide debido a que la válvula de expansión termostática tiene un diámetro muy pequeño y no permite el paso de líquido con facilidad. Por otro lado no existe seguridad de tener la válvula solenoide de líquido abierta y que permita el paso de líquido en sentido en inverso. Existen unas válvulas de solenoide especiales llamadas EVRC que si aseguran el paso de fluido en sentido inverso cuando la bobina de la solenoide esta desenergizada.

Es bastante normal y muy recomendable que una vez finalizado el desescarcho del evaporador, la apertura de la aspiración se realice de una forma progresiva y lenta para evitar daños en las tuberías debido a los golpes producidos por los cambios bruscos de presión. Como las válvulas de solenoide tienen una apertura muy rápida, para conseguir que la apertura sea lenta se deben utilizar dos válvulas en paralelo, una grande y una pequeña, primero abre la mas pequeña y pasado un tiempo cuando la presión antes y después de la válvula de aspiración es prácticamente la misma, se abre la mas grande. Otra forma mas simple es utilizar una solenoide especial de apertura en dos tiempos como son las válvulas PMLX.

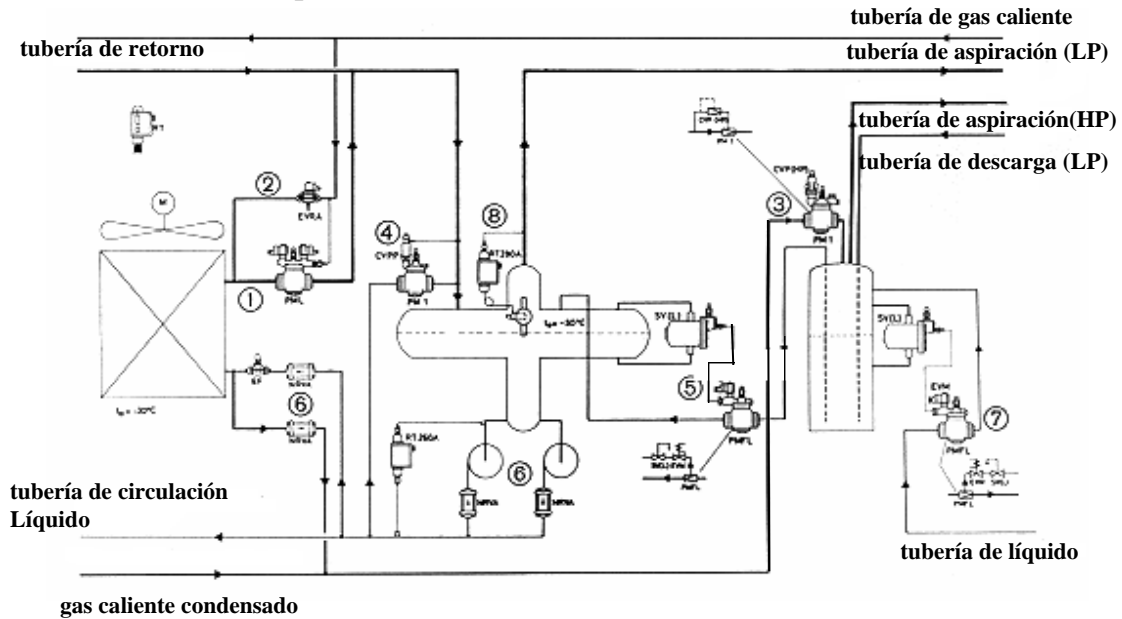
También puede observarse en el esquema que la solenoide de aspiración se cierra con la fuerza que aporta el gas caliente. Esto se realiza así para evitar una pérdida de presión en la línea de aspiración que aumenta innecesariamente el consumo de energía. Esta penalización energética que por ejemplo se produce en la PM con los dos pilotos EVM y CVP es mas importante cuanto mas baja es la presión de evaporación, por lo cual se deberá vigilar especialmente en el caso de almacenamiento de productos congelados y túneles de congelación.

