



Controles Automáticos para Sistemas de Refrigeración Industriales

Índice	Página
Prólogo	3
1. Introducción	4
2. Controles del compresor	6
2.1 Control de capacidad del compresor	6
2.2 Control de temperaturas de descarga con inyección de líquido	10
2.3 Control de presión del cárter	13
2.4 Control de flujo Invertido	15
2.5 Resumen	16
2.6 Literatura de referencia	17
3. Controles del condensador	18
3.1 Condensadores enfriados por aire	18
3.2 Condensadores evaporativos	23
3.3 Condensadores enfriados por agua	26
3.4 Resumen	28
3.5 Literatura de referencia	28
4. Control nivel del líquido	29
4.1 Sistema de control de nivel de líquido de alta presión (LLRS HP)	29
4.2 Sistema de control de nivel de líquido de baja presión (LLRS LP)	33
4.3 Resumen	37
4.4 Literatura de referencia	37
5. Controles de evaporador	38
5.1 Control de expansión directa	39
5.2 Control de circulación por bombas	42
5.3 Descongelamiento por gas caliente para enfriadores a aire	43
5.4 Descongelamiento por gas caliente para circulación de líquido bombeado en difusores enfriados por aire	47
5.5 Convertidor de multi-temperatura	49
5.6 Control de temperatura precisa	50
5.7 Resumen	52
5.8 Literatura de referencia	53
6. Enfriamiento de aceite	54
6.1 Enfriamiento de aceite	54
6.2 Control de presión diferencial de aceite	58
6.3 Sistema de recuperación de aceite	61
6.4 Resumen	63
6.5 Literatura de referencia	64
7. Sistemas de seguridad	65
7.1 Dispositivos de liberación de presión	65
7.2 presión y dispositivos limitantes de temperatura	68
7.3 Dispositivos de nivel líquido	69
7.4 Resumen	70
7.5 Literatura de referencia	70
8. Controles de bomba de refrigerante	71
8.1 Protección de la bomba con control de presión diferencial	71
8.2 Control de flujo con bypass de la bomba	73
8.3 Control de presión de la bomba	74
8.4 Resumen	75
8.5 Literatura de referencia	75
9. Otros	76
9.1 Filtros deshidratadores en sistemas fluorados	76
9.2 Filtros deshidratadores en sistemas CO ₂	78
9.3 Eliminación de agua en sistemas de amoníaco	81
9.4 Sistemas de purga de aire	85
9.5 Sistema de recuperación de calor	87
9.6 Literatura de referencia	89
10. Apéndice	90
10.1 Sistemas de refrigeración típicos	90
10.2 ON/OFF y controles de modulación	95
Literatura de referencia - descripción alfabética	104

Prólogo

Este manual de aplicación de Danfoss está diseñado para ser utilizado como documento de referencia por todos aquellos que participan en las operaciones de los sistemas de refrigeración industriales.

Este manual tiene como finalidad proporcionar respuestas para las diversas preguntas referentes al control de sistema de refrigeración industrial: - ¿Por qué un tipo de método de control es necesario para el sistema de refrigeración? ¿Por qué debe ser diseñado de esta manera? ¿Qué tipos de componentes pueden ser utilizados? ¿Cómo seleccionar los métodos de control para sistemas de refrigeración diferentes? Respondiendo a estas preguntas, son introducidos los principios de los diversos métodos de control, seguido de los mismos ejemplos del control incluyendo productos industriales de refrigeración de Danfoss. También son suministrados los principales datos técnicos de los componentes. Finalmente, las comparaciones entre las soluciones diferentes para cada método de control son hechas de tal manera que el lector debe saber cómo seleccionar una solución.

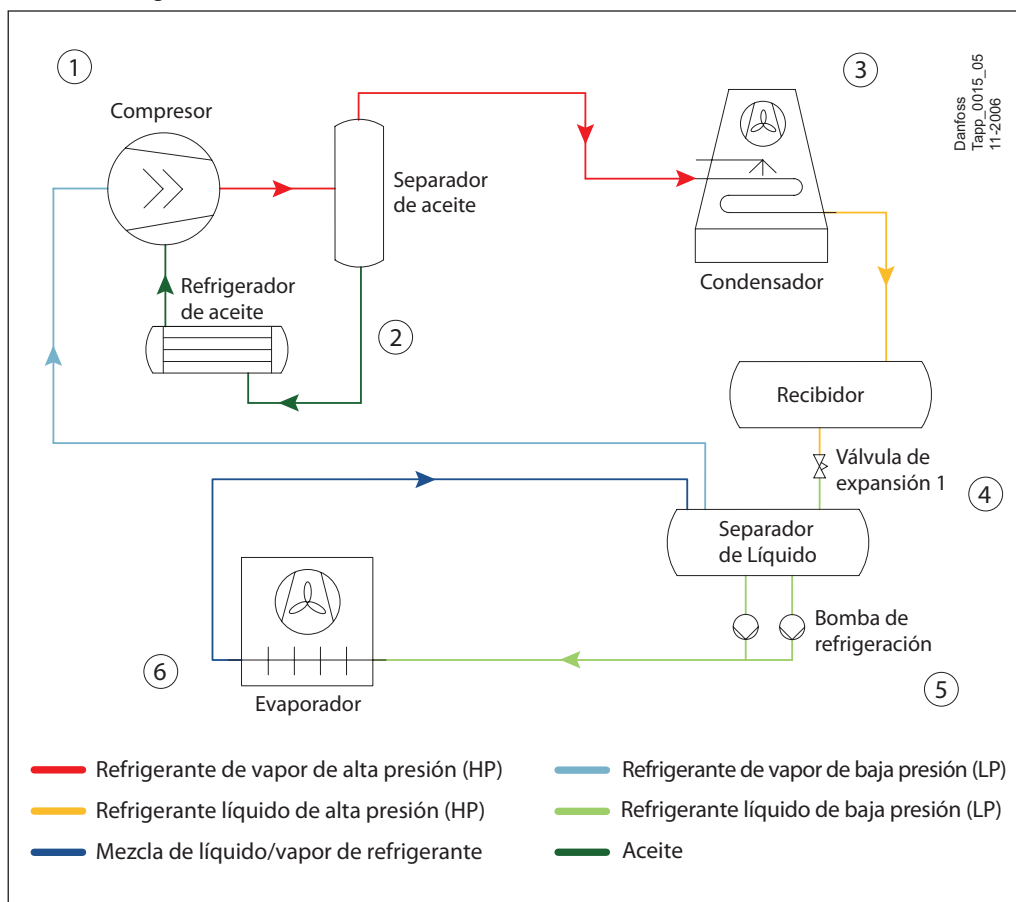
En este manual de aplicación, la válvula servoaccionada ICS es recomendada como un regulador de temperatura y presión. Por favor, observe que la válvula PM determinada también puede aplicarse donde es utilizado ICS. Para el diseño final de la instalación es necesario usar otras herramientas; tales como, los catálogos y software de cálculo (Por ej.: Catálogo de Refrigeración Industrial Danfoss y Programa DIRCalc).

DIRCalc es el software de cálculo y selección de válvulas de refrigeración Industrial Danfoss. DIRCalc es gratis; para recibirlo, favor contactar a la empresa de ventas Danfoss en su país.

Por favor no deje de entrar en contacto con Danfoss, si tiene preguntas sobre los métodos de control, aplicaciones y controles descritos en este manual de aplicación.application guide.

1. Introducción

Sistema de refrigeración con bomba de circulación



① Control del compresor

¿Por qué?

- Primario: Para controlar la presión de succión;
- Secundario: Operación de compresor segura (Arranque/parada, etc.)

¿Cómo?

- Controla la capacidad del compresor de acuerdo con la carga de refrigeración por medio de desviación del gas caliente de la parte posterior del HP en el interior del lado LP, control de compresor ON/OFF o controlando su velocidad de rotación;
- Instala la válvula de retención en la línea de descarga con la finalidad de prevenir el flujo invertido del refrigerante para el compresor;
- Mantiene las presiones y temperatura en la entrada y salida del compresor dentro de los límites de funcionamiento.

② Control de aceite

¿Por qué?

- Mantiene la temperatura y la presión ideal con el fin de garantizar el funcionamiento seguro del compresor.

¿Cómo?

- Presión: Mantiene y controla el diferencial de presión, a través del compresor; para la circulación de aceite, asimismo, mantiene la presión del cárter (solamente para compresores de pistón);
- Temperatura: Evita cualquier aceite alrededor del enfriador de aceite; controla el aire de enfriamiento o agua para el enfriador de aceite;
- Nivel: Retorna el aceite en sistemas de amoníaco y sistemas fluorados de baja temperatura.

1. Introducción
(continuación)

③ Control del condensador

¿Por qué?

- Mantiene la presión de condensación sobre el valor mínimo aceptable, con la finalidad de garantizar el suficiente flujo, a través de los dispositivos de expansión;
- Asegura la correcta distribución del refrigerante en el sistema.

¿Cómo?

- Opera en On/Off o controla la velocidad de los ventiladores del condensador, controla el flujo del agua de enfriamiento, completa los condensadores con refrigerante líquido.

④ Control nivel del líquido

¿Por qué?

- Proporciona el flujo correcto del refrigerante desde el lado de alta presión hasta el lado de baja presión, de acuerdo con la demanda actual;
- Garantiza un funcionamiento seguro y estable de los dispositivos de expansión.

¿Cómo?

- Controla el grado de apertura del dispositivo de expansión de acuerdo con el cambio del nivel del líquido.

⑤ Control bomba de refrigeración

¿Por qué?

- Mantiene funcionando la bomba en modo libre de problemas, conservando el flujo a través de la bomba, dentro del alcance operacional permisible;
- Mantiene una presión diferencial constante a través de la bomba en algunos sistemas.

¿Cómo?

- Crea un circuito de derivación, de forma que el flujo pueda ser mantenido sobre el flujo mínimo permitido;
- Desconecta la bomba cuando deja de acumular suficiente presión diferencial;
- Es instalada una válvula de regulación de presión.

⑥ Control de sistema de evaporación

¿Por qué?

- Primario: Mantiene una temperatura media constante;
- Secundario: Optimiza la operación de los evaporadores;
- Para sistemas de expansión directa: Garantiza que ningún refrigerante líquido de los evaporadores ingrese a la línea de succión del compresor.

¿Cómo?

- Cambia el flujo de salida del refrigerante en los evaporadores, de acuerdo con la demanda;
- Descongela los evaporadores.

⑦ Sistemas de seguridad

¿Por qué?

- Evita presión excesiva en los recipientes.;
- Protege el compresor contra daños producidos por golpes de líquido, sobrecarga, escasez de aceite y alta temperatura, etc;
- Protege la bomba contra daños producidos por cavitación.

¿Cómo?

- La válvula de seguridad se encuentra instalada en los recipientes y otros lugares necesarios;
- Desconecta el compresor y bomba, si la entrada/salida de presión o diferencial está fuera del rango permitido;
- Desconecta parte del sistema cuando el nivel del separador de líquido o el depósito excede el nivel permitido.

2. Controles del compresor

El compresor es la "cabeza" del sistema de refrigeración. Tiene dos funciones básicas:

1. Mantener la presión en el evaporador de modo que el refrigerante líquido pueda evaporarse en la temperatura requerida.
2. Comprimir el refrigerante para poder condensarlo en una temperatura normal.

Por lo tanto, la función básica del control del compresor, al ajustar la capacidad del compresor a la demanda actual del sistema de refrigeración, para mantener de esta forma la temperatura de evaporación requerida. Si la

capacidad del compresor es más grande que la demanda, la presión y la temperatura de evaporación, serán más bajas que la requerida y viceversa.

Además, no debe permitirse el funcionamiento del compresor fuera del rango permitido de temperatura y presión, con la finalidad de optimizar sus condiciones de funcionamiento.

2.1 Control de capacidad del compresor

El compresor en un sistema de refrigeración, es normalmente seleccionado para poder satisfacer la carga de enfriamiento más alta posible. Sin embargo, la carga de enfriamiento durante el funcionamiento normal, es generalmente más baja que la carga de diseño. Esto significa que siempre es necesario controlar la capacidad del compresor, de tal manera que coincida con la carga de calor real. Existen varias maneras comunes para controlar la capacidad del compresor:

1. Control por etapas.

Esto se refiere a los cilindros de descarga en un compresor con varios cilindros, para abrir y cerrar los orificios de aspiración de un compresor de tornillo, o para iniciar y parar algunos compresores en un sistema multicompresor. Este sistema es simple y conveniente. Además, la eficacia disminuye muy poco durante la carga parcial. Es especialmente aplicable en sistemas con diversos compresores alternativos de varios cilindros.

2. Control válvula corrediza.

El dispositivo más usado para controlar la capacidad de un compresor de tornillo es la válvula corrediza. La acción de la válvula corrediza operada por aceite permite separar el gas de succión para evitar ser condensado. La válvula corrediza permite una reducción uniforme y continua de capacidad desde 100% hasta 10%, pero la eficiencia disminuye en cargas parciales.

3. Control velocidad variable.

Esta solución es aplicable a todos los tipos de compresores, y es eficiente. Un motor eléctrico de dos velocidades o un convertidor de frecuencia, pueden ser usados para variar la velocidad del compresor. El motor eléctrico de dos velocidades controla la capacidad del compresor funcionando en alta velocidad, cuando la carga de calor es alta (Por ej.: Período de enfriamiento) y en baja velocidad cuando la carga de calor es baja (Por ej.: Período de almacenamiento). El convertidor de frecuencia puede variar la velocidad de rotación continuamente para satisfacer la demanda real. El convertidor de frecuencia observa límites de velocidad max. y min., control de presión y temperatura, protección del motor del compresor además de los límites de corriente y torque. Convertidores de frecuencia aseguran corriente de arranque bajo.

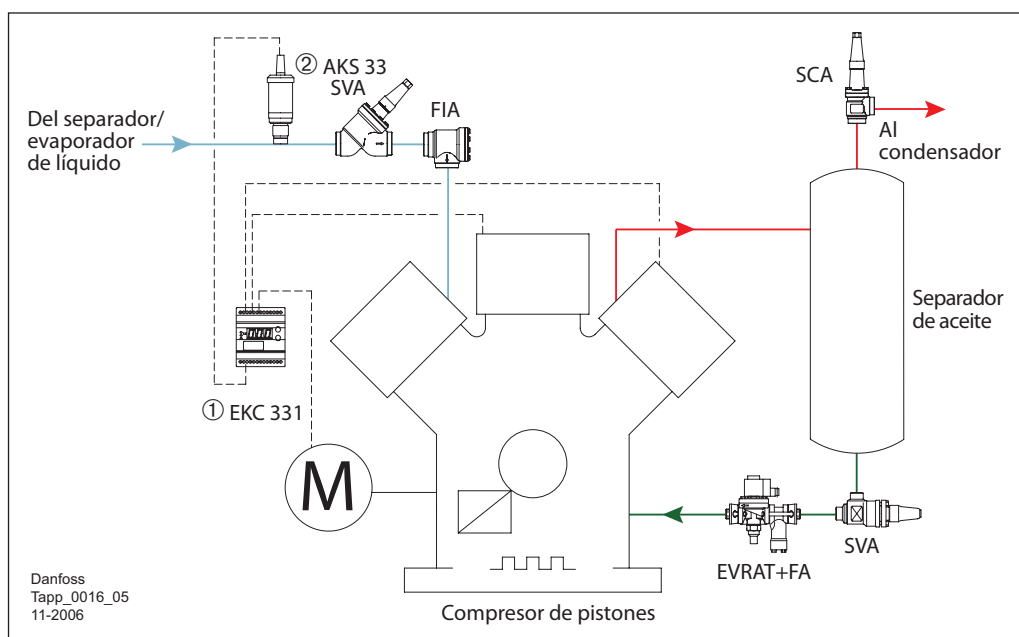
4. Desvío de gas caliente.

Esta solución es aplicable a compresores con capacidades fijas y más típico en la refrigeración comercial. Para controlar la capacidad de refrigeración, parte del flujo del gas caliente en la línea de descarga es derivado dentro del circuito de baja presión. Esto ayuda a disminuir la capacidad de refrigeración de dos maneras: Disminuyendo el suministro del refrigerante líquido y liberando algún calor en el circuito de baja presión.

