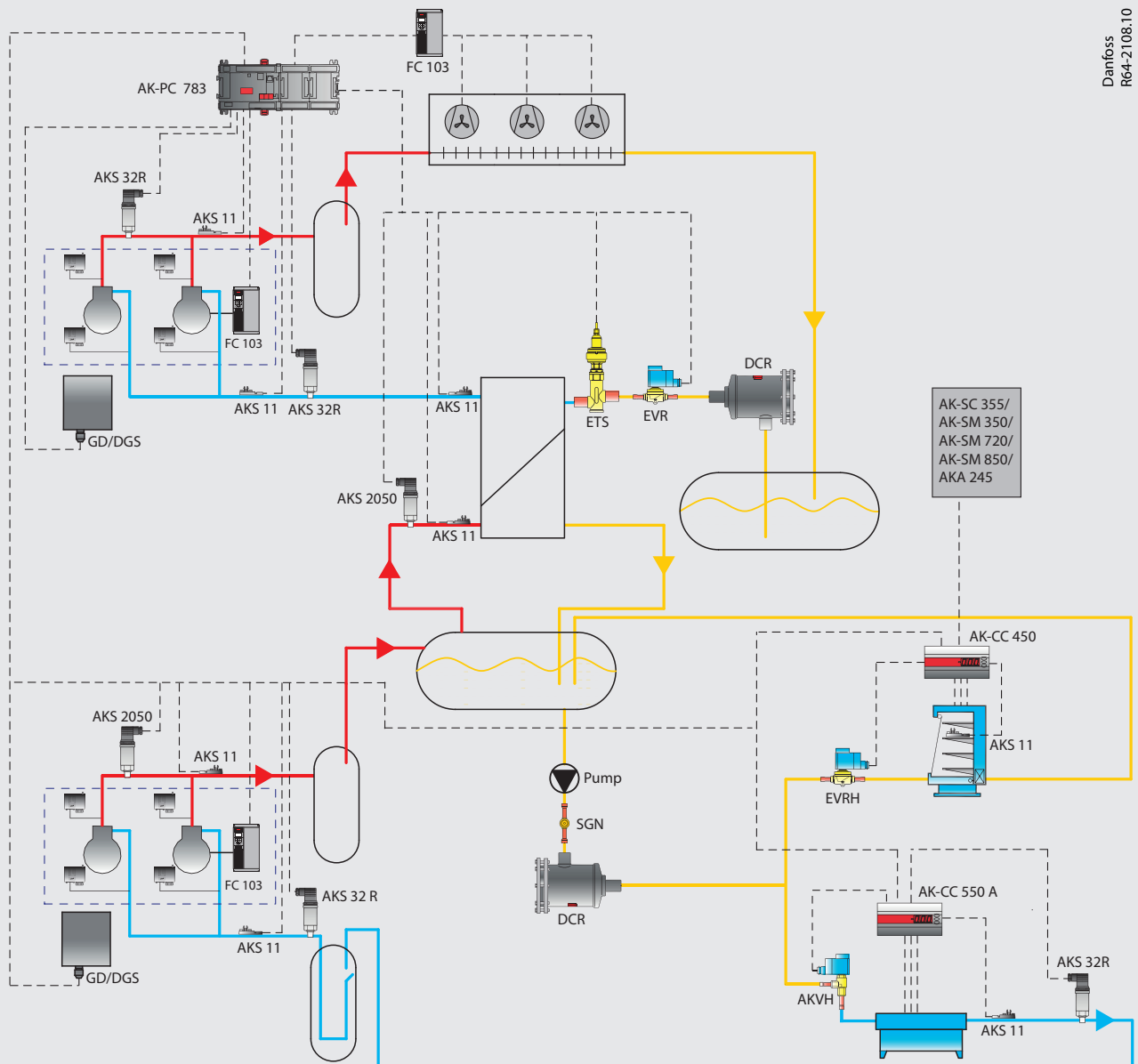


# Sistema de HC/HFC-CO<sub>2</sub> en cascada

## Control del sistema



Danfoss  
RG4-2108.10

## Descripción general

Un sistema en cascada combina los beneficios del CO<sub>2</sub> y el HFC. La cascada es una alternativa muy atractiva al sistema tradicional en espacios climatizados que no son aptos para equipos de ciclo transcrito de CO<sub>2</sub>. Un sistema en cascada ofrece la posibilidad de crear sistemas de CO<sub>2</sub> con presiones inferiores a los 40 bar. El PCA se reduce de forma significativa en comparación con un sistema R134/404A tradicional.