Desescarcho por gas caliente en sistemas inundados con centrales de compresores

En refrigeración de grandes plantas industriales, hay unos principios básicos como los citados con anterioridad a los cuales cada instalador agrega otros obteniendo una gran variedad de desescarches por gas caliente. Se puede incluso hablar de diseño de sistemas de gas caliente.

Entre ellos podemos citar a modo de ejemplo el indicado en el siguiente circuito:

Desescarcho por gas caliente Principio de circulación



Durante la refrigeración el líquido localizado en el separador de partículas de negativa se bombea hacia los evaporadores por la válvula de retención y la de expansión manual pasando por una solenoide con poca pérdida de carga tipo PML o PMLX retornando al separador de partículas de negativa de donde sale el vapor hacia el compresor.

Durante el desescarcho se cierran la solenoide de aspiración y se abre la de gas caliente. A la salida del evaporador hay una válvula de retención y después antes del separador de partículas de positiva o intermedia, hay una válvula PM con un piloto de regulación de alta presión CVP la cual asegura que cuando el evaporador alcance la presión ajustada (equivalente a unos 6 u 8 °C) abre, entonces el líquido y el vapor salen hacia el separador de partículas donde se evapora y se mezcla con el vapor procedente de otros servicios.

Válvulas que intervienen en los procesos de desescarcho

En los procesos de desescarcho las acciones requeridas son fundamentalmente de acción brusca todo/nada, por lo cual básicamente intervienen válvulas de solenoide. En algunos tipos de desescarcho también hay válvulas reductoras y reguladoras de presión, bien a la entrada de la válvula o bien a la salida.

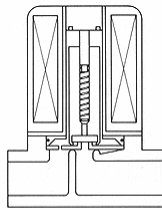
Las válvulas de solenoide implicadas están en la línea de líquido, en la línea de descarga de gas caliente o de líquido caliente y en las que circula una mezcla de líquido y vapor.

Válvulas de solenoide tipo EVR

La válvula de solenoide tipo EVR es una válvula de cierre electromagnético servo-controlada. Para poder analizar el funcionamiento debemos ver clara la forma del elemento de cierre, ya que son los agujeros y el movimiento de esta pieza los que nos dan la explicación del funcionamiento.

En el diafragma podemos ver dos agujeros, uno en la parte central que está tapado por la armadura (que obedece las ordenes procedentes de la bobina) y otro más pequeño colocado en el medio de la corona del disco.

En la válvula se deben distinguir tres zonas, la zona de entrada del líquido por la parte de abajo del diafragma, "Entrada E" zona E, la zona de salida de la válvula también en la parte inferior del diafragma "Zona S" y una zona en la parte superior del diafragma "Cámara C".



Principio de servo-control

Funcionamiento

Para que la válvula pueda abrir es necesario que la presión a la salida de la válvula "Zona S" sea inferior a la de la entrada "Zona E".

Veamos que sucede en las siguientes zonas de la válvula en el proceso de apertura y cierre:



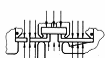
La válvula está cerrada



Presión en Zona E igual a la presión en Cámara C y mayor a la presión a la salida Zona S.



El piloto se abre



Por acción de la bobina de solenoide el piloto se abre y se establece una circulación de fluido de la cámara C hacia la salida debido a la diferencia de presión.

Al mismo tiempo la presión en la cámara C disminuye, por lo cual se establecerá una circulación de fluido de la entrada E a la cámara C por el orificio pequeño.

En este momento se cumple la condición de tener una presión en la entrada mayor que en la cámara y a su vez esta mayor que en la salida.

Esta condición se debe mantener siempre que la válvula esté abierta.

Como el agujero abierto en la parte central por la solenoide es mayor que el localizado en el medio del disco, la cantidad de agua que entra en la cámara es menor que la que sale, y como además la presión a la entrada es mayor que a la salida el diafragma se desplaza hacia arriba. En este momento se ponen en comunicación directa la entrada y la salida y la válvula está abierta.