Ejemplo de aplicación 2.1.1:
Control del paso de la
capacidad del compresor

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Aceite

- ① Controlador de paso
- ② Transmisor de presión



La solución de control del paso para la capacidad del compresor puede ser alcanzada usando un controlador de paso EKC 331 ①. El EKC 331 es un controlador de cuatro pasos con hasta cuatro relés de salida. Éste controla la carga/descarga de los compresores/pistones o el motor eléctrico del compresor, según la señal de presión de succión del transmisor de presión AKS 33 ② o AKS 32R, basado en un control de zona neutra. El EKC 331 puede controlar un sistema de paquete con hasta cuatro pasos de compresor igualmente clasificados o alternativamente dos compresores de capacidad controlada (cada uno tiene válvula de descarga).

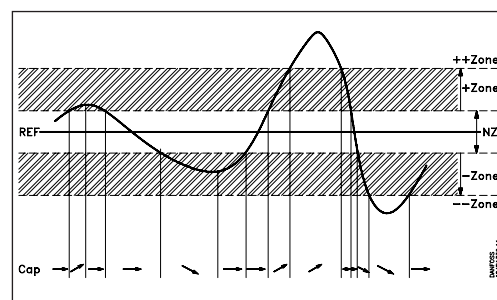
La versión EKC 331T puede aceptar la señal de un sensor de temperatura PT 1000, el cual puede ser necesario para sistemas secundarios.

Control de zona neutra

Una zona neutra es fijada alrededor del valor de referencia, en el cual no ocurre carga/descarga. Ocurrirá carga/descarga fuera de la zona neutra (en las áreas tramadas "+zona" y "- zona") cuando la presión de medida se desvía fuera de la configuración de la zona neutra.

Si el control ocurre fuera del área tramada (llamado de ++zona y --zona), los cambios de capacidad de interrupción ocurrirán en forma más rápida que si estuviera en el área tramada.

Para más detalles, por favor vea el manual del EKC 331 (T) de Danfoss.



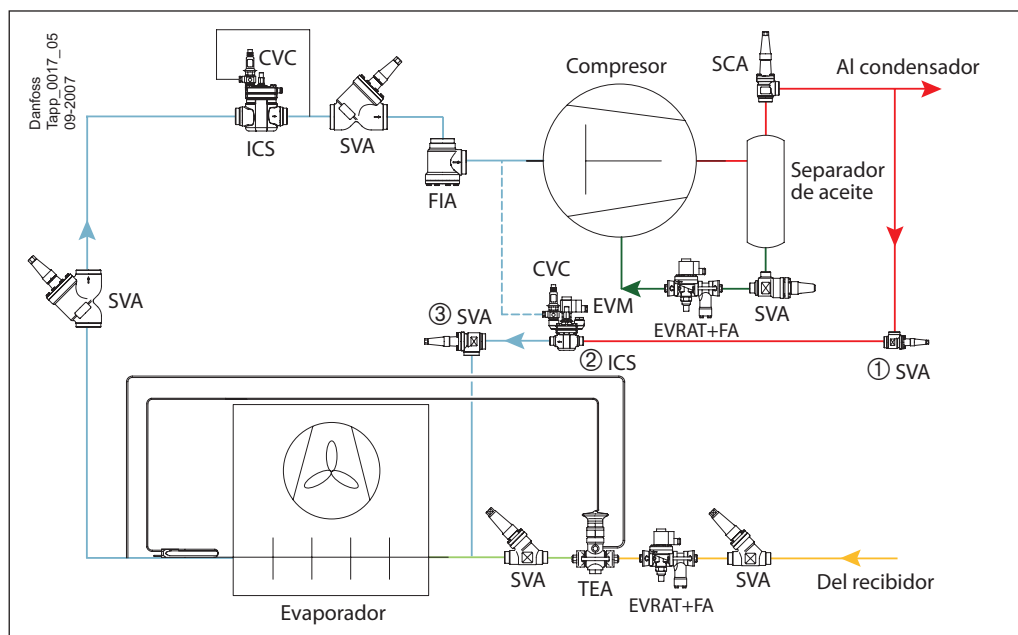
Datos técnicos

	Transmisor de presión - AKS 33	Transmisor de presión - AKS 32R
Refrigerantes	Todos los refrigerantes incluyendo R717	
Alcance operacional [bar]	-1 hasta 34	-1 hasta 34
Máx. presión de trabajo PB [bar]	Hasta 55	>33
Rango temperatura operacional [°C]	-40 a 85	
Rango temperatura compensada [°C]	LP: -30 a +40 / HP: 0 a +80	
Señal de salida nominal	4 a 20 mA	10 a 90% de suministro V

Ejemplo de aplicación 2.1.2:
Control de capacidad del
compresor por desvío de gas
caliente

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)
- Aceite

- ① Válvula de cierre
- ② Regulador de capacidad
- ③ Válvula de cierre



El by pass de gas caliente puede ser usado para controlar la capacidad de refrigeración para compresores con capacidades fijas. La válvula servoaccionada ICS ② con una válvula piloto CVC es usada para el control del flujo del pasaje de gas caliente, de acuerdo a la presión en la línea de succión. La CVC es una válvula piloto de

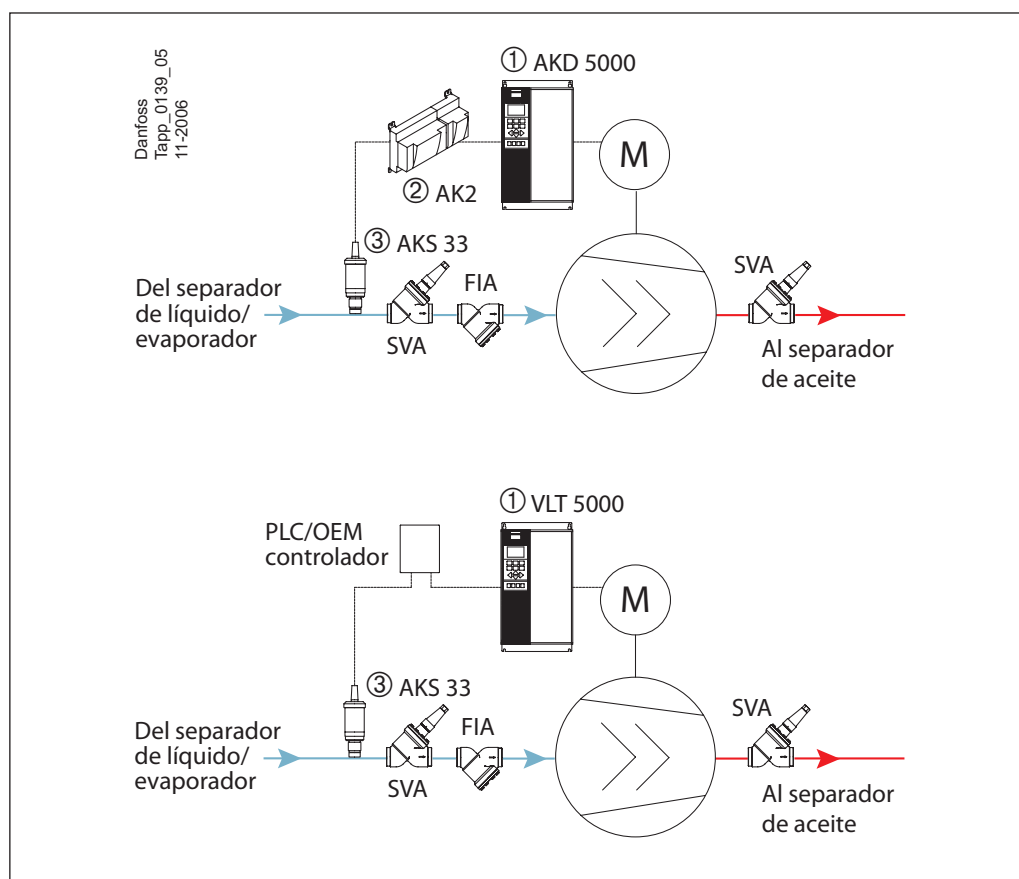
contrapresión controlada, la cual, abre la ICS e incrementa el flujo del gas caliente, cuando la presión de succión es inferior al valor del sistema. De esta manera, la presión de la succión delante del compresor se mantiene constante; por lo tanto, la capacidad de refrigeración satisface la carga de enfriamiento real.

Datos técnicos

	Válvula servoaccionada - piloto - ICS
<i>Materiales</i>	Cuerpo: Acero de baja temperatura
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerante comunes, incluso R717 y R744
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-60 a +120
<i>Max. presión de trabajo [bar]</i>	52
<i>DN [mm]</i>	20 a 80

	Válvula piloto - CVC
<i>Materiales</i>	Cuerpo: Acero inoxidable
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerantes comunes
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-50 a 120
<i>Max. presión de trabajo [bar]</i>	Lado de alta presión: 28 Lado de baja presión: 17
<i>Rango presión [bar]</i>	-0,45 a 7
<i>Valor K_v [m³/h]</i>	0,2

Ejemplo de aplicación 2.1.3:
Control de capacidad variando
la velocidad del compresor



— Refrigerante evaporador de alta presión (HP)
— Refrigerante evaporador de baja presión (LP)

- ① Convertidor de frecuencia
- ② Controlador
- ③ Transductor de presión

El control por convertidor de frecuencia ofrece las siguientes ventajas:

- Ahorro de energía
- Mejor control y calidad del producto
- Reducción de nivel de ruido
- Vida más larga para el compresor
- Instalación más sencilla
- Un sistema de control completo que es fácil de utilizar

Datos técnicos

	Convertidor de frecuencia AKD2800	Convertidor de frecuencia AKD5000
Protección	IP 20	IP 20 o IP 54
Temperatura ambiente		
Capacidad KW	0,37 kW a 18,5 kW	0,75 kW a 55 kW
Voltaje	200-240 V o 380-480 V	200-240 V o 380-500 V

2.2 Control de temperaturas de descarga con inyección de líquido

Los fabricantes del compresor generalmente recomiendan limitar la temperatura de descarga por debajo de un cierto valor, para prevenir el recalentamiento de vapores, prolongando su vida y previniendo la interrupción del aceite en altas temperaturas.

Del diagrama p-h, se puede ver que la temperatura de descarga puede ser alta cuando:

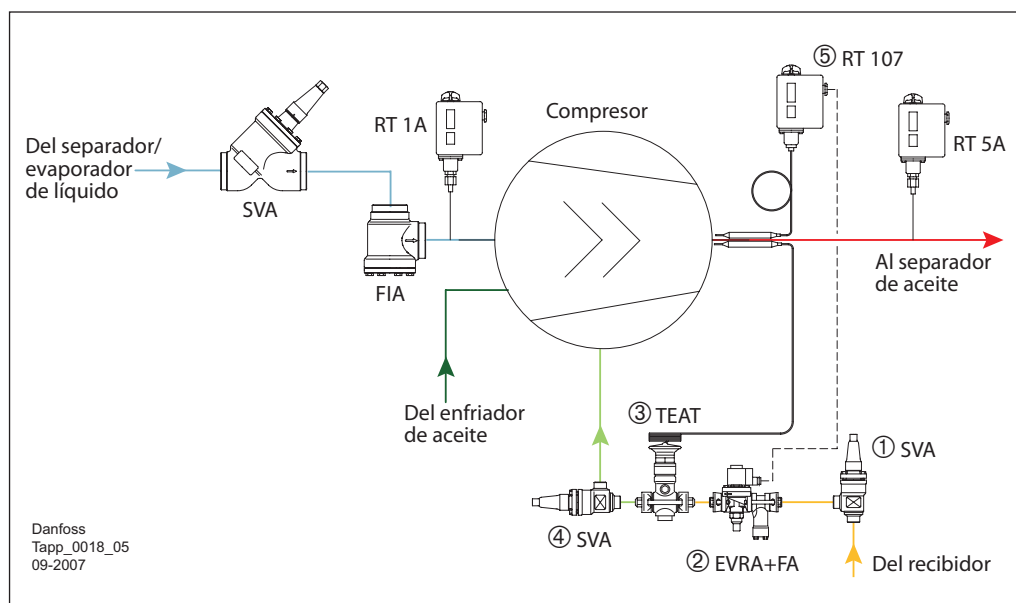
- El compresor funciona con alta diferencial de presión .
- El compresor recibe el vapor de succión sumamente recalentado.
- El compresor funciona con control de capacidad por derivación de gas caliente.

Existen varias maneras de reducir la temperatura de descarga. Una forma es instalar las cabezas refrigeradas por agua en los compresores alternativos; otro método es la inyección de líquido, por la cual, el refrigerante líquido de salida del condensador o depósito, es inyectado en la línea de succión, enfriador intermedio o lado del puerto del compresor de tornillo.

Ejemplo de aplicación 2.2.1: Inyección de líquido con la válvula de inyección termostática

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)
- Aceite

- ① Válvula de cierre
- ② Válvula solenoide
- ③ Válvula de inyección termostática
- ④ Válvula de cierre
- ⑤ Termostato



Cuando la temperatura de descarga supere el valor del sistema del termostato RT 107 ⑤, el RT 107 energizará la válvula solenoide EVRA ②; la cual iniciará la inyección del líquido en el lado del puerto del compresor de tornillo.

La válvula de inyección termostática TEAT ③ controla el flujo de líquido inyectado según la temperatura de descarga; evitando una elevación mayor de la temperatura de descarga.

Datos técnicos

	Termostato - RT
Refrigerantes	R717 y refrigerantes fluorados
Protección	IP 66/54
Temp. máx. del bulbo [°C]	65 a 300
Temperatura ambiente [°C]	-50 a 70
Rango regulación [°C]	-60 a 150
Diferencial Δt [°C]	1,0 a 25,0

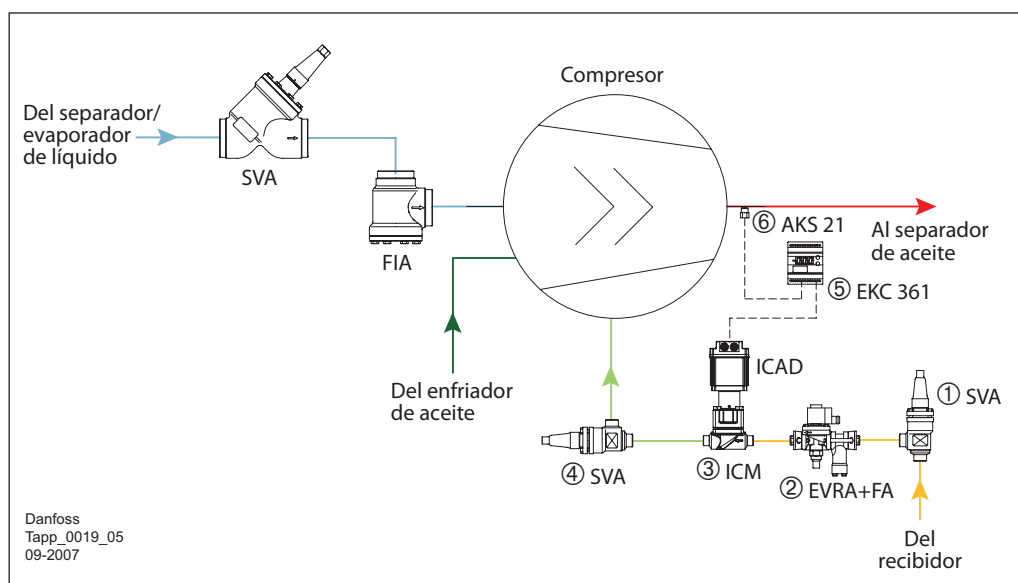
	Válvula de inyección termostática - TEAT
Refrigerantes	R717 y refrigerantes fluorados
Rango regulación [°C]	Temp. máx. del bulbo 150°C P banda: 20°C
Máx. presión de trabajo [bar]	20
Capacidad nominal* [kW]	3,3 a 274

* Condiciones: T_e = +5°C, Δp = 8 bar, ΔT_{sub} = 4°C

Ejemplo de aplicación 2.2.2:
Inyección de líquido con
válvula motorizada

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)
- Aceite

- ① Válvula de cierre
- ② Válvula solenoide
- ③ Válvula de motorizada
- ④ Válvula de cierre
- ⑤ Controlador
- ⑥ Sensor de temperatura



Se puede alcanzar una solución electrónica para el control de inyección con la válvula motorizada ICM ③. Un sensor ⑥ de temperatura AKS 21 PT 1000 registrará la temperatura de descarga y transmitirá la señal al controlador de

temperatura EKC 361 ⑤. El EKC 361 controla el actuador ICAD que ajusta el grado de apertura de la válvula motorizada para limitar y mantener la temperatura de descarga requerida.