Los sistemas en cascada proporcionan una serie de ventajas:

- Eficacia del sistema mejorada incluso en climas calurosos
- Solo se necesita una pequeña cantidad de refrigerante para la fase de alta temperatura.
- La diferencia de temperatura para el intercambiador de calor en cascada es relativamente baja
- En el lado de alta presión pueden usarse varios refrigerantes, como HC / HFC.

Si se utiliza HFC en una fase de alta temperatura, es preferible usar R134a debido a sus propiedades termodinámicas y al potencial PCA más bajo (en comparación con R404A).

## Temperaturas y presiones de los sistemas en cascada

La temperatura intermedia en los sistemas en cascada se selecciona en función de la temperatura necesaria para los casos de alta temperatura en una cámara, por lo que pueden enfriarse con CO<sub>2</sub> directamente. La temperatura intermedia también puede mejorarse para obtener el máximo nivel de eficiencia energética si se usa el sistema solo para baja temperatura. El diseño de la presión de funcionamiento para cada sistema de refrigeración puede ser distinto, ya que los sistemas en cascada están formados por dos sistemas de refrigeración diferentes que están interconectados y aislados en el intercambiador de calor en cascada. La presión de diseño de CO<sub>2</sub> normalmente se basa en la disponibilidad de los componentes y es equivalente a 40-45 bar (correspondientes a +5 - +10 °C).

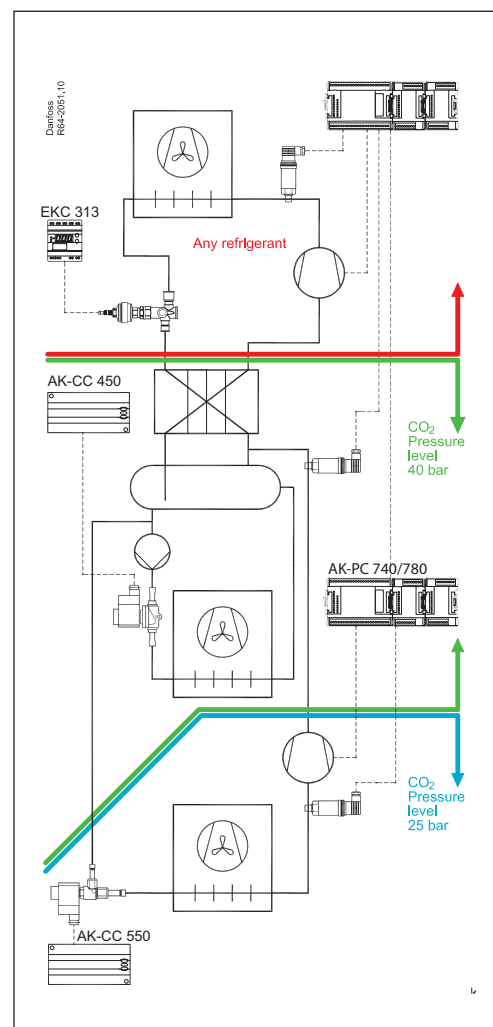
Se recomienda usar sistemas de parada para evitar el aumento de presión por encima de las medidas anteriormente mencionadas. Las válvulas de seguridad deben ajustarse al nivel más alto. La presión de reposo puede conseguirse elevando la presión de diseño a 80 - 90 bar.

Por ejemplo:

Lado de CO<sub>2</sub>

- Presión de funcionamiento de diseño del sistema (temperatura de aspiración saturada): 42 bar (+5 °C)
- Ajustes de la válvula de seguridad: 42 bar (+5°) (-10 % MWP)
- Ajuste de emergencia del sistema: 34 bar (-1 °C)
- Ajuste de presión de descarga de CO<sub>2</sub>: 35 bar (0°C)

Cuanto mayor sea la eficiencia del intercambiador de calor en cascada, menor será la diferencia entre la temperatura de condensación de CO<sub>2</sub> y la temperatura de evaporación del refrigerante en el lado de alta temperatura. A medida que la diferencia de temperatura en el condensador en cascada aumenta, la eficiencia global del sistema de refrigeración se reduce.