Cuando la válvula permanece abierta se establecen dos circulaciones de líquido en la válvula. Una más importante y principal que comunica directamente la entrada y la salida, y otra muy pequeña de entrada por el agujero pequeño en el medio del disco, circulación por la parte superior del diafragma, y salida por el agujero central.

El piloto se cierra

Al desactivar la solenoide, la armadura cae por acción de la gravedad y de un muelle, y cierra el agujero del centro de la armadura, cortando la circulación por la parte superior del diafragma. En este momento la presión en la cámara c es menor que en la entrada, por lo que el fluido sigue pasando a la cámara C, de forma que las presiones tienden a igualarse. Al continuar entrando fluido en la cámara, el diafragma se ve desplazado hacia abajo y cierra la válvula. También se ve ayudado porque la fuerza ejercida en la parte superior del diafragma (presión por superficie) es mayor que la aplicada en la parte inferior.

Un factor muy importante para que las válvulas de solenoide no planteen ningún tipo de problema cuando estén funcionando es el cálculo de acuerdo al caudal que debe circular por ellas. En los circuitos frigoríficos el caudal lo solemos expresar como la capacidad frigorífica que puede suministrar el líquido que pasa a través de la válvula, de forma que siempre se debe poner la válvula de acuerdo con su capacidad. El determinar la capacidad asociada a la válvula solenoide en la línea de líquido es fácil, sin embargo cuando se realiza un desescarcho por gas caliente, es difícil determinar que caudal o capacidad debe tener la válvula solenoide colocada en la línea de gas caliente.

El cálculo ideal sería determinar la cantidad de hielo acumulado en el evaporador y definiendo el tiempo deseado para fundirlo calcular la potencia calorífica necesaria para fundir todo el hielo y después de acuerdo con este dato calcular resistencias eléctricas y las válvulas necesarias.

La realidad nos indica que para los desescarches eléctricos, en función de la aplicación y del evaporador, los fabricantes de los evaporadores nos indican la cantidad de resistencias que se deben introducir para realizar el desescarcho. Sin embargo en los desescarches por gas caliente no hay ningún tipo de referencia.

Ante la ausencia de valores de referencia para el cálculo de las válvulas colocadas para suministrar el gas caliente de desescarcho, se parte del valor de la potencia frigorífica del evaporador, y con este valor se determina la válvula de gas caliente con la hipótesis de realizar el desescarcho condensando el gas de descarga en el interior del evaporador y devolviéndolo a la línea de líquido. En este caso el calor utilizado para el desescarcho es el calor latente y el sensible del refrigerante en el lado de descarga. Cuando el desescarcho no utiliza el calor latente, el dimensionamiento de las válvulas se realiza con la misma base para la capacidad pero introduce mucha más incertidumbre. La caída de presión a través de la válvula solenoide de desescarcho por gas caliente puede ser incluso superior a 1 bar.

Válvula de solenoide tipo EVRC

La válvula de solenoide tipo EVRC es una válvula muy parecida a las válvulas EVR en las cuales cierra el fluido en el sentido de entrada salida de la válvula, pero permite al fluido circular en los dos sentidos por la misma válvula.

Es especialmente útil en los desescarches por gas caliente en la línea de líquido delante de la válvula de expansión termostática, ya que de esta forma el bypass con la válvula de retención solo se tiene de realizar sobre la válvula de expansión. En muchas instalaciones este proceso simplifica la instalación.

Debido a un dispositivo interno, también se utiliza en situaciones donde existen retornos fuertes de presión cuando se abre o cierra una válvula de solenoide.

Válvula de solenoide tipo PKVD

Estas válvulas solo se pueden montar en la línea de aspiración.

A diferencia de las solenoides anteriores, las PKVD pueden abrir aunque la diferencia de presión entre la entrada y la salida sea cero. Las válvulas en estado normal están normalmente abiertas por la acción de un muelle, y cuando se quieren cerrar se energiza y se abre un piloto solenoide el cual deja pasar el gas procedente del lado de descarga y empuja al asiento del cierre hacia abajo cerrándolo.