Datos técnicos

	Válvula motorizada - ICM
<i>Materiales</i>	Cuerpo: Acero de baja temperatura
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerante comunes, incluso R717 y R744
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-60 a 120
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	52 bar
<i>DN [mm]</i>	20 a 65
<i>Capacidad nominal* [kW]</i>	224 a 14000

* Condiciones: $T_e = -10^{\circ}\text{C}$, $\Delta p = 8,0 \text{ bar}$, $\Delta T_{\text{sub}} = 4\text{K}$

	Actuador - ICAD
<i>Materiales</i>	Carcasa: aluminio
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-30 a 50 (ambiente)
<i>Control señal de entrada</i>	0/4-10mA o 0/2-10
<i>Tiempo de cierre y apertura</i>	3 a 13 segundos dependiendo del tamaño de la válvula

Ejemplo de aplicación 2.2.3:
Una solución compacta para inyección de líquido con ICF

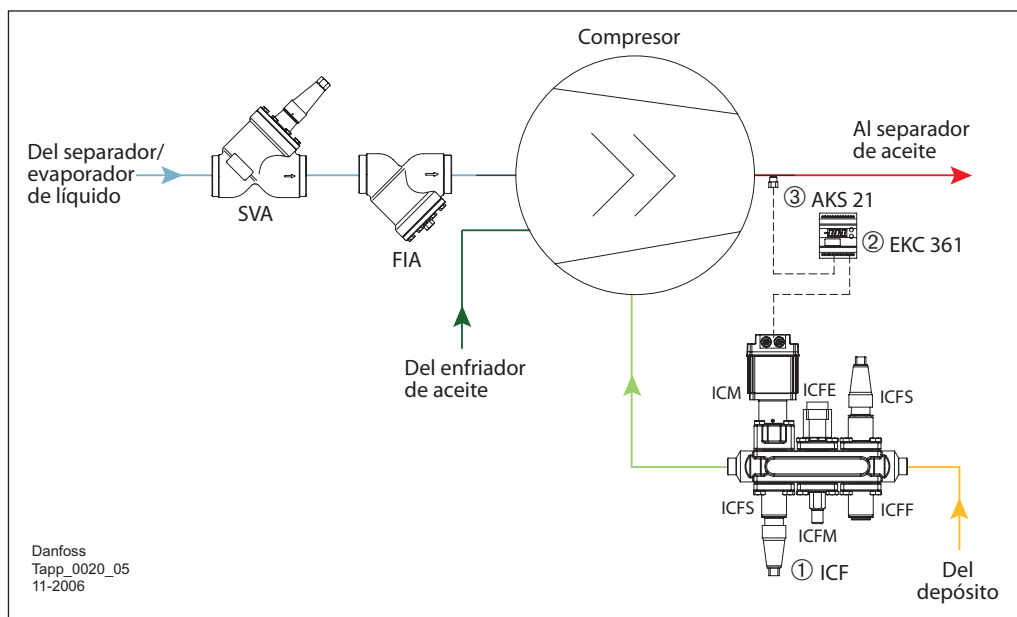
- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)
- Aceite

① Estación de válvula con:



- Válvula de cierre
- Filtro
- Válvula solenoide
- Apertura manual
- Válvula motorizada
- Válvula de cierre

- ② Controlador
- ③ Sensor de temperatura



Para la inyección de líquido, Danfoss puede proveer una solución de control muy compacta ICF ①. Se pueden montar hasta seis diferentes módulos en la misma carcasa. Esta solución trabaja de la misma forma que el ejemplo 2.2.2, siendo muy compacta y de fácil instalación.

Datos técnicos

	Solución de control ICF
Materiales	Cuerpo: Acero de baja temperatura
Refrigerantes	Todos los refrigerante comunes, incluso R717 y R744
Rango temperatura media [°C]	-60 a 120
Máx. presión de trabajo [bar]	52 bar
DN [mm]	20 a 40

2.3 Control de presión del cárter

Durante el arranque o después del descongelamiento, la presión de succión tiene que ser controlada, de otra manera puede ser demasiado alta, y el motor del compresor será sobrecargado.

El motor eléctrico del compresor puede dañarse por esta sobrecarga.

Existen dos formas de superar este problema:

1. Arranque el compresor en carga parcial. Los métodos de control de capacidad pueden usarse para iniciar el compresor en carga parcial; por ej.: descarga parcial de los pistones

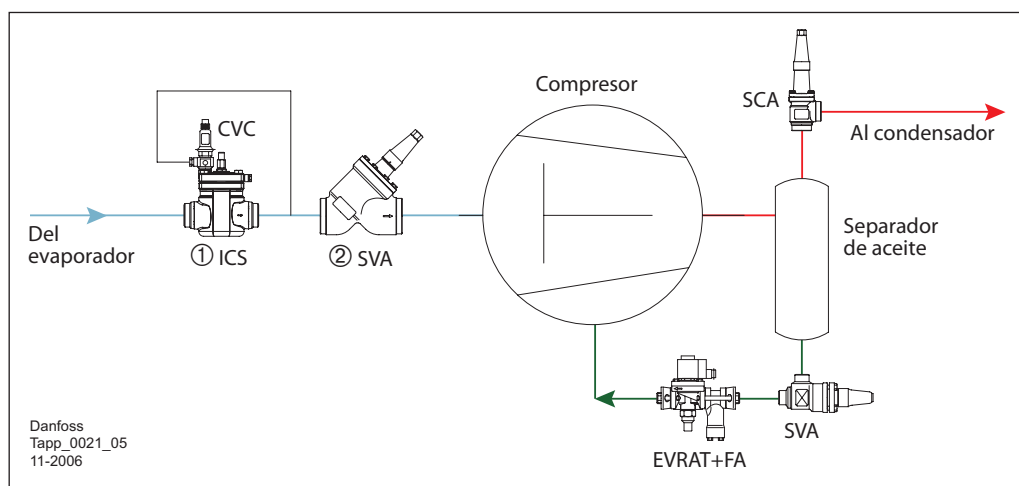
para los compresores alternativos multipistón, o derivar algún gas de succión para los compresores de tornillo con válvulas corredizas, etc.

2. Controle la presión del cárter para compresores alternativos. Instalando una válvula de regulación de contrapresión controlada en la línea de succión, que no abrirá hasta que la presión en la línea de succión sea inferior al valor del sistema; esta presión de succión puede mantenerse bajo un cierto nivel.

Ejemplo de aplicación 2.3.1: Control de presión del cárter con ICS y CVC

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Aceite

- ① Regulador de presión del cárter
- ② Válvula de cierre



Para controlar la presión del cárter durante el arranque, después de descongelar, o en otros casos, cuando la presión de succión esté muy alta; la válvula servoaccionada ICS ① con la válvula piloto de contrapresión controlada CVC es instalada en la línea de succión. La ICS no se

abrirá hasta que la presión de succión sea inferior al valor del sistema de la válvula pilot CVC. De esta manera, el vapor de alta presión en la línea de succión se puede liberar gradualmente en el cárter, el cual, asegura una capacidad manejable para el compresor.

Datos técnicos

	Válvula servoaccionada - piloto - ICS
<i>Materiales</i>	Cuerpo: Acero de baja temperatura
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerante comunes, incluso R717 y R744
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-60 a +120
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	52
<i>DN [mm]</i>	20 a 80
<i>Capacidad* [kW]</i>	11,4 a 470

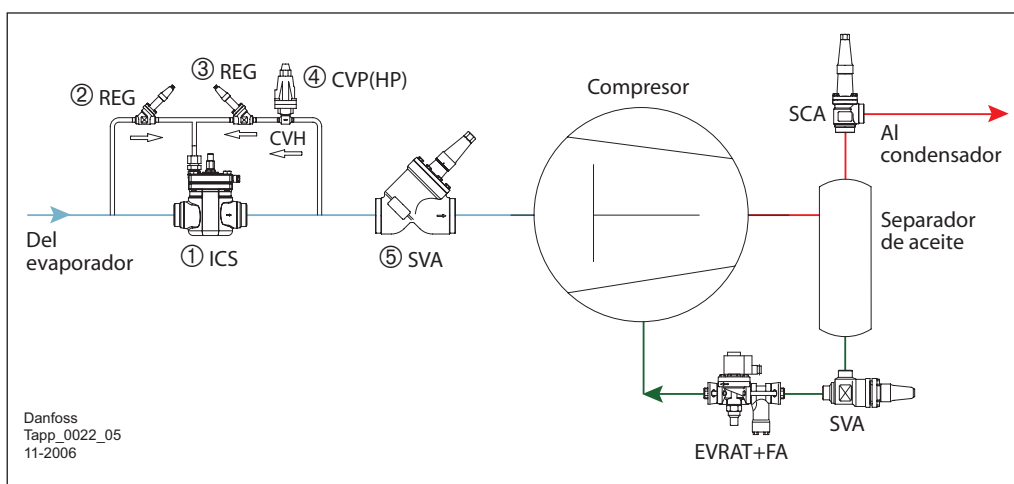
* Condiciones: $T_e = -10^{\circ}\text{C}$, $T_i = 30^{\circ}\text{C}$, $\Delta p = 0,2 \text{ bar}$, $\Delta T_{\text{sub}} = 8\text{K}$

	Válvula piloto - CVC
<i>Materiales</i>	Cuerpo: Acero de baja temperatura
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerantes comunes
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-50 a 120
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	Lado de alta presión: 28 Lado de baja presión: 17
<i>Rango presión [bar]</i>	4 a 28 para CVC-HP
<i>Valor K_v [m³/h]</i>	0,2

Ejemplo de aplicación 2.3.1:
Control de presión del cárter con ICS y CVC

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Aceite

- ① Válvula servoaccionada - piloto
- ② Válvula de regulación manual
- ③ Válvula de regulación manual
- ④ Válvula piloto de presión constante
- ⑤ Válvula de cierre



Para los sistemas de refrigeración con una presión de succión superior a 25 bar (por ej. Sistema del CO₂), la válvula piloto CVC no puede ser utilizada. Se puede alcanzar el control de presión del cárter usando la válvula piloto CVP de presión constante.

La máxima presión de succión permitida se ajusta en la válvula piloto CVP. Cuando el compresor arranque tras un ciclo de apagado, la presión de succión será alta. Mientras la presión de succión permanezca por encima del valor del sistema, la válvula CVP estará abierta. La válvula principal ICS se mantiene cerrada, puesto que el vapor a alta presión del pistón servo es liberado en la línea de

succión del compresor mediante la válvula CVP. Después de funcionar durante un Corto periodo de tiempo, el compresor reduce la presión en la línea de succión por debajo del valor de la válvula piloto CVP. Cuando esto suceda, la válvula piloto CVP se cerrará y la válvula principal ICS se abrirá. Durante el funcionamiento normal, la válvula ICS estará completamente abierta.

Las válvulas de regulación manual REG ② y ③ mostradas, están ajustadas para una apertura y cierre de la válvula principal ICS.

Nota: El CVH para el piloto CVP debe instalarse en dirección contraria del flujo principal, como se muestra en el diagrama.

Datos técnicos

	Válvula piloto de presión constante - CVP
<i>Materiales</i>	CVP (LP) Cuerpo: Acero Base: Acero CVP (HP) Cuerpo: Hierro fundido Base: Acero inoxidable CVP (XP) Cuerpo: Acero Base: Acero
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerantes comunes
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-50 a 120
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	CVP (LP): 17 CVP (HP): 28 CVP (XP): 52
<i>Rango presión [bar]</i>	CVP (LP): -0,66 a 28 CVP (HP): -0,66 a 28 CVP (XP): 25 a 52
<i>Valor K, [m³/h]</i>	CVP (LP): 0,4 CVP (HP): 0,4 CVP (XP): 0,45

2.4 Control de flujo Invertido

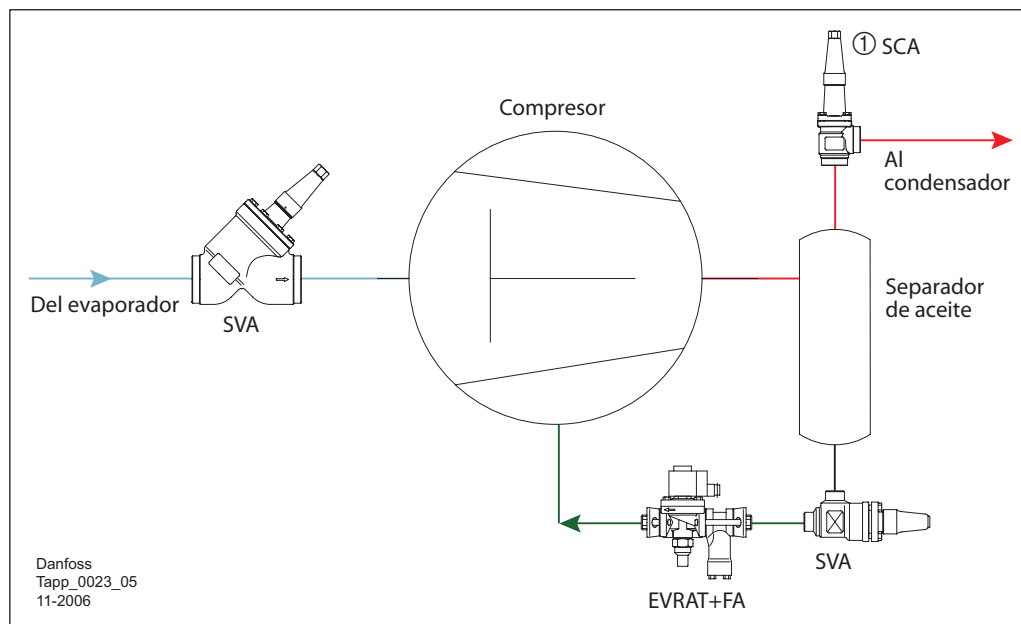
El flujo inverso y la condensación del refrigerante desde el condensador al separador de aceite y el compresor deberían ser evitados en cualquier momento. Para los compresores de pistón, el flujo inverso puede resultar en golpe de ariete. Para compresores de tornillo, el flujo inverso puede causar rotación invertida y daño para los

cojinetes del compresor. Además, la migración de refrigeración en el separador de aceite y más en el interior del compresor el congelamiento debería ser evitada. Para evitar este flujo inverso, es necesario instalar la válvula de retención en la salida del separador de aceite.

Ejemplo de aplicación 2.4.1:
Control de flujo invertido

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Aceite

① Válvula de retención y cierre



La válvula de cierre de retención SCA ① puede funcionar como una válvula de retención cuando el sistema está en operación y también puede desconectar la línea de descarga para servicio como una válvula de cierre. Esta solución combinada de válvula de cierre/retención, es fácil de instalar y tiene una resistencia de flujo bajo, comparada a una válvula de cierre normal más la instalación de la válvula de retención.

1. Seleccione una válvula de acuerdo a la capacidad y no al tamaño del tubo.
2. Considere ambas condiciones de trabajo de carga parcial y nominal. La velocidad en la condición nominal debería estar cerca del valor recomendado, al mismo tiempo la velocidad en condiciones de carga parcial, debería ser más alta que la velocidad mínima recomendada.

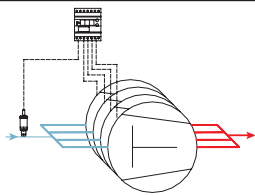
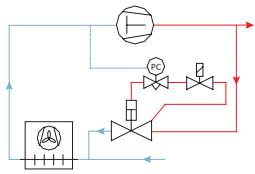
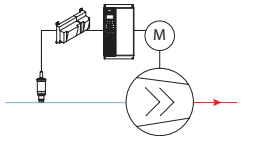
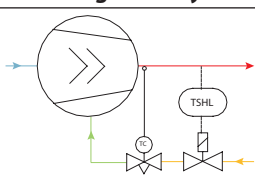
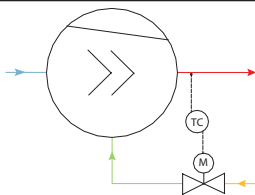
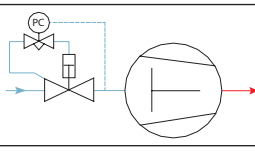
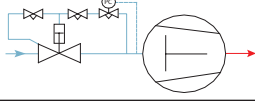
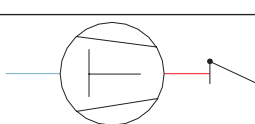
Al seleccionar una válvula de cierre de retención, es importante observar:

Para más detalles sobre como seleccionar válvulas, por favor vea el catálogo del producto.