### Temperaturas y presiones de los sistemas en cascada (continuación)

Si un sistema de CO<sub>2</sub> tiene un recalentamiento alto, es necesario usar desobrecalentadores para poder reducir la carga en el lado de alta temperatura.

La presión intermedia óptima en sistemas en cascada de CO<sub>2</sub> depende del número de parámetros (refrigerante de alta temperatura, patrón de carga, etc.). Por lo general, tienen que considerarse 2 casos:

1) Sistemas con carga a temperatura media. En este caso, la presión intermedia debería ser lo más alta posible para poder reducir la carga en la fase de alta temperatura. Por lo tanto, las limitaciones son la temperatura necesaria en el nivel

intermedio y la presión nominal del sistema.

2) Sistemas sin carga a temperatura media. En este caso la temperatura intermedia debería encontrarse en el intervalo -10 - 0 °C (debido a la alta presión del LT CO<sub>2</sub>), donde el límite inferior se define por la eficiencia y el límite superior por la presión nominal del sistema.

### Secuencia operativa de los sistemas en cascada

En los sistemas en cascada, es fundamental ejecutar al menos un compresor en el lado de alta temperatura para que el primer compresor en el lado de baja temperatura pueda arrancar. De lo contrario, el compresor en el lado de baja temperatura puede desconectarse debido a la alta presión.

La misma secuencia también es válida para la carga del sistema. Primero, es necesario llenar el circuito de alta temperatura con refrigerante y arrancar el circuito. Después, puede introducir el CO<sub>2</sub> en el sistema de baja temperatura.

La válvula de expansión de alta temperatura (ETS) al intercambiador de calor en cascada debería iniciarse al mismo tiempo que los compresores de alta temperatura. Después, la válvula controla el recalentamiento del gas a alta temperatura. A continuación, los compresores LT arrancan debido al aumento de presión de CO<sub>2</sub> en la línea de aspiración.

Los controladores de grupo Danfoss, como el AK-PC 783, han sido diseñados específicamente con funciones de control integradas para coordinar estas operaciones.

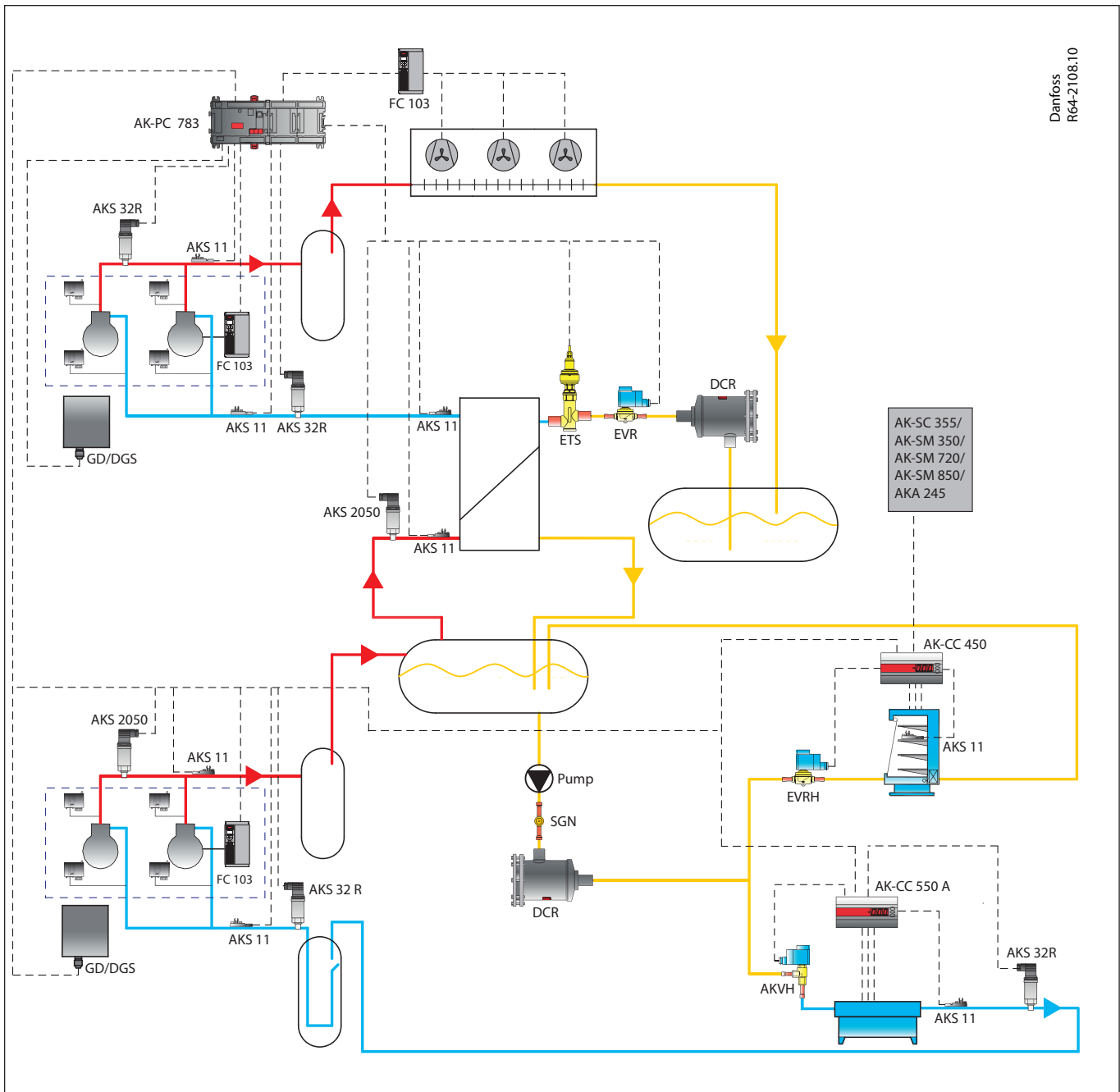
### Inyección en el intercambiador de calor en cascada