Debido a que la apertura se realiza con un muelle, no existe ninguna caída de presión asociada con la apertura, por lo cual se utilizan cuando para ahorrar energía se necesitan válvulas solenoide con poca pérdida de carga.

Se debe ver que cuando la válvula está cerrada, hay una ligera entrada de gas caliente en la salida de la válvula por el orificio de evacuación de gas para poder permitir posteriormente la apertura de la válvula.

Válvula de solenoide tipo PML

Estas válvulas solo se pueden montar en la línea de baja presión.

Las válvulas solenoide PML son muy robustas y su apertura y cierre se realiza por la acción combinada de dos pilotos solenoides.

La apertura se realiza poniendo en comunicación el pistón interior de la válvula PML en comunicación directa con el gas de alta presión de forma que al vencer la fuerza opuesta por un muelle y la presión en el interior de la válvula abre el asiento permitiendo la circulación del fluido.

Al igual que las PKVD no tiene asociada diferencia de presión para que se pueda abrir, lo que la hace muy interesante en instalaciones en las cuales se realiza desescarcho por gas caliente y se requiere un buen nivel de ahorro de energía.

Normalmente este tipo de válvula está abierta sin tensión y colocada en la línea de aspiración. Para cerrarla se activan los dos pilotos de solenoide, el primero se abre y permite la comunicación de la parte superior del pistón con el gas de alta presión, y el segundo se cierra para evitar la comunicación de la alta presión con la aspiración. De esta forma al tener la presión de alta encima del pistón de apertura de la PML, ésta se abre.

Para cerrarla se desenergizan los dos pilotos de solenoide (EVM) cerrándose el primero que cortando la presión de alta y abriéndose el segundo que permite la liberación del gas encerrado en la parte superior del pistón a la zona de aspiración con lo cual el muelle interior de la PML cierra la válvula.

Válvula de solenoide tipo PMLX

La válvula de solenoide PMLX es una versión especial de la PML. La particularidad de esta válvula es que el proceso de apertura se realiza en dos etapas.

Está concebida para ir colocada a la salida de los evaporadores para realizar el desescarcho por gas caliente, ya que no tiene pérdida de carga asociada con la apertura, y después cuando se realiza la apertura la realiza en dos etapas con lo cual consigue que primero se igualen las presiones a ambos lados de la válvula y después la válvula se abre completamente.

La válvula tiene dos muelles interiores tarados con distinta fuerza que realizan la apertura en dos etapas.

El proceso de la apertura de la válvula es como sigue:

Cuando se permite la comunicación de la parte superior del pistón con la presión de alta, se vence la fuerza del primer muelle y se realiza la apertura de la parte central del asiento. En este momento sale el fluido con lo cual la presión a la entrada disminuye y tiende a igualarse con la de la salida. Cuando la diferencia de presión en el asiento desciende por debajo de la fuerza que ejerce el segundo muelle, éste empuja la parte anular del asiento hacia abajo con lo cual la válvula queda completamente abierta. De esta forma se evitan

las grandes golpes de ariete debidos a la presión en la apertura de las válvulas que pueden dañar las válvulas y tuberías del circuito en estos puntos.

El proceso de cierre es exactamente igual al de las PML

Esta válvula evita el tener que montar dos válvulas en paralelo en la línea de aspiración, una para igualar presiones, y otra para abrir realmente la aspiración. Elimina también toda la complicación eléctrica que el esquema con dos válvulas acarrea.

La diferencia de presión a través de la válvula no puede ser mayor de 1 bar, ya que de ser así la válvula se cerrará.

Válvulas reguladoras de presión

La utilización de válvulas reguladoras de presión tienen básicamente dos funciones:

Crear una diferencia de presión en la línea de alta presión para permitir el retorno de fluido a esta línea después de pasar por el evaporador.

Mantener una presión alta en el evaporador para asegurar que la fusión del hielo se realiza correctamente.