Datos técnicos

	Válvula de cierre de retención – SCA
<i>Materiales</i>	Carcasa: acero especial resistente al frío, aprobado para operación en baja temperatura Husillo: acero inoxidable pulido
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerantes comunes no inflamables incluso el R717
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-60 a 150
<i>Abriendo presión diferencial [bar]</i>	0,04
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	40
<i>DN [mm]</i>	15 a 125

2.5
Resumen

Solución		Aplicación	Beneficios	Limitaciones
Control de capacidad el compresor				
Control del paso de la capacidad del compresor con EKC 331 y AKS 32/33		Aplicable al compresor de varios cilindros, compresor de tornillo con múltiples orificios de aspiración, y sistemas con varios compresores funcionando en paralelo.	Simple. Casi tan eficiente en la carga parcial, como en la carga completa.	El control no es continuo, especialmente cuando solamente existen pocas paciones en la presión de succión. Fluctuaciones en la presión de succión.
Control de capacidad del compresor con derivación de gas caliente usando ICS y CVC		Aplicable para compresores con capacidades fijas.	Efectivo para el control de capacidad continua de acuerdo a la carga de calor real. El gas caliente puede ayudar al aceite a retornar del evaporador.	No es eficiente en la carga parcial. Consume energía.
Control de capacidad variando la velocidad del compresor		Aplicable a todos los compresores que pueden trabajar a velocidades reducidas	Corriente de arranque reducido. Ahorro de energía. Menor nivel de ruido. Vida más larga. Instalación sencilla.	AKD2800 no puede ser usado en aplicaciones de compresores de pistón. El compresor debe ser apropiado para trabajar a velocidades reducidas.
Control de temperaturas de descarga con Inyección de líquido				
Solución mecánica para inyección de líquido con TEAT, EVRA(T) y RT		Aplicable para sistemas donde las temperaturas de descarga pueden estar altas.	Simple y efectiva.	Inyección del refrigerante puede dañar el compresor. No es tan eficiente como enfriador intermedio.
Solución electrónica para control de inyección de líquido con EKC 361 e ICM		Aplicable para sistemas donde las temperaturas de descarga pueden estar altas.	Flexible y compacto. Posible para monitorar y controlar a distancia.	No se aplica para refrigerantes inflamables. Inyección del refrigerante puede dañar el compresor. No es tan eficiente como enfriador intermedio.
Solución electrónica para control de inyección de líquido con EKC361 e ICF				
Control de presión del cárter				
Control de presión del Cárter con ICS y CVC		Aplicable para compresores alternativos, normalmente usado para pequeños y medianos sistemas.	Simple y segura. Eficaz en la protección de compresores alternativos para arranque o después de descongelar el gas caliente.	Proporciona baja presión constante en la línea de succión.
Control de presión del cárter con ICS y CVP				
Control de flujo Invertido				
Control de flujo invertido con SCA		Aplicable para todas las plantas de refrigeración	Simple. Fácil de instalar. Resistencia de flujo bajo.	Proporciona baja presión constante en la línea de descarga.

2.6
Literatura de referencia

Para una descripción alfabética de toda la literatura de referencia, por favor vea la página 104

Folleto técnico / Manual

Tipo	N° Literatura
AKD	RB.8D.B
AKS 21	ED.SA0.A
AKS 32R	RD.5G.J
AKS 33	RD.5G.H
CVC	PD.HN0.A
CVP	PD.HN0.A
EKC 331	RS.8A.G
EKC 361	RS.8A.E
EVRA(T)	RD.3C.B

Tipo	N° Literatura
ICF	PD.FT0.A
ICM	PD.HT0.A
ICS	PD.HS0.A
REG	PD.KM0.A
SCA	RD.7E.C
SVA	PD.KD0.A
TEAT	RD.1F.A

Instrucción del producto

Tipo	N° Literatura
AKD 2800	EI.R1.H
AKD 5000	EI.R1.R
AKS 21	RI.14.D
AKS 32R	PI.SB0.A
AKS 33	PI.SB0.A
CVC	RI.4X.L
CVP	RI.4X.D
EKC 331	RI.8B.E
EKC 361	RI.8B.F
EVRA(T)	RI.3D.A

Tipo	N° Literatura
ICF	PI.FT0.A
ICM	PI.HT0.A
ICS	PI.HS0.A
REG	PI.KM0.A
SCA	PI.FL0.A
SVA	PI.KD0.B
TEAT	PI.AU0.A

Para descargar la más reciente versión de la literatura, por favor visite el sitio en Internet de Danfoss <http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

3. Controles del condensador

En lugares donde hay grandes variaciones de temperatura de aire ambiente y/o condiciones de carga, es necesario controlar la presión de condensación para evitar su excesiva disminución. Una presión de condensación demasiado baja da como resultado una insuficiente diferencial de presión a través del dispositivo de expansión y el evaporador es abastecido con insuficiente refrigerante. Esto significa que el control de capacidad del condensador es utilizado principalmente en las zonas de clima templado y a un grado inferior en zonas tropicales y subtropicales.

La idea básica del control, es controlar la capacidad del condensador cuando la temperatura de ambiente es baja, de modo que

la presión condensada se mantenga encima del nivel mínimo aceptable. Este control de capacidad es alcanzado, regulando el flujo del aire circulante o del agua a través del condensador; o reduciendo el área superficial eficaz del intercambio de calor.

Pueden presentarse soluciones diferentes para tipos diferentes de condensadores:

- 3.1 Condensadores enfriados por aire
- 3.2 Condensadores evaporativos
- 3.3 Condensadores enfriados por agua

3.1 Condensadores enfriados por aire

Un condensador enfriado por aire está formado por tubos montados dentro de un bloque de aletas. El condensador puede ser vertical, horizontal o en forma de V. El aire ambiente se hace pasar por el intercambiador térmico mediante ventiladores axiales o centrífugos.

Los condensadores enfriados por aire se utilizan en sistemas de refrigeración industriales en los que la humedad relativa del aire es alta. El control de presión de condensación para los condensadores enfriados por aire se puede conseguir de las siguientes maneras:

3.1.1 - Control del paso de los condensadores enfriados por aire

El primer método utilizaba el número requerido de controles de presión en la forma de Danfoss RT-5 y los ajustaba a diversas presiones de conexión y desconexión del sistema.

El segundo método de control de ventiladores fue usando un controlador de presión de la zona neutra bajo la forma del tipo RT-L de Danfoss. Inicialmente fue utilizado junto con un controlador de paso con el número requerido

de contactos para el número de ventiladores. Sin embargo, este sistema reaccionó demasiado rápido y los temporizadores fueron usados para retrasar la conexión y desconexión de los ventiladores.

El tercer método es el controlador de paso actual de Danfoss EKC-331.

3.1.2 - Control de superficie de Velocidad del ventilador de condensadores refrigerados

Este método de control de ventilador de condensador fue usado durante muchos años, pero principalmente siempre que fue deseada una reducción en el nivel de ruido debido a intereses ambientales.

Este tipo de instalación ahora es mucho más común y puede usarse el convertidor de frecuencia de Danfoss AKD.

3.1.3 - Control de área de los condensadores refrigerados

Para el control de área o capacidad de condensadores refrigerados se requiere de un tanque recibidor. Este tanque recibidor debe tener el volumen suficiente para ser capaz de almacenar las variaciones de la cantidad del refrigerante en el condensador.

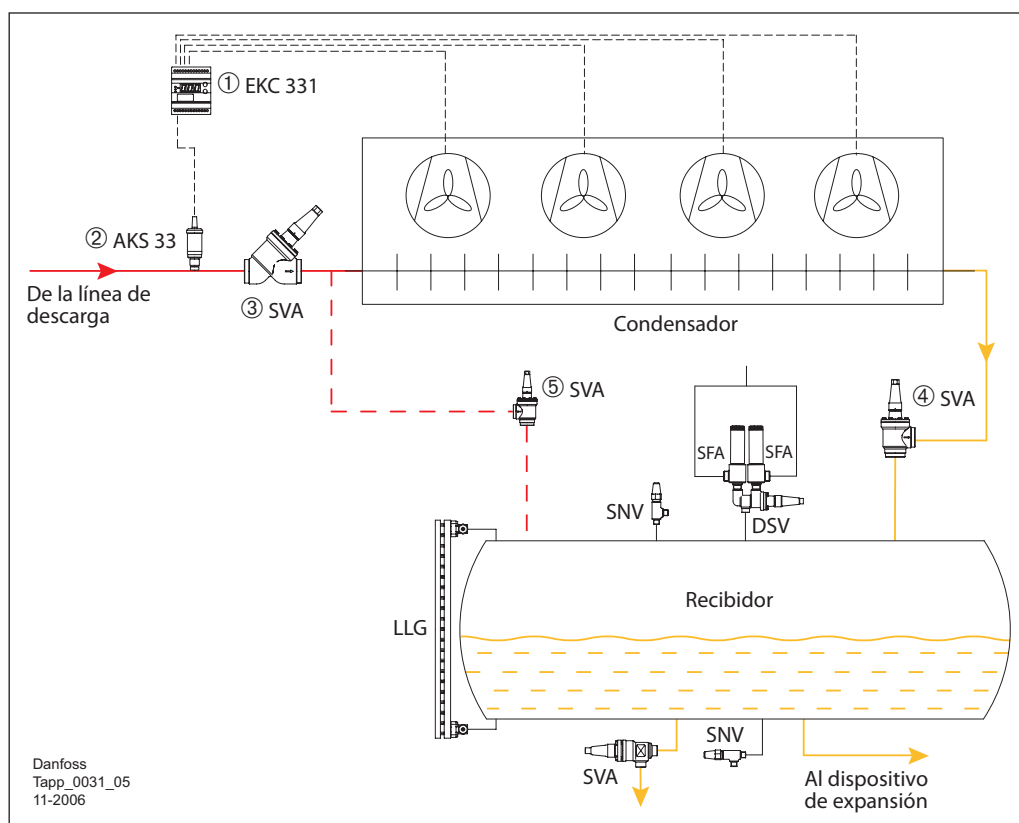
Este control de área de condensador se puede hacer de dos maneras:

1. Válvula principal ICS o PM combinada con el piloto de presión constante CVP(HP) montado en la línea de gas caliente en el lado de entrada al condensador e ICV combinado con un piloto de presión diferencial CVPP(HP) montado en la tubería entre la línea de gas caliente y el tanque recibidor. En el tubo entre el condensador y el tanque recibidor una válvula de retención NRVA es montada para prevenir la migración líquida desde el recibidor al condensador.
2. La válvula principal ICS combinada con el piloto de presión constante CVP(HP) montado en la tubería entre el condensador y el depósito y un ICS combinado con un piloto de presión diferencial CVPP(HP) montado en la tubería entre la línea de gas caliente y el depósito. Este método es principalmente usado en refrigeración comercial.

Ejemplo de aplicación 3.1.1:
Control de paso de ventiladores
con controlador de paso EKC
331

— Refrigerante de vapor
de alta presión (HP)
— Refrigerante líquido
de alta presión (HP)

- ① Controlador de paso
- ② Transmisor de presión
- ③ Válvula de cierre
- ④ Válvula de cierre
- ⑤ Válvula de cierre



El EKC 331 ① es un controlador de cuatro pasos con hasta cuatro relés de salida. Controla la conmutación de los ventiladores de acuerdo a la señal de presión de condensación desde un transmisor de presión AKS 33 ② o AKS 32R. Según el control de zona neutra, el EKC 331 ① puede controlar la capacidad de condensación para que la presión de condensación sea mantenida sobre nivel mínimo requerido.

Para más información sobre el control de zona neutra, por favor vea la sección 2.1.

La tubería de derivación donde SVA ⑤ está instalado es un tubo ecualizador, el cual ayuda a equilibrar la presión en el depósito con la presión de entrada del condensador, para que el refrigerante líquido en el condensador pueda ser desaguado en el depósito.

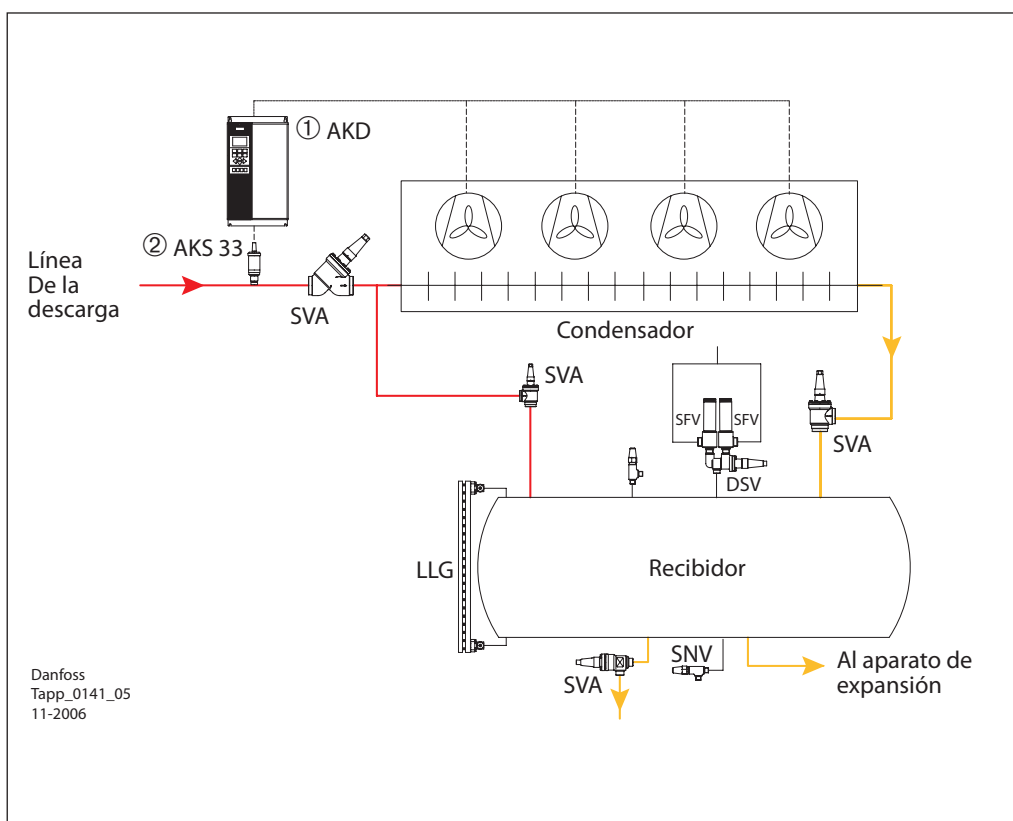
En algunas instalaciones, es usado EKC 331T. En este caso la señal de entrada podría ser de un sensor de temperatura PT 1000, por ejemplo, AKS 21. El sensor de temperatura es instalado generalmente en la salida del condensador.

¡Atención! La solución EKC 331T + sensor de temperatura PT1000 no es tan precisa como la solución EKC 331 + transmisor de presión, debido a que la temperatura de salida del condensador puede no reflejar correctamente la presión de condensación real, debido al subenfriamiento del líquido o a la presencia de gases no condensables en el sistema de refrigeración. Si el subenfriamiento es demasiado bajo, se pueden producir explosiones de gas cuando arranque el ventilador.