La inyección de líquido en un intercambiador de calor de placas no es trivial. A menudo el intercambiador de calor es compacto y, por lo tanto, la constante de tiempo es muy baja. Para esta aplicación no se recomiendan válvulas AKV.

Se recomienda usar válvulas de motor (ETS / CCM) u otros tipos de válvulas que proporcionen un flujo constante.

Por este motivo, también se recomienda usar desobrecalentadores del gas CO<sub>2</sub> que entra en el intercambiador de calor en cascada.

- El gas a veces está a 60 °C y, por lo tanto, el calor puede expulsarse al entorno o bien usarse para la recuperación de calor sin problemas.
- La reducción de la presión térmica en el intercambiador de calor.
- EL gas CO<sub>2</sub> proporciona flujos de calor muy altos que, en consecuencia, crean condiciones inestables en el lado de evaporación. Por todo ello, se recomienda reducir el recalentamiento en el lado de CO<sub>2</sub>.



Sistema en cascada de HFC-Co2

### Controles del sistema en cascada

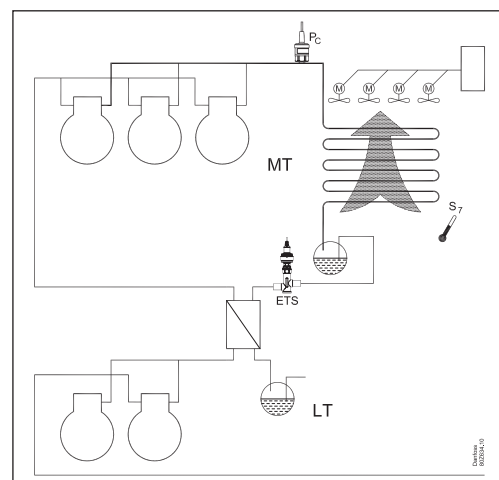
El control de los sistemas en cascada puede dividirse en:

- Control de la capacidad del condensador
- Control de la capacidad del compresor
- Control de la inyección en cascada

### Control de la capacidad del condensador

El control de la capacidad del condensador puede realizarse mediante la regulación de etapas o el control de velocidad de los ventiladores.

Cuando regule el sensor para adaptarlo al distribuidor de capacidad, debe seleccionar la presión del condensador. El valor de referencia para la regulación puede definirse de dos formas: como referencia fija o como referencia variable en función de la temperatura exterior. El valor de referencia para la presión de condensación se fija en °C (°F).