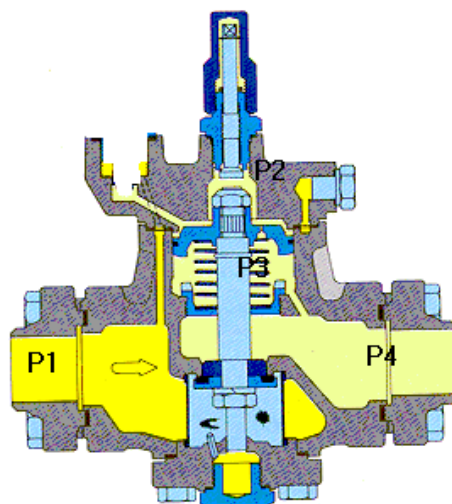
Estas funciones normalmente se realizan con válvulas que están formadas por dos partes, una principal que es la válvula propiamente en si, de la cual existen dos modelos, y otra parte de gobierno de la válvula principal formada por una serie de pilotos que pueden actuar de forma independiente o combinada.

La válvula principal siempre es gobernada por la orden que le transmite el piloto, y la apertura es independiente del tipo de piloto que de la orden.

Válvula principal PM

El funcionamiento de la válvula principal tipo PM es como sigue:

La válvula PM se abre por el efecto de la presión que tiene el mismo fluido que circula por ella, es decir, es una válvula servo-accionada que necesita una diferencia de presión entre la entrada y la salida de la válvula para que pueda abrirse.



Viendo el diseño de la válvula, es fácil ver que cuando la válvula esta abierta hay dos corrientes de circulación de fluido. La circulación principal por el asiento de la válvula, y la circulación secundaria por la línea piloto. Siguiendo la circulación del fluido puede verse sin dificultad que en la válvula y su entorno existen cuatro presiones diferentes. La presión a la entrada de la válvula P1, la presión en la parte superior

del pistón (solidario con el asiento), la presión en la cámara del muelle en la parte inferior del pistón P3, y la presión a la salida de la válvula P4.

También se deben observar los conductos por donde se produce la circulación secundaria o de la línea piloto. Puede verse que la línea piloto comienza en la entrada de la válvula con el conducto 1a con una presión P1, llega al piloto por el conducto amarillo intenso y el conducto de trazos, pasa por el hueco dejado por el piloto y el conducto amarillo sucio, llega a la parte superior del pistón con una presión P2. El gas pasa por el orificio de igualación del servo-piston a la cámara del muelle con una presión P3. Finalmente el gas de la cámara del muelle sale por el por el último conducto donde se une al fluido de la circulación principal con una presión P4.

El grado de apertura de la válvula PM se determina por la diferencia de presión que existe en el pistón, es decir la presión P2 en la parte superior y la presión P3 en la parte inferior. Si esta diferencia de presión es cero, la válvula estará completamente cerrada. Si esta diferencia de presión es superior a 0.2 bar, la válvula estará completamente abierta. Cuando la diferencia de presión en el pistón P2-P3 esté comprendida entre 0.07 y 0.2 bar, la válvula abrirá de forma proporcional.

Una ventaja de este tipo de válvula es la forma del perfil en el asiento (logarítmico) que hace que las características de la regulación sea ideal.

Tal como se ha visto quien hace que la válvula se abra es la presión P2. Esta presión P2 se ve afectada por el grado de apertura del orificio piloto que comunica los distintos canales, determinando el grado de apertura de la válvula. Se ve de esta forma como la válvula principal recibe las ordenes de la válvula piloto y actúa en consecuencia abriendo o cerrando la válvula.

Válvula PM con pilotos

Tal como se ha visto con anterioridad la válvula principal PM sigue las directrices de uno o varios pilotos montados sobre ella. La válvula principal PM realiza la función correspondiente al piloto conectado.