Datos técnicos

	Transmisor de presión-AKS 33	Transmisor de presión - AKS 32R
Refrigerantes	Todos los refrigerantes incluyendo R717	
Alcance operacional [bar]	-1 hasta 34	-1 hasta 34
Máx. presión de trabajo [bar]	Hasta 55	>33
Rango temp. operacional [°C]	-40 a 85	
Rango temp. compensada [°C]	LP: -30 a +40 / HP: 0 a +80	
Señal de salida nominal	4 a 20 mA	10 a 90% suministro de V

Ejemplo de Aplicación 3.1.2:
Control de velocidad de ventiladores de condensadores enfriados por aire



— Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
— Refrigerante líquido de alta presión (HP)

① Convertidor de frecuencia
② Transductor de presión

Control por convertidor de frecuencia ofrece las siguientes ventajas:

- Ahorro de energía
- Mejor control y calidad del producto
- Reducción del nivel de ruido
- Mayor durabilidad
- Instalación sencilla
- Un sistema de control completo que es fácil de utilizar

Datos técnicos

	Convertidor de frecuencia AKD2800	Convertidor de frecuencia AKD5000
Protección	IP 20	IP 20 o IP 54
Capacidad kW*	0,37kW a 18,5kW	0,75kW a 55kW
Voltaje	200-240V o 380-480V	200-240V o 380-500V

* Consultar capacidades más grandes

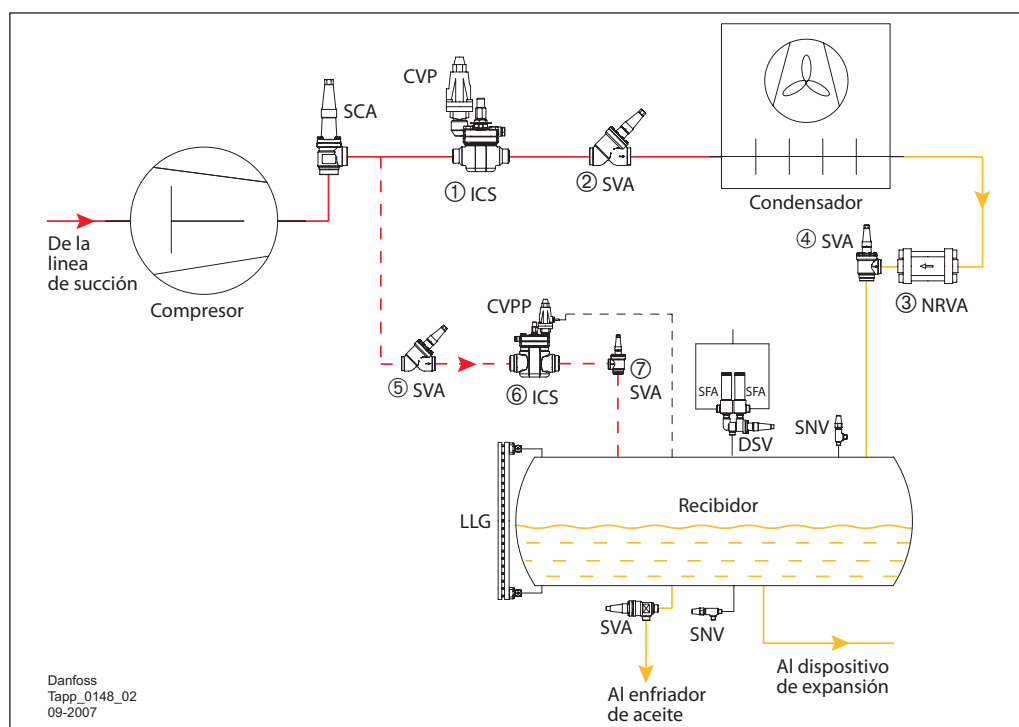
	Válvula piloto de presión constante - CVP (HP/XP)
Materiales	CVP (HP) Cuerpo: Hierro fundido ase: Acero inoxidable CVP (XP) Cuerpo: Acero Base: Acero
Refrigerantes	Todos los refrigerantes comunes
Rango temperatura media [°C]	-50 a 120
Máx. presión de trabajo [bar]	CVP (HP): 28 CVP (XP): 52
Rango presión [bar]	CVP (HP): -0,66 a 28 CVP (XP): 25 a 52
Valor K _v [m ³ /h]	CVP (HP): 0,4 CVP (XP): 0,45

	Válvula de descarga - OFV
Material	Cuerpo: Acero
Refrigerantes	Todos los refrigerantes comunes, incluyendo el R717
Rango temperatura media [°C]	-50 a 150
Máx. presión de trabajo [bar]	40
DN [mm]	20/25
Abriendo rango de presión diferencial [bar]	2 a 8

Ejemplo de aplicación 3.1.3:
Control de área de los
condensadores refrigerados

— Vapor refrigerante alta presión (HP)
— Líquido refrigerante alta presión (HP)

- ① Regulador de presión
- ② Válvula de cierre
- ③ Válvula de retención
- ④ Válvula de cierre
- ⑤ Válvula de cierre
- ⑥ Regulador de presión diferencial
- ⑦ Válvula de cierre



Esta solución de regulación mantiene la presión en el depósito a un nivel suficientemente alto durante periodos de baja temperatura ambiente.

presión suficiente en el depósito. Este regulador de diferencial de presión ⑥ podría ser también una válvula de descarga OFV.

La válvula servo accionada ICS ① se abre cuando la presión de descarga alcanza la presión ajustada en la válvula piloto CVP. La válvula servo accionada ICS se cierra cuando la presión cae por debajo de la presión ajustada en la válvula piloto CVP.

La válvula de retención NRVA ③ asegura una presión aumentada en el condensador con el retorno de líquido al mismo. Esto requiere un depósito lo suficientemente grande. La válvula de retención NRVA evita también que el líquido fluya de vuelta desde el depósito al condensador cuando este último está más frío durante los periodos de apagado del compresor.

La válvula servo accionada ICS ⑥ con el piloto de presión diferencial constante CVPP mantiene

Datos técnicos

	Válvula servo accionada piloto - ICS
Material	Cuerpo: Acero de baja temperatura
Refrigerantes	Todos los refrigerantes comunes, incluidos R717 y R744
Rango de temperatura del medio [°C]	-60 a 120
Presión máx. de trabajo [bar]	52
DN [mm]	20 a 80
Capacidad nominal* [Kw.]	En línea de descarga: 20,9 a 864 En la línea de líquido a alta presión: 178 a 7325

* Condiciones: R717, T_{liq}=30°C, P_{disch.}=12bar, ΔP=0.2bar, T_{disch.}=80°C, T_e=-10°C

	Válvula piloto de presión diferencial - CVPP (HP)
Material	Cuerpo: Acero inoxidable
Refrigerantes	Todos los refrigerantes comunes no inflamables, incluido R717
Rango de temperatura del medio [°C]	-50 a 120
Presión máx. de trabajo [bar]	CVPP(HP): 28
Rango de regulación [bar]	0 a 7, 6 4 a 22, ver pedidos
Valor K, m³/h	0.4

*Datos técnicos
(Continuación)*

	Válvula piloto de presión constante - CVP (HP/XP)
<i>Materiales</i>	CVP (HP) Cuerpo: Hierro fundido ase: Acero inoxidable CVP (XP) Cuerpo: Acero Base: Acero
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerantes comunes
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-50 a 120
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	CVP (HP): 28 CVP (XP): 52
<i>Rango presión [bar]</i>	CVP (HP): -0,66 a 28 CVP (XP): 25 a 52
<i>Valor K, [m³/h]</i>	CVP (HP): 0,4 CVP (XP): 0,45

	Válvula de descarga - OFV
<i>Material</i>	Cuerpo: Acero
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerantes comunes, incluyendo el R717
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-50 a 150
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	40
<i>DN [mm]</i>	20/25
<i>Abriendo rango de presión diferencial [bar]</i>	2 a 8

3.2 Condensadores evaporativos

Un condensador evaporativo es un condensador enfriado por aire del ambiente combinado con agua rociada a través de orificios y deflectores de aire en contracorriente con el aire. El agua se evapora y el efecto de evaporación de las gotas de agua incrementa mas la capacidad del condensador

Los condensadores evaporativos actuales son armados en una cubierta de acero o plástico con ventiladores axiales o centrífugos instalados en un costado o en la parte superior del condensador.

La superficie del intercambiador de calor compuesta por tubos de acero esta en la corriente húmeda.

Encima de los orificios de agua pulverizada (en el aire seco) es común tener un super calentador fabricado de tubos de acero con aletas, para reducir la temperatura de gas caliente, antes de

que éste alcance el transformador de calor en la corriente de aire húmeda. De esta manera la acumulación de grado de calcio sobre la superficie de los principales tubos intercambiadores de calor es bien reducida.

Este tipo reduce considerablemente el consumo de agua en comparación con un condensador refrigerado de agua normal. Puede obtenerse el control de capacidad de un condensador evaporador por medio de dos ventiladores de velocidad o control de velocidad variable del ventilador y en muy bajas condiciones de temperatura ambiente desconectando la bomba de circulación de agua.

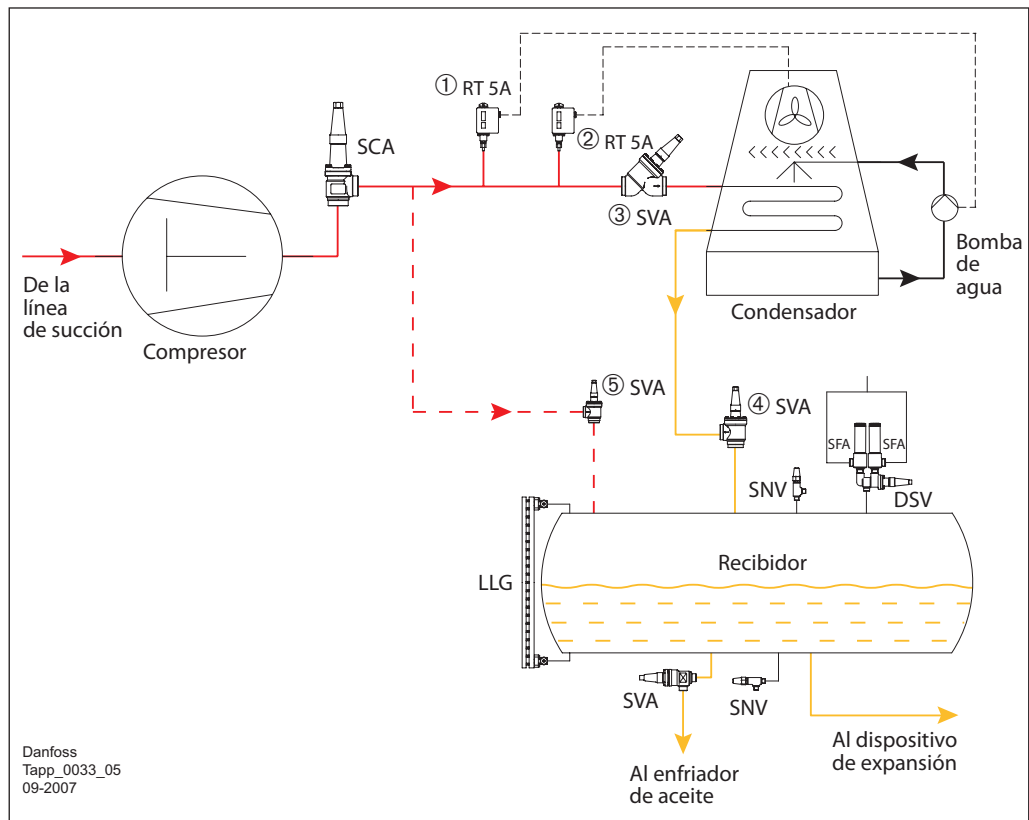
El uso de condensadores de evaporación está limitado en áreas con humedad relativa elevada. En entornos fríos (temperaturas ambiente inferiores a 0 °C) deben evitarse los daños por congelación mediante la eliminación del agua del condensador de evaporación.

3.2.1 - Control de los condensadores evaporativos

El control de la presión de condensación de los condensadores evaporativos o la capacidad del condensador puede ser alcanzado de formas diferentes:

1. Controles de presión RT o KP para control de bomba de agua y ventilador (como fue anteriormente).
2. Control de presión de zona neutra RT-L para el control de bomba de agua y ventilador.
3. Controlador de paso para controlar dos ventiladores de velocidad y la bomba de agua.
4. Convertidores de frecuencia para controlar la velocidad del ventilador y control de bomba de agua.
5. Interruptor de flujo Saginomiya para alarma si la circulación de agua falla.

Ejemplo de aplicación 3.2.1:
Control de paso del condensador evaporativo con controlador de controller RT



- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Agua

- ① Controlador de presión
- ② Controlador de presión
- ③ Válvula de cierre
- ④ Válvula de cierre
- ⑤ Válvula de cierre

Esta solución mantiene la presión de condensación, así como la presión en el depósito en un nivel suficientemente alto en baja temperatura ambiente.

Cuando la presión de entrada del condensador cae debajo de la configuración del controlador de presión RT 5A ②, el controlador apagará el ventilador, para disminuir la capacidad de condensación.

En la temperatura ambiente sumamente baja, cuando la presión de condensación cae debajo de la configuración del RT 5A ① después de que se hayan apagado todos los ventiladores, el RT 5A ① parará la bomba de agua.

Cuando la bomba es detenida, el condensador y los tubos de agua deben ser drenados para evitar oxidación y congelamiento.

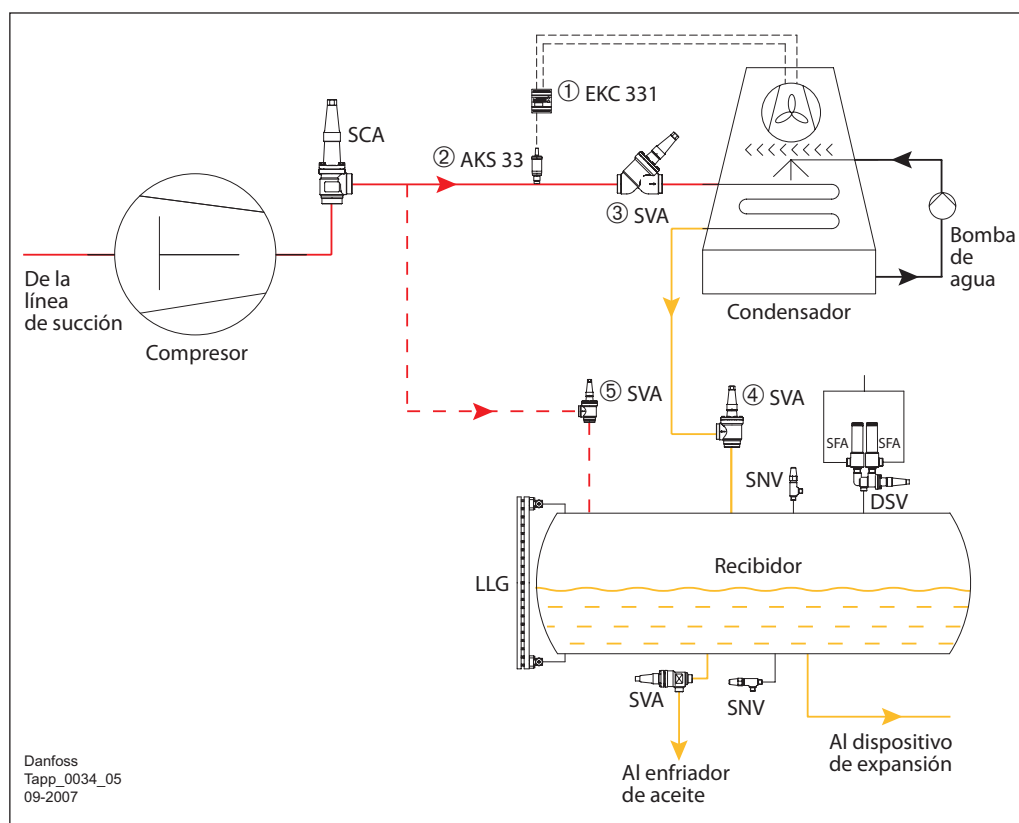
Datos técnicos

	Control de presión HP- RT 5A
Refrigerantes	R717 y refrigerantes fluorados
Protección	IP 66/54
Temperatura ambiente [°C]	-50 a 70
Rango regulación [bar]	RT 5A: 4 a 17
Máx. presión de trabajo [bar]	22
Presión máxima de prueba [bar]	25

Ejemplo de aplicación 3.2.2:
Control de paso del condensador
evaporativo con controlador
de paso EKC331

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Agua

- ① Controlador de paso
- ② Transmisor de presión
- ③ Válvula de cierre
- ④ Válvula de cierre
- ⑤ Válvula de cierre



Esta solución trabaja del mismo modo que el ejemplo 3.2.1, pero es operada vía controlador de paso EKC 331 ①. Para más información sobre EKC 331, por favor vea la página 7.

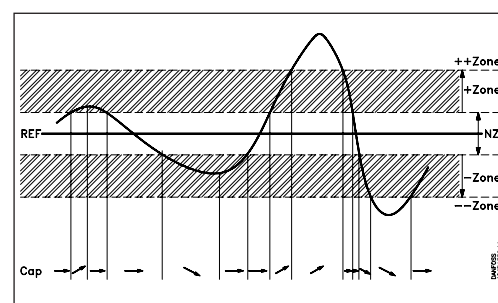
Puede conseguirse una solución de regulación de capacidad para los condensadores de evaporación utilizando un regulador de potencia EKC 331 y un transmisor de presión AKS. Como último paso debe seleccionarse el control secuencial para la bomba de agua. El control secuencial significa que los pasos siempre pararán y reanudarán en el mismo orden. La versión EKC 331T puede aceptar la señal de un sensor de temperatura PT 1000, el cual puede ser necesario para sistemas secundarios.

Control de zona neutra

Una zona neutra es fijada alrededor del valor de referencia, en el cual no ocurre carga/descarga. Ocurrirá carga/descarga fuera de la zona neutra (en las áreas tramadas "+zona" y "- zona") cuando la presión de medida se desvía fuera de la configuración de la zona neutra.

Si el control ocurre fuera del área tramada (llamado de ++zona y -zona), los cambios de capacidad de interrupción ocurrirán en forma más rápida que si estuviera en el área tramada.