### Controles de capacidad del compresor

El controlador de grupo AK-PC 783 controla la presión de aspiración LT y es el controlador estándar para controlar un grupo de aspiración en cualquier sistema refrigerante. El controlador puede regular la velocidad variable de dos compresores combinados con compresores de una etapa del mismo tamaño o tamaños distintos, dependiendo de la elección del patrón de acoplamiento.

Una función única del AK-PC 783 permite usar

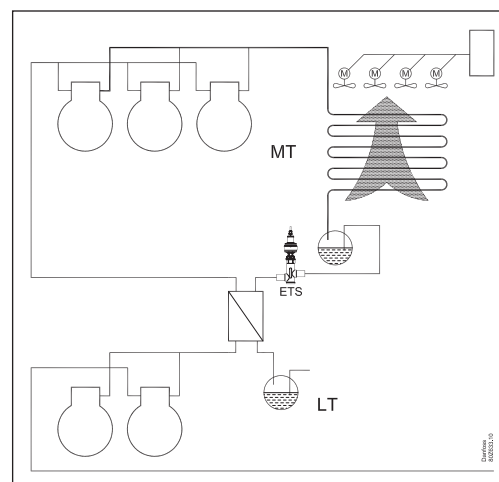
la presión Pc en el lado de CO<sub>2</sub> del LT a modo de sensor de control para la presión de aspiración HT. De esta forma, se garantiza un control rápido y estable de la presión de condensación en el lado de CO<sub>2</sub> LT.

### Coordinación de baja presión / alta presión

El AK-PC 783 también puede coordinar el inicio LT y MT para garantizar un funcionamiento correcto. Los compresores de alta presión pueden iniciarse como resultado de:

- Carga en el circuito de alta presión.
- Requisitos del circuito de baja presión.

El circuito de alta presión seguirá garantizando que el circuito de baja presión solo puede iniciarse en el momento en que arranque un compresor de alta presión como mínimo. Asimismo, esto garantizará que los temporizadores de seguridad y los temporizadores del compresor cumplen la normativa.



### Administración de aceite / Igualación de aceite

El sistema de administración de aceite integrado abarca la mayoría de sistemas del mercado actual. Este sistema puede usarse con CO<sub>2</sub> y con otros refrigerantes convencionales y admite señales de entrada de:

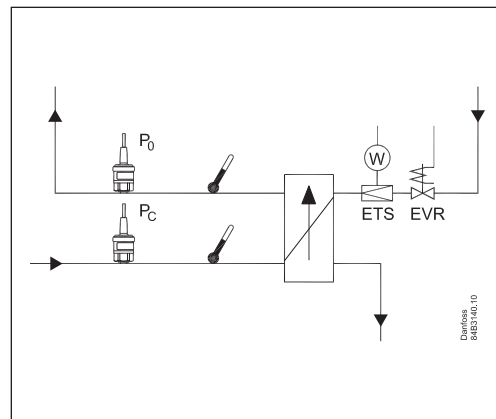
- Interruptor de nivel en el compresor
- Interruptor de nivel en el separador de aceite
- Interruptor de nivel en el recipiente de aceite
- Transmisión de presión en el recipiente de aceite

El suministro de aceite a los compresores se puede gestionar con el controlador AK-PC 783.

### Control de la inyección en cascada

En los sistemas con regulación en cascada y CO<sub>2</sub> como refrigerante en el circuito de baja temperatura, el EKC 313 puede regular la inyección de líquido (por medio de una válvula de expansión paso a paso ETS) en el intercambiador de calor en cascada en una de estas dos formas:

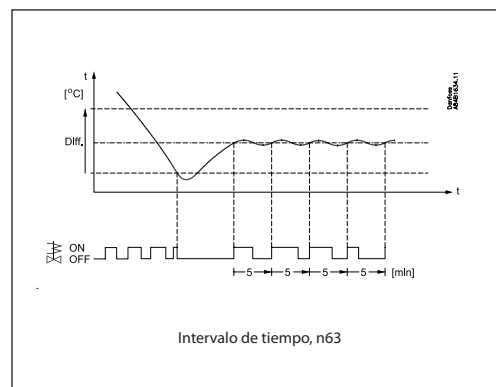
- Optimización del recalentamiento
- Regulación de la presión de condensación en el circuito de baja temperatura garantizando que el recalentamiento no sea demasiado bajo.