En los desescarches por gas caliente, estas válvula se colocan con distintas funciones:

- Como solenoides con el piloto EVM todo/nada. La PM actúa como solenoide normal. Están colocadas en la línea de entrada de gas caliente.
- Como reguladores de presión con el piloto CVP (alta presión) para mantener una presión alta en el evaporador y asegurar el desescarcho. Colocadas en la salida del evaporador durante el desescarcho.
- Como reguladores de presión con el piloto CVC (presión de aspiración) para proteger al compresor de una presión de aspiración durante y después del desescarcho muy alta. colocada en la aspiración del compresor.
- Como regulador de una diferencia de presión entre un punto y la entrada de la válvula con el piloto CVPP (alta presión). Asegura el retorno del fluido tras pasar por el evaporador a la línea de alta presión al recipiente, línea de gas caliente o línea de líquido. Puede estar colocada en la línea de descarga, líquido o de salida de drenaje del evaporador durante el desescarcho.

Válvulas de retención

Son válvulas que solo permiten la circulación de líquido en un sentido y se colocan en los puntos donde es necesario evacuar el fluido y no puede hacerlo por la tubería principal por estar alguna válvula cerrada. Están colocadas en paralelo a las válvulas de solenoide de líquido y a la de expansión termostática para permitir el drenaje de fluido durante el desescarcho.

Válvulas de diferencia de presión NRD

Son válvulas que solo abren si la diferencia de presión en ellas es superior a un valor determinado. Pueden utilizarse en sistemas pequeños con una función muy parecida a la PM + CVPP.

Control de la secuencia de desescarcho

Tal como se ha visto en las páginas anteriores, existe gran variedad de tipos de desescarcho. Además se ha podido observar un proceso de desescarcho donde intervienen temporizaciones y válvulas que deben de seguir una secuencia determinada.

Para controlar el proceso de desescarcho, existen los siguientes elementos:

- Relojes programadores de desescarcho
- Controles con las funciones de termostatos con programadores de desescarcho incluido
- Controladores con todas las funciones del evaporador incluidas

Relojes programadores

Los relojes programadores de desescarcho indican cuando empieza un desescarcho y cuando termina. El desescarcho dura un tiempo fijo.

Termostatos con programadores de desescarcho

Los termostatos con programadores de desescarcho incluido incorporan la electrónica y pueden realizar tanto la función de termostato como la de desescarcho. Según los modelos y versiones se pueden utilizar para desescarcho por gas caliente, eléctrico o por aire, con fin de desescarcho por temperatura o por tiempo, control de los ventiladores, control del compresor o de la solenoide de líquido, función de alarma de temperatura, las temporizaciones que se necesiten para realizar el desescarcho mas adecuado a cada instalación, e incluso un sistema de comunicación y toma de datos para tratamiento informático.

A continuación se ve una tabla de distintos termostatos de la firma Danfoss con las funciones asociadas que tiene cada uno de ellos.

Termostato	1	1a	2	2a	3	3a	4	4a
Control de temperatura	x	x	x	x	x	x	x	x
Control tiempo desescarcho	x	x	x	x	x	x	x	x
Control temperatura fin de desescarcho			x	x	x	x	x	x
Ajuste de la temperatura de referencia de corte	x	x	x	x	x	x	x	x
Ajuste del diferencial de temperatura	x	x	x	x	x	x	x	x
Bloqueo superior de la referencia	x	x	x	x	x	x	x	x
Bloqueo inferior de la referencia	x	x	x	x	x	x	x	x
Calibración de la sonda de temperatura	x	x	x	x	x	x	x	x
Rele de alarma		x		x		x		x
Alarma de alta temperatura	x	x	x	x	x	x	x	x
Alarma de baja temperatura	x	x	x	x	x	x	x	x
Retardo alarma de temperatura	x	x	x	x	x	x	x	x
Retardo alarma de puerta					x	x	x	x
Tiempo de marcha mínimo del compresor	x	x	x	x	x	x	x	x
Tiempo de parada mínimo del compresor	x	x	x	x	x	x	x	x
Funcionamiento en % compresor en caso de fallo de la sonda de temperatura	x	x	x	x	x	x	x	x
Desescarcho eléctrico o por gas caliente			x	x	x	x	x	x
Fin de desescarcho por temperatura			x	x	x	x	x	x
Intervalo de tiempo entre desescarches	x	x	x	x	x	x	x	x
Máximo tiempo de desescarcho	x	x	x	x	x	x	x	x
Desviación del tiempo de desescarcho al inicio	x	x	x	x	x	x	x	x
Tiempo de vaciado del evaporador			x	x	x	x	x	x
Retardo del ventilador después del desescarcho					x	x	x	x
Temperatura de arranque del ventilador (finaliza el retardo anterior sin agotar el tiempo)					x	x	x	x
Ventiladores en marcha o parados					x	x	x	x
Utilización de la sonda de desescarcho			x	x	x	x	x	x
Retardo después del desescarcho, drenaje	x	x	x	x	x	x	x	x