Para más detalles, por favor vea el manual del EKC 331 (T) de Danfoss.



Datos técnicos

	Transmisor de presión-AKS	Transmisor de presión-AKS 32R
Refrigerantes	Todos los refrigerantes incluyendo R717	
Alcance operacional [bar]	-1 hasta 34	-1 hasta 34
Máx. presión de trabajo PB (bar)	Hasta 55	>33
Rango temperatura operacional [°C]	-40 a 85	
Rango temperatura compensada [°C]	LP: -30 a +40 / HP: 0 a +80	
Señal de salida nominal	4 a 20 mA	10 a 90% suministro de V

3.3 Condensadores enfriados por agua

El condensador enfriado por agua era originalmente un intercambiador de calor de casco y tubo, pero actualmente es muy común un intercambiador de calor con un moderno diseño de placas (Para el amoníaco es hecho de acero inoxidable).

Actualmente los condensadores enfriados por agua son conocidos como enfriadores, con el enfriamiento refrigerado por agua por una torre de refrigeración en recirculación. También puede ser utilizado como un condensador de recuperación de calor para suministrar agua caliente.

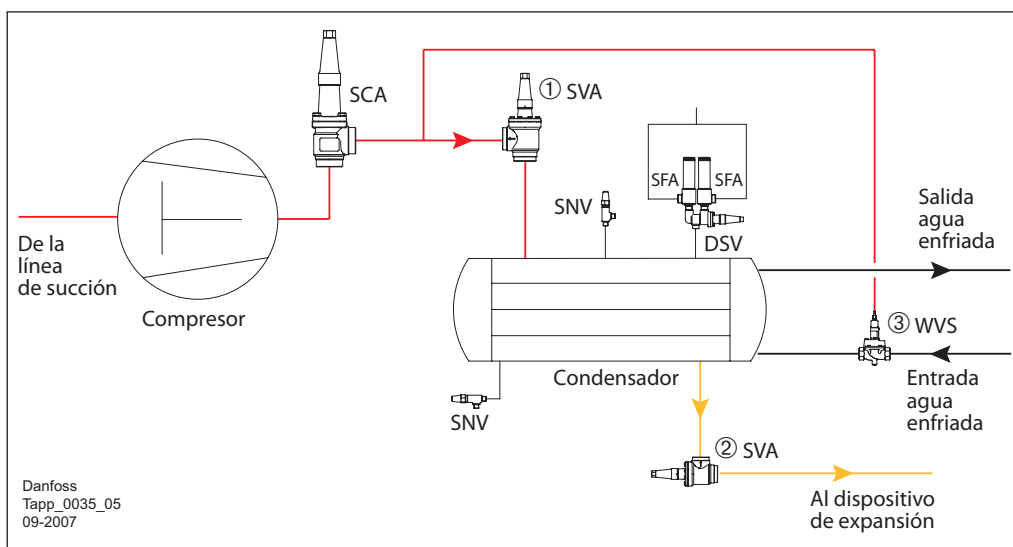
Los condensadores enfriados por agua no son de uso común, porque en muchos lugares no se permite utilizar gran cantidad de agua que estos consumen (poca agua y/o altos precios para el agua).

El control de la presión de condensación puede alcanzarse por medio de una válvula de agua de presión controlada, o una válvula de agua motorizada supervisada por un controlador electrónico para controlar el flujo del enfriamiento por agua según la presión condensada.

Ejemplo de aplicación 3.3.1: Control de flujo de agua de condensadores enfriados por agua con una válvula de agua

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Agua

- ① Válvula de cierre
- ② Válvula de cierre
- ③ Válvula de agua



Esta solución mantiene la presión de condensación en un nivel constante. La presión de condensación del refrigerante se dirige a través de un tubo capilar a la parte superior de la válvula de agua WVS ③, ajustando por lo tanto, la abertura de la WVS. La válvula de agua WVS ③ es un regulador P.

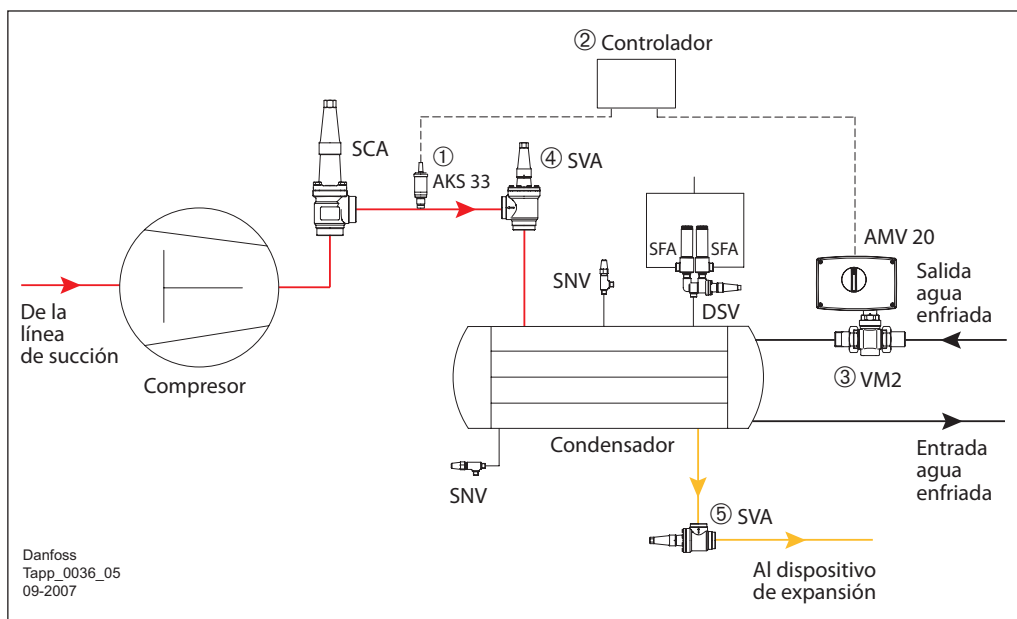
Datos técnicos

	Válvula de agua -WVS
<i>Materiales</i>	Cuerpo de la válvula: Hierro fundido Fuelles: aluminio y acero a prueba de corrosión
<i>Refrigerantes</i>	R717, CFC, HCFC, HFC
<i>Medio</i>	Agua potable, salmuera neutro
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-25 a 90
<i>Presión de cierre regulable [bar]</i>	2,2 a 19
<i>Máx. presión de trabajo en el lado del refrigerante [bar]</i>	26,4
<i>Máx. presión de trabajo en el lado líquido [bar]</i>	10
<i>DN [mm]</i>	32 a 100

Ejemplo de aplicación 3.3.2:
Control de flujo de condensadores
enfriados por agua con una
válvula motorizada

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Agua

- ① Transmisor de presión
- ② Controlador
- ③ Válvula motorizada
- ④ Válvula de cierre
- ⑤ Válvula de cierre



El controlador ② recibe la señal de presión de condensación del transmisor de presión AKS 33 ①, y envía una señal de modulación correspondiente al actuador AMV 20 de la válvula motorizada VM 2 ③. De esta manera, el flujo de enfriamiento por agua es ajustada y la presión de condensación se mantiene constante.

En esta solución, el control PI o PID puede ser configurado en el controlador.

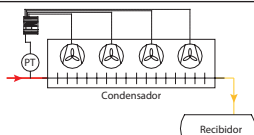
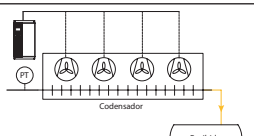
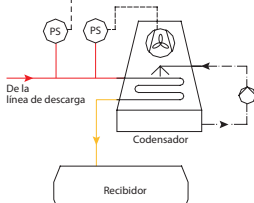
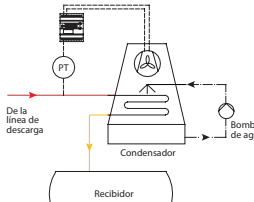
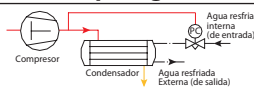

EIVM 2 y eVFG 2 son válvulas motorizadas designadas para calentamiento a distancia, y también puede ser utilizado para control de flujo en plantas de refrigeración.

Datos técnicos

Válvula motorizada - VM 2	
Materiales	Body: red bronce
Medio	Circulación de agua/ agua glicólica hasta el 30
Rango temperatura media [°C]	2 a 150
Máx. presión de trabajo [bar]	25
DN [mm]	15 a 50

Motor valve - VFG 2	
Materiales	Cuerpo: Hierro fundido/hierro dúctil/acero fundido
Medio	Circulación de agua/ agua glicólica hasta el 30
Rango temperatura media [°C]	2 a 200
Máx. presión de trabajo [bar]	16/25/40
DN [mm]	15 a 250

**3.4
Resumen**

Solución	Aplicación	Beneficios	Limitaciones
Control de condensador enfriados por aire			
Control de paso de ventiladores con controlador de paso EKC331 	Usado principalmente en refrigeración industrial en climas calientes y en grados mucho menores en climas más fríos.	Control del volumen de aire gradualmente o con control variable de la velocidad del ventilador; Ahorro de energía. Sin uso de agua.	Temperatura ambiente muy bajas; control de paso de ventilador, puede ser ruidoso.
Control de velocidad de ventiladores en condensadores enfriados por aire 	Aplicable a todos los condensadores que pueden trabajar a velocidades reducidas	Corriente de arranque reducido. Ahorro de energía. Menor nivel de ruido. Mayor durabilidad. Instalación sencilla.	Temperaturas ambiente muy bajas
Control de condensador evaporativo			
Control de paso del condensador evaporativo con controlador de paso RT 	Refrigeración Industrial con requisitos de capacidad muy amplios.	Gran reducción en consumo de agua, comparado a los condensadores enfriados por agua y relativamente fácil al control de capacidad; Ahorro de Energía.	No es aplicable en países con alta humedad relativa; en climas fríos debe tomarse precauciones especiales tan pronto el agua de las tuberías sean drenadas durante los periodos de paro de la bomba de agua.
Control de paso del condensador evaporativo con controlador de paso EKC331 	Refrigeración Industrial con requisitos de capacidad muy amplios	Gran reducción en consumo de agua, comparado a los condensadores refrigerados por agua y relativamente fácil al control de capacidad; Posible para controlar remotamente. Ahorro de energía.	No es aplicable en países con alta humedad relativa; En climas fríos debe tomarse precauciones especiales tan pronto el agua de las tuberías sean drenadas durante los periodos de paro de la bomba de agua.
Control de condensador enfriados por agua			
Control de flujo de líquido con una válvula de agua 	Enfriadores, condensadores de recuperación de calor	Fácil al control de capacidad	No aplicable cuando la disponibilidad de agua es un problema.
Control de flujo de líquido con una válvula de motor 	Enfriadores, condensadores de recuperación de calor	Éste es fácil para el control de capacidad del condensador y de la recuperación de calor; Posible para controlar remotamente.	Este tipo de instalación es más costoso que una instalación normal; No aplicable cuando la disponibilidad de agua es un problema.

**3.5
Literatura de referencia**

Para una descripción alfabética de toda la literatura de referencia, por favor vea la página 104

Folleto técnico / Manual

Tipo	N° Literatura
AKD	RB.8D.B
AKS 21	ED.SA0.A
AKS 32R	RD.5G.J
AKS 33	RD.5G.H
AMV 20	ED.95.N
CVPP	PD.HN0.A
CVP	PD.HN0.A

Tipo	N° Literatura
ICS	PD.HS0.A
NRVA	RD.6H.A
RT 5A	PD.CB0.A
SVA	PD.KD0.A
VM 2	ED.97.K
WVS	RD.4C.A

Instrucción del producto

Tipo	N° Literatura
AKD 2800	EI.R1.H
AKD 5000	EI.R1.R
AKS 21	RI.14.D
AKS 32R	PI.SB0.A
AKS 33	PI.SB0.A
AMV 20	EI.96.A
CVPP	RI.4X.D
CVP	RI.4X.D

Tipo	N° Literatura
ICS	PI.HS0.A
NRVA	RI.6H.B
RT 5A	RI.5B.C
SVA	PI.KD0.B
VM 2	VI.HB.C
WVS	RI.4C.B

Para descargar la más reciente versión de la literatura, por favor visite el sitio en Internet de Danfoss <http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

4. Control nivel del líquido

El control de nivel del líquido es un elemento importante en el diseño de sistemas de refrigeración industrial. Controla la inyección de líquido para mantener un nivel constante del líquido.

Dos principios principales diferentes, pueden ser usados cuando se diseña un sistema de control de nivel de líquido:

- Sistema de control de nivel de refrigerante de alta presión (LLRS HP)
- Sistema de control de nivel de líquido de baja presión (LLRS LP)

Los sistema de control de nivel de líquido de alta presión están caracterizados típicamente por:

1. Concentrarse el nivel de líquido en el lado de condensación del sistema
2. Carga del refrigerante crítico
3. Depósito pequeño o incluso ningún depósito
4. Es aplicable principalmente para unidades de enfriamiento y otros sistemas con carga pequeña de refrigerante (por ejemplo, congeladores pequeños)

Sistemas de baja presión son caracterizados por:

1. Concentrarse el nivel de líquido en el lado del evaporador del sistema
2. El depósito es generalmente grande
3. Carga enorme (suficiente) de refrigerante
4. Aplicados principalmente para sistemas descentralizados

Ambos principios pueden ser conseguidos, usando componentes mecánicos y electrónicos.

4.1 Sistema de control de nivel de líquido de alta presión (LLRS HP)

Cuando se diseña un LLRS HP, Los siguientes puntos deben ser tomados en consideración:

Tan pronto como el líquido es "formado" en el condensador, el líquido es alimentado para el evaporador (lado de baja presión).

El líquido que sale del condensador tendrá poco o nada de subenfriamiento. Esto es importante considerar cuando el líquido fluye para el lado de baja presión. Si existe pérdida de presión en la tubería o los componentes, puede ocurrir "flash gas" (evaporación instantánea del líquido) y ocasionar la reducción de la capacidad de refrigeración .

La carga de refrigerante debe ser calculado exactamente a fin de asegurarse que existe refrigerante adecuado en el sistema. Una sobrecarga aumenta el riesgo de inundación del evaporador o el separador de líquido causando arrastre del líquido en el compresor (golpe de ariete). Si el sistema está con carga insuficiente el evaporador será subcargado. El tamaño del recipiente de baja presión (Separador de líquido/

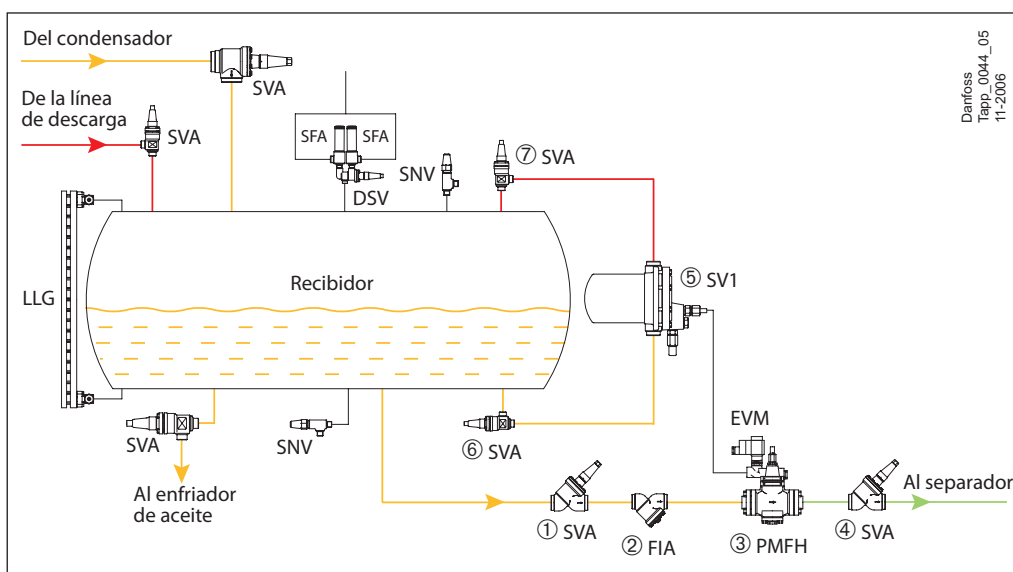
Evaporador multitubular) debe ser diseñada cuidadosamente a fin de que pueda contener el refrigerante en todas las condiciones sin causar el golpe de ariete.