### Control del flujo de CO<sub>2</sub> del evaporador MT

La temperatura del aire en las salas o carcasas con visualización de temperatura media se controla a través de la apertura / cierre de una válvula de solenoide o válvula de motor en el suministro de CO<sub>2</sub> al evaporador. El control de la temperatura real puede realizarse de dos formas: como una regulación de activación / desactivación ordinaria con un diferencial o bien como un control de modulación (PWM), donde la variación de temperatura no será tan grande como con el control de activación / desactivación.

En un sistema donde diversos evaporadores comparten el suministro de la misma bomba de líquido de CO<sub>2</sub>, se recomienda escoger el control de la temperatura de modulación, ya que también proporciona un flujo más constante de CO<sub>2</sub> a la bomba de CO<sub>2</sub>.



### Control de la inyección del evaporador LT

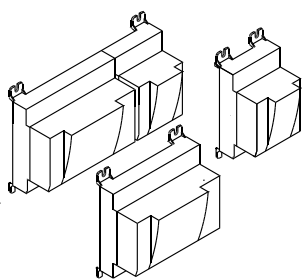
El control de la inyección para carcasas de baja temperatura y evaporadores de salas frías se realiza mediante un AK-CC 550A. Este dispositivo utiliza válvulas de inyección de pulso-ancho-modulación AKVH y algoritmos de software adaptativo patentado para optimizar el funcionamiento y el rendimiento del sistema.

### Control de presión

Los controladores de CO<sub>2</sub> Danfoss cuentan con más funciones de seguridad de presión que impiden que las válvulas de seguridad se abran y, por lo tanto, pierdan carga.

Controlador de grupo AK PC 740

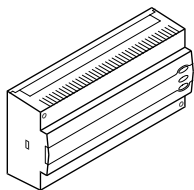
Una función de seguridad de presión de descarga máx. del compresor reducirá la capacidad del compresor.



### AK-PC 783

Controlador flexible para controlar la capacidad de compresores y ventiladores del condensador. El número de entradas / salidas (E/S) puede ampliarse con los módulos de ampliación AK-XM.

- Máx. 4 compresores en LT (CO<sub>2</sub>)
- Máx. 4 compresores en MT (134a)
- Control total del condensador de cascada (válvula ETS)
- Máx. 8 pasos en el condensador MT
- Control de velocidad variable en el compresor principal para LT et MT y ventiladores del condensador.
- Funciones de administración de aceite integradas.
- Función de petición-liberación para coordinar los compresores de alta y baja presión.
- Función de recuperación térmica sencilla



### AK-CC 450

Control completo de equipos de refrigeración con gran flexibilidad para adaptarse a cualquier tipo de equipo de refrigeración y salas de almacenamiento en frío.

- Para refrigeración por salmuera o CO<sub>2</sub> bombeado.
- Para el uso con una válvula de expansión termostática.
- Optimización energética de todo el equipo de refrigeración.
- Un controlador para diversos equipos de refrigeración distintos.
- Desescarche por gas caliente, natural o eléctrico.

### AK-CC 550A

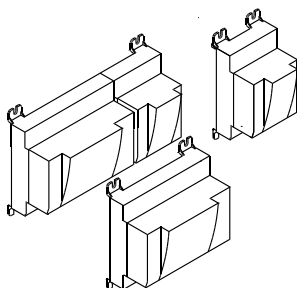
Como el AK-CC 450 más:

- Para refrigeración con válvula de expansión electrónica.
- Control adaptativo de sobrecalentamiento.
- Descongelación adaptativa en función del rendimiento del evaporador.
- Diseñado especialmente para aplicaciones de CO<sub>2</sub>

### AK-CC 550B

Como el AK-CC 550A más:

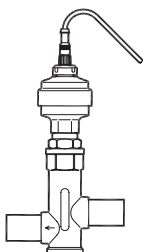
- Control de 2 secciones en 1 carcasa



### AK-CC 750

Controlador de equipos de refrigeración flexible para controlar hasta 4 evaporadores.

- Ahora también disponible para ETS



### ETS

ETS es una serie de válvulas de expansión (motor paso a paso) operadas eléctricamente.

- Válvulas de expansión operadas eléctricamente para inyección precisa de líquido en los evaporadores.
- Función completamente equilibrada de doble flujo y función de cierre estanco en ambas direcciones del flujo.