Parada de ventiladores al parar compresor	x	x	x	x
Tiempo de parada del ventilador al abrir puertas	x	x	x	x

Controladores de evaporador

Los controladores de evaporador son equipos electrónicos que realizan un control total de todas las funciones relacionadas con evaporador.

Hay controladores que comienzan con un simple control de la válvula de solenoide, ventiladores, varios termostatos durante el día y la noche, desescarches, luces en los cuales las acciones suelen ser todo/nada. Algunos controladores algo inteligentes introducen un termostato modulante dentro de las limitaciones de la válvula de expansión y de los sistemas indirectos. Otros controladores más avanzados, además integran la válvula de solenoide y la de expansión en una sola válvula AKV que realiza las dos funciones. El sistema de control de estas válvulas es tan bueno que se pueden conseguir temperaturas de cámara con oscilaciones inferiores a 0.5°C. Además el ahorro conseguido en las instalaciones con la utilización de esta válvula de expansión electrónica AKV hacen este tipo de controladores tremendamente interesantes.

A continuación se pueden ver los controladores AKC de Danfoss de la familia de controles ADAP-KOOL® con las distintas funciones que realizan y las funciones especiales que tienen de cara al desescarcho.

	AKC 121	AKC 151R	AKC 114A	AKC 115A	AKC 116A	AKC 114D	AKC 115D	AKC 116D	AKC 114	AKC 115	AKC 116
Pantalla de temperatura	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Número de termostatos	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Temperaturas seleccionables	2	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1
Termostato (ON/OFF, modulante)	x	ON/OFF	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		F									
Señal de referencia externa			x	x	x						
Salida para solenoide	2	1									
Retardo alarma de temperatura	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Control de ventiladores	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Desescarcho eléctrico	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Desescarcho por gas caliente especial		x							x	x	x
Desescarcho inteligente						x	x	x	x	x	x
Fin de desescarcho por temperatura	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Intervalo de tiempo entre desescarches	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Máximo tiempo de desescarcho	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tiempo de vaciado del evaporador		x							x	x	x
Retardo del ventilador después del desescarcho	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Temperatura de arranque del ventilador (finaliza el retardo anterior sin agotar el tiempo)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ventiladores en marcha o parados	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Retardo después del desescarcho, drenaje	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Parada de ventiladores al parar inyección	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Temporizaciones configurables									x	x	x
Control termostático de la inyección	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Control electrónico de la inyección		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Número de válvulas	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Lectura de presión de evaporación			P	P	P	T	T	T	T	T	T
Función MOP			x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ajuste Deslizamiento				x	x	x	x	x	x	x	x
Cambios día/noche interno	x		x	x	x	x	x	x			
Relé para compresor		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Relé de mas capacidad						x	x	x			
Corrección de sensores	x		x	x	x						
Señal de alarma externa (puerta)			x	x	x						
Control de luces (día / noche)			x	x	x						

Estos controladores realizan todas las funciones asociadas a los evaporadores. Existen controladores para uno, dos o tres evaporadores.