Debido a las razones anteriormente mencionadas, los LLRS HP son especialmente convenientes para sistemas que requieran carga pequeña de refrigerante, similar a las unidades de enfriamiento, o congeladores pequeños. Las unidades de enfriamiento generalmente no necesitan depósitos. Incluso, si es necesario un depósito a fin de instalar pilotos y suministrar alimentación de refrigerante para un enfriador de aceite, el depósito puede ser pequeño. Como resultado de lo anterior, los LLRS HP son especialmente adecuados para sistemas que requieran una pequeña carga de refrigerante, p. ej., unidades enfriadoras de líquido o congeladores pequeños. Las unidades enfriadoras de líquido generalmente no necesitan depósitos. No obstante, sí es necesario un depósito, a fin de instalar pilotos y suministrar refrigerante para un enfriador de aceite, el depósito puede ser pequeño.

Ejemplo de aplicación 4.1.1:
La solución mecánica para el control del nivel de líquido HP

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)

- ① Válvula de cierre
- ② Filtro
- ③ Válvula principal servoaccionada
- ④ Válvula de cierre
- ⑤ Válvula de flotador
- ⑥ Válvula de cierre
- ⑦ Válvula de cierre



En un LLRS HP grande el SV1 ⑤ o SV3 válvula de flotador, es usada como una válvula piloto para una válvula principal PMFH ③. Según lo ilustrado arriba, cuando el nivel del líquido en el depósito aumenta por encima del nivel del sistema, la válvula de flotador SV1 ⑤ emite una señal a la válvula principal PMFH para abrirse.

En este caso la función del depósito es proporcionar una función más estable para que trabaje la válvula de flotación SV1 ⑤.

Datos técnicos

	PMFH 80 - 1 a 500
Material	Hierro fundido nodular a baja temperatura
Refrigerantes	R717, HFC, HCFC y CFC
Rango temperatura media [°C]	-60 a + 120
Máx. presión de trabajo [bar]	28
Presión máxima de prueba [bar]	42
Capacidad nominal* [kW]	139-13900

* Condiciones: R717, +5/32°C, T_i = 28°C

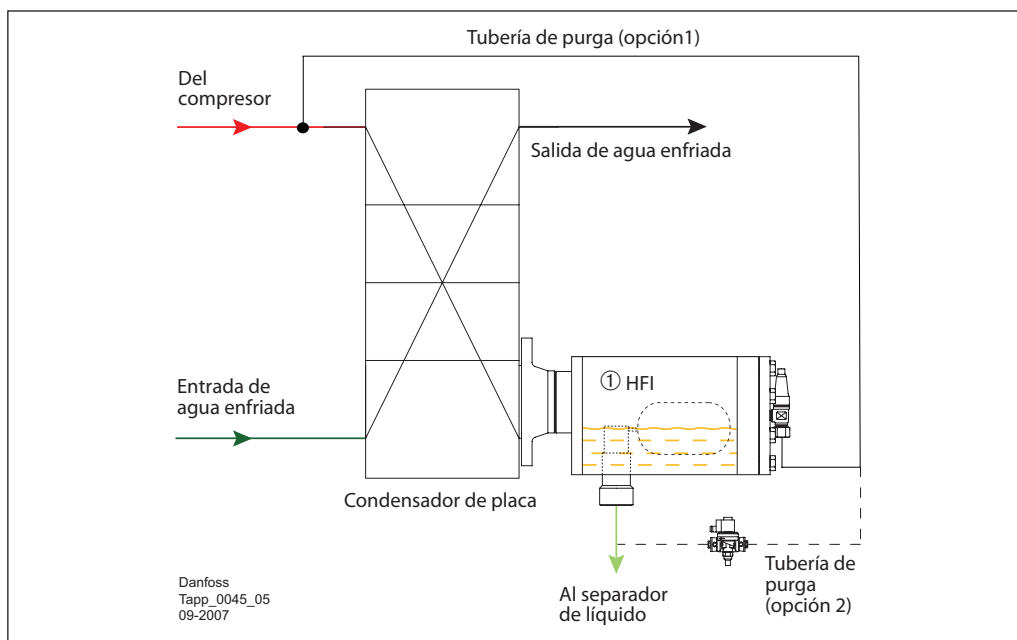
	Float valve - SV 1 and SV3
Material	Carcasa: Acero Cubierta: Hierro fundido de baja temperatura Flotador: Acero inoxidable
Refrigerantes	R717, HFC, HCFC y CFC
Rango temperatura media [°C]	-50 a + 65
P-band [mm]	35
Máx. presión de trabajo [bar]	28
Presión máxima de prueba [bar]	36
Valor K, [m ³ /h]	0,06 para SV 1 0,14 para SV 3
Capacidad nominal* [kW]	SV1: 25 SV3: 64

* Condiciones: R717, +5/32°C, T_i = 28°C

Ejemplo de aplicación 4.1.2:
Solución mecánica para el control del nivel de líquido con HFI

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)
- Agua

① Válvula de flotador HP



Si el condensador es un intercambiador de calor de placa, la válvula de flotador mecánica HFI ① puede ser usado para controlar el nivel del líquido.

La HFI es una válvula flotadora de alta presión de actuación directa; por lo tanto, no se requiere ninguna presión diferencial para activar la válvula.

Puede ser necesario conectar una línea de equalización ya sea en el circuito de alta presión o en el de baja (opción 1 ó 2), tal como se muestra en el gráfico, para eliminar el vapor refrigerante del cuerpo de la válvula de flotador ya que esto puede impedir que entre el líquido y evitar, por tanto, que se abra la válvula.

La opción 1 es la solución más sencilla. La opción 2 requiere la instalación de una Válvula solenoide en la línea de equalización.

Datos técnicos

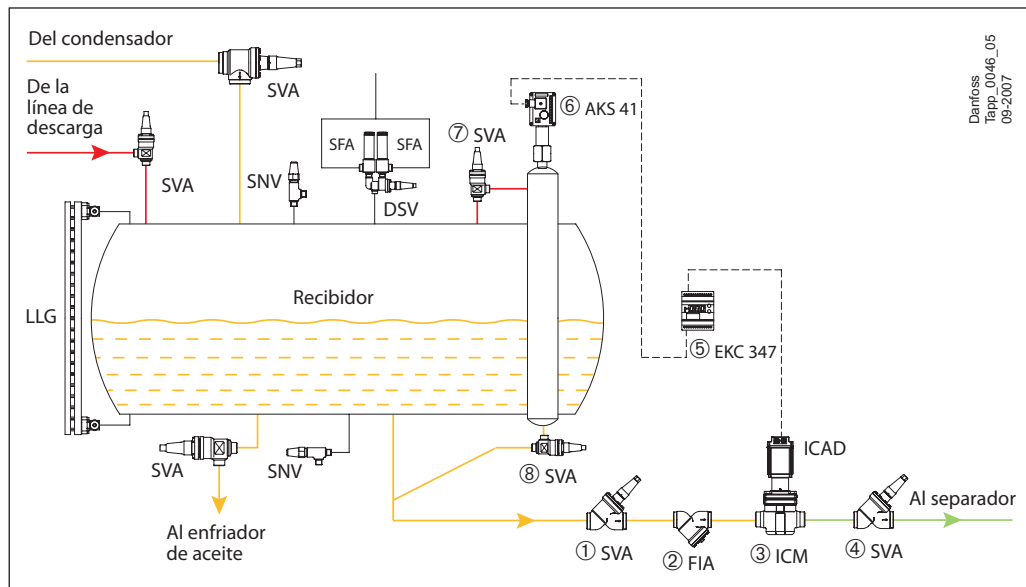
	HFI
Material	Acero especial aprobado para aplicación en baja temperatura
Refrigerantes	R717 y otros refrigerantes no inflamables. Para los refrigerantes con densidad mayor que 700kg/m ³ , please consult Danfoss.
Rango temperatura media [°C]	-50 a 80
Máx. presión de trabajo [bar]	25 bar
Presión máxima de prueba [bar]	50 bar (sin flotador)
Capacidad nominal* [kW]	400 a 2400

* Condiciones: R717, -10/35°C

Ejemplo de aplicación 4.1.3:
Solución electrónica para el control del nivel de líquido de HP

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)

- ① Válvula de cierre
- ② Filtro
- ③ Válvula motorizada
- ④ Válvula de cierre
- ⑤ Controlador
- ⑥ Transmisor de nivel
- ⑦ Válvula de cierre
- ⑧ Válvula de cierre



Danfoss
Tépp. 0046_05
09-2007

Al diseñar una solución electrónica LLRS HP, la señal de nivel del líquido, puede darse por cualquiera de los dos por un AKS 38 (transmisor de nivel de líquido) el cual es un interruptor de nivel (ON/OFF) o un AKS 41 el cual es un transmisor electrónico de nivel (4-20 mA).

La señal electrónica es enviada para un controlador electrónico EKC 347, que controla la válvula de inyección.

La inyección del líquido puede ser controlada de diferentes maneras:

- Con una válvula de motor modulado tipo ICM, con un actuador ICAD (Actuador de Control Industrial con Display).
- Con una válvula de expansión pulsante con ancho de pulso tipo AKVA. La válvula AKVA debe ser utilizada solamente donde es aceptable la pulsación de la válvula.

- Con una válvula de regulación REG actuando como una válvula de expansión y una Válvula solenoide EVRA para poner en funcionamiento el control.
- El sistema ilustrado es un transmisor de nivel AKS 41 ⑥ que envía una señal de nivel para un controlador de nivel de líquido EKC 347 ⑤. La válvula motorizada ICM ③ actúa como una válvula de expansión.

Datos técnicos

	Válvula motorizada - ICM
Materiales	Cuerpo: Acero de baja temperatura
Refrigerantes	Todos los refrigerante comunes, incluso R717 y R744
Rango temperatura media [°C]	-60 a 120
Máx. presión de trabajo [bar]	52
DN [mm]	20 a 80
Capacidad nominal* [kW]	224 a 14000

* Condiciones: R717, T_e = -10°C, Δp = 8.0 bar, ΔT_{sub} = 4K;

	Transmisor de nivel - AKS 41
Materiales	Rosca y tubería: Acero inoxidable Parte superior: Aluminio fundido
Refrigerantes	R717, R22, R404a, R134a, R718, R744
Rango temperatura media [°C]	-60 a 100
Máx. presión de trabajo [bar]	60
Rango de medida [mm]	207 a 2927

4.2 Sistema de control de nivel de líquido de baja presión (LLRS LP)

Cuando se diseña un LLRS LP, los siguientes puntos deben ser tomados en consideración:

Como resultado de lo antedicho, el LLRS LP es especialmente apropiado para sistemas descentralizados en los cuales existen muchos evaporadores y la carga del refrigerante es grande, tales como almacenes frigoríficos. Con el LLRS LP, estos sistemas podrían funcionar con seguridad aun cuando la carga del refrigerante sea imposible de ser calculada exactamente.

El recipiente debe ser suficientemente grande para acumular el refrigerante líquido que viene de los evaporadores en el momento en que el contenido de refrigerante en algunos evaporadores varía con la carga de enfriamiento, algunos evaporadores se desconectan para el servicio. o parte de los evaporadores son

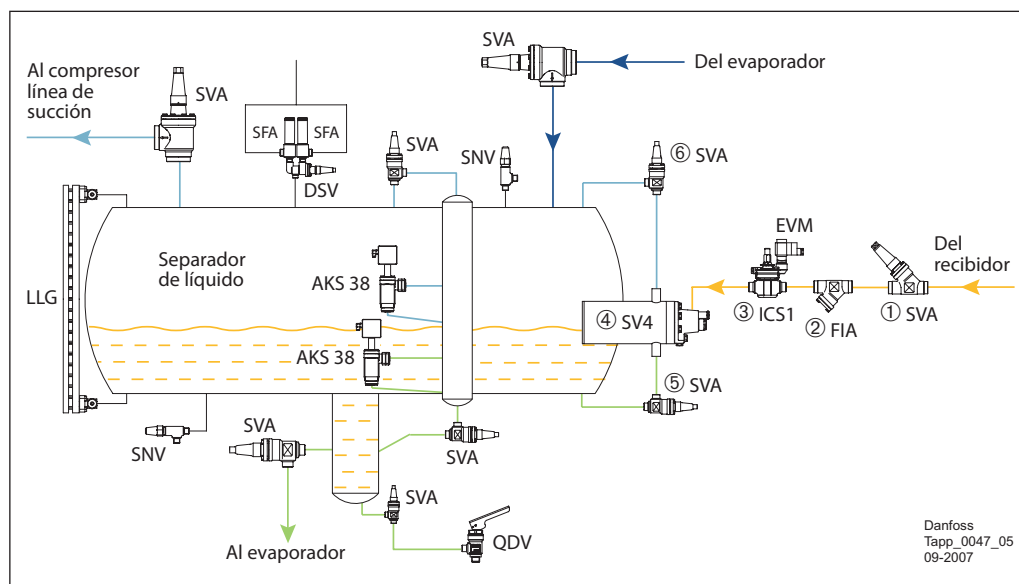
drenados para descongelar. El nivel de líquido en el recipiente de baja presión (separador de líquido/ evaporador multitubular) es mantenido a un nivel constante. Esto es seguro para el sistema, ya que un nivel de líquido demasiado alto en el separador de líquido puede causar golpe de ariete al compresor, y un nivel del líquido demasiado bajo podría resultar en la cavitación de las bombas de refrigerante en un sistema de circulación por bomba.

En conclusión, Los LLRS HP son convenientes para sistemas compactos tales como enfriadores; la ventaja es el costo reducido (Depósito pequeño o sin depósito). Mientras que los LLRS LP son muy convenientes para sistemas descentralizados con muchos evaporadores y tubería larga, similar a cámaras frigoríficas; la ventaja es la seguridad y fiabilidad más elevadas.

Ejemplo de aplicación 4.2.1: Solución mecánica para el control del nivel de líquido LP

- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)

- ① Válvula de cierre
- ② Filtro
- ③ Válvula solenoide
- ④ Válvula flotador LP
- ⑤ Válvula de cierre
- ⑥ Válvula de cierre



Las Válvulas de flotador "monitorea" el nivel de líquido en recipientes de baja presión. Si la capacidad es pequeña las válvulas SV ④ pueden actuar directamente como válvula de expansión en los recipientes de baja presión, según lo mostrado.

Datos técnicos

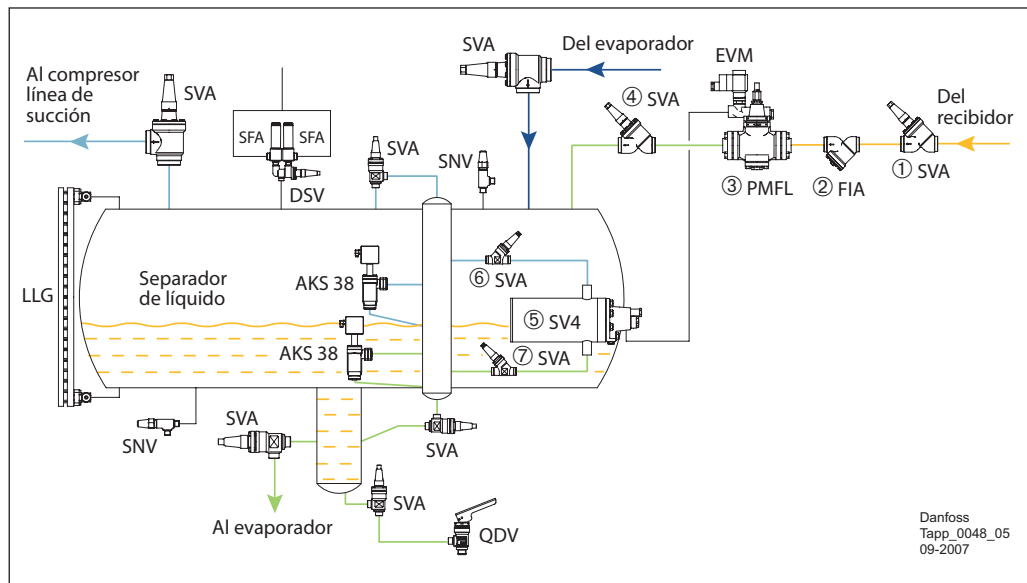
	SV 4-6
Materiales	Carcasa: Acero Cubierta: Hierro fundido (esférico) de baja temperatura Flotador en acero inoxidable
Refrigerantes	R717, HFC, HCFC and CFC
Rango temperatura media [°C]	-50 a +120
Banda P [mm]	35
Máx. presión de trabajo [bar]	28
Presión máxima de prueba [bar]	42
Valor K, [m³/h]	0,23 para SV 4 0,31 para SV 5 0,43 para SV 6
Capacidad nominal* [kW]	SV4: 102 SV5: 138 SV6: 186

* Condiciones: R717, +5/32°C, ΔT_{sub} = 4K.

Ejemplo de aplicación 4.2.2:
Solución mecánica para el control del nivel de líquido LP

- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)

- ① Válvula de cierre
- ② Filtro
- ③ Válvula principal servoaccionada
- ④ Válvula de cierre
- ⑤ Válvula flotador LP
- ⑥ Válvula de cierre
- ⑦ Válvula de cierre



Si la capacidad es grande, la válvula flotador SV ⑤ es usado como una válvula piloto para la válvula principal PMFL. Según lo ilustrado arriba, cuando el nivel del líquido en el receptor desciende

por debajo del nivel del sistema. La válvula de flotador SV ⑤ emite una señal a la válvula PMFL para abrirse.

Datos técnicos

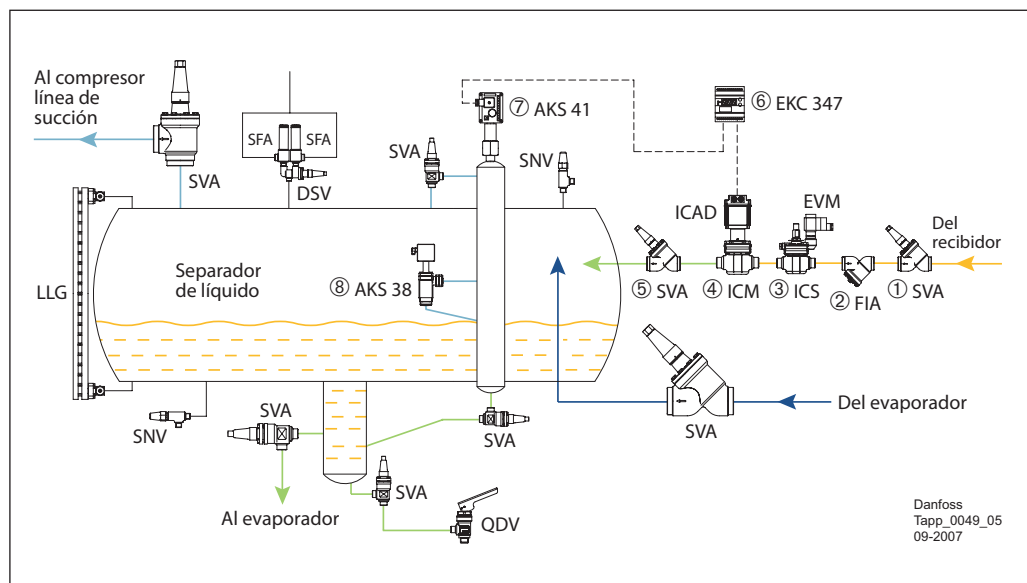
	PMFL 80 - 1 a 500
Material	Hierro fundido nodular de baja temperatura
Refrigerantes	R717, HFC, HCFC y CFC
Rango temperatura media [°C]	-60 a +120
Máx. presión de trabajo [bar]	28
Presión máxima de prueba [bar]	42
Capacidad nominal* [kW]	139-13,900

* Condiciones: R717, +5/32°C, ΔT_{sub} = 4K.

Ejemplo de aplicación 4.2.3:
Solución electrónica para el control del nivel de líquido LP

- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)

- ① Válvula de cierre
- ② Filtro
- ③ Válvula solenoide
- ④ Válvula motorizada
- ⑤ Válvula de cierre
- ⑥ Controlador
- ⑦ Transmisor de nivel
- ⑧ Interruptor de nivel



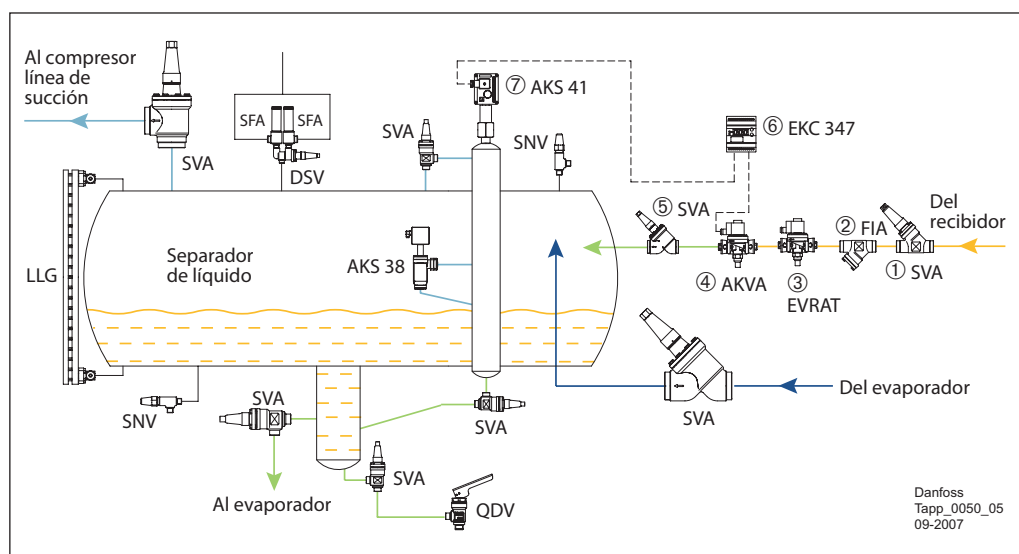
El transmisor de nivel AKS 41 ⑦, monitorea el nivel de líquido en el separador y envía una señal de nivel para el controlador de nivel de líquido EKC 347 ⑥, que a su vez envía una señal de modulación para el actuador de la válvula motorizada tipo ICM ④. La válvula motorizada ICM actúa como una válvula de expansión.

El controlador de nivel de líquido EKC 347 ⑥ también proporciona regulador de salida para límites de alta y baja y para el nivel de alarma. Sin embargo, es recomendable que el interruptor de nivel AKS 38 ⑧ sea ajustado como un interruptor de alto nivel.

Ejemplo de aplicación 4.2.4:
Solución electrónica para el control del nivel de líquido LP

- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)

- ① Válvula de cierre
- ② Filtro
- ③ Válvula solenoide CID
- ④ Válvula de expansión operada electrónicamente
- ⑤ Válvula de cierre
- ⑥ Controlador
- ⑦ Transmisor de nivel



Danfoss
Tapp_0050_05
09-2007

Esta solución es similar a la solución 4.2.3. Sin embargo, con este ejemplo la válvula motorizada ICM es substituida por una válvula de expansión AKVA, operada electrónicamente. La válvula servoaccionada EVRAT ③ es utilizada como una válvula solenoide adicional para asegurar que cierre el 100%, durante los ciclos "off". El

controlador de nivel de líquido EKC 347 ⑥ también proporciona regulador de salida para límites de alta y baja y para el nivel de alarma. Sin embargo, es recomendable que el interruptor de nivel AKS 38 sea ajustado como un interruptor de alto nivel .

Datos técnicos

	AKVA
Material	AKVA 10: Acero inoxidable AKVA 15: Hierro fundido AKVA 20: Hierro fundido
Refrigerantes	R717
Rango temperatura media [°C]	AKVA 10: -50 a +60 AKVA 15/20: -40 a +60
Máx. presión de trabajo [bar]	42
DN [mm]	10 a 50
Capacidad* nominal [kW]	4 a 3150

* Condiciones: R717, +5/32°C, ΔT_{sub} = 4K.

Ejemplo de aplicación 4.2.5:
Solución electrónica para el control del nivel de líquido LP

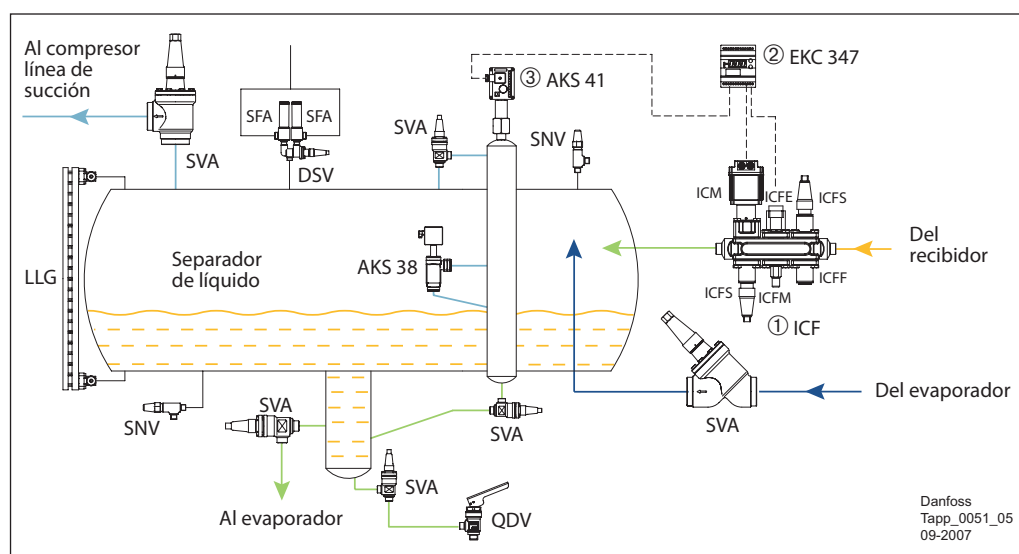
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)

- ① La estación de válvula ICF incluye:



- Válvula de cierre
- Filtro
- Válvula solenoide
- Apertura manual
- Válvula motorizada
- Válvula de cierre

- ② Controlador
- ③ Transmisor de nivel



Danfoss
Tapp_0051_05
09-2007

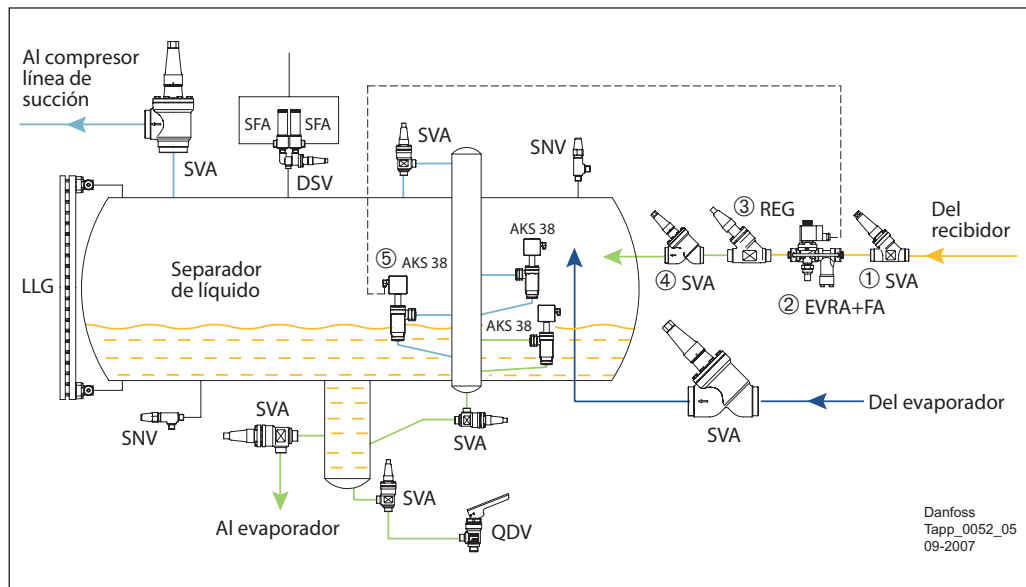
Danfoss puede suministrar una solución de válvula muy compacta ICF ①. Se pueden montar hasta seis módulos diferentes en la misma carcasa, el cual es fácil de instalar.

El módulo ICM actúa como una válvula de expansión y el módulo ICFE es una Válvula solenoide. Esta solución trabaja de manera idéntica al ejemplo 4.2.3. También existe solución alternativa ICF para la aplicación 4.2.4.

Ejemplo de aplicación 4.2.6:
Solución electrónica para el control del nivel de líquido de LP

- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)

- ① Válvula de cierre
- ② Válvula solenoide
- ③ Válvula de regulación manual
- ④ Válvula de cierre
- ⑤ Interruptor de nivel



Esta solución controla la inyección de líquido usado en el control on/off. El interruptor de nivel AKS 38 ⑤, controla la conmutación de la válvula solenoide EVRA ②, de acuerdo con el nivel de líquido en el separador. La válvula de regulación manual REG ③ actúa como la válvula de expansión.

Datos técnicos

	AKS 38
<i>Materiales</i>	Carcasa: Hierro fundido cromado de zinc
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerantes comunes no inflamables, incluyendo el R717.
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-50 a +65
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	28
<i>Rango de medida [mm]</i>	12,5 a 50

	REG
<i>Materiales</i>	Acero especial resistente al frío, aprobado para operación en baja temperatura
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerantes comunes no inflamables, incluyendo el R717.
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-50 a +150
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	40
<i>Presión de prueba [bar]</i>	Prueba de resistencia: 80 Prueba de fuga: 40
<i>Valor K, [m³/h]</i>	0,17 a 81,4 para válvulas abiertas completamente

	EVRA
<i>Refrigerantes</i>	R717, R22, R134a, R404a, R410a, R744, R502
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-40 a +105
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	42
<i>Capacidad nominal* [kW]</i>	21,8 a 2368
<i>Valor K, [m³/h]</i>	0,23 a 25.0

* Condiciones: R717, -10/+25°C, Δp = 0.15 bar

4.3
Resumen

Solución		Aplicación	Beneficios	Limitaciones
Solución mecánica presión alta: SV1/3 + PMFH		Aplicable para sistemas con poca carga de refrigerante, como los enfriadores.	Mecánica pura. Amplio rango de capacidad.	Incapaz de controlar a distancia, la distancia entre la SV y PMFH es limitado a varios metros. Un poco despacio en la respuesta.
Solución mecánica presión alta: HFI		Aplicable para los sistemas con cargas pequeñas de refrigerante y sólo con condensadores tipo placa.	Mecánica pura. Solución simple. Especialmente apropiado para intercambiadores de calor de placa	Incapaz de proporcionar refrigeración de aceite del termosifón.
Solución electrónica presión alta: AKS 41+EKC 347 + ICM		Aplicable para sistemas con poca carga de refrigerante, como los enfriadores.	Flexible y compacto. Posible para monitorear y controlar a distancia. Cubre un amplio rango de capacidad.	No es permitido para refrigerante inflamable.
Solución mecánica presión baja: SV4-6		Aplicable para sistemas pequeños.	Mecánica pura. Simple, solución de bajo costo.	Capacidad limitada.
Solución mecánica presión baja: SV 4-6 + PMFL		Particularmente aplicable para sistemas de centrales, como frigoríficos, tiendas	Mecánica pura. Amplio rango de capacidad	Incapaz de controlar a distancia, la distancia entre la SV y PMFL es limitado a varios metros. Un poco despacio en la respuesta.
Solución electrónica presión baja: AKS41 + EKC 347 + ICM		Particularmente aplicable para sistemas de centrales, como frigoríficos, tiendas.	Flexible y compacto. Posible para monitorear y controlar a distancia. Cubre un amplio rango de capacidades.	No es permitido para refrigerante inflamable.
Solución electrónica presión baja: AKS 41 + EKC 347 + AKVA		Particularmente aplicable para sistemas de centrales, como frigoríficos, tiendas.	Flexible y compacto. Posible para monitorear y controlar a distancia. Amplio rango de capacidad. Más rápido que la válvula motorizada. Válvula de seguridad (NC).	No es permitido para refrigerante inflamable. El sistema necesita tener en cuenta las pulsaciones.
Solución electrónica presión baja: AKS 41 + EKC 347 + ICF		Particularmente aplicable para sistemas de centrales, como frigoríficos, tiendas.	Flexible y compacto. Posible para monitorear y controlar a distancia. Cubre un amplio rango de capacidades. Fácil de instalar.	No es permitido para refrigerante inflamable.
Solución electrónica presión baja: AKS 38 + EVRA + REG		Particularmente aplicable para sistemas de centrales, como frigoríficos, tiendas.	Simple. Costoso.	Justo 40 mm para ajuste de nivel. Muy dependiente en el ajuste de la válvula REG. No apropiado para sistemas con gran capacidad fluctuaciones.

4.4
Literatura de referencia

Para una descripción alfabética de toda la literatura de referencia, por favor vea la página 104

Folleto técnico / Manual

Tipo	N° Literatura
AKS 38	RD.5M.A
AKS 41	PD.SC0.A
AKVA	PD.VA1.B
EKC 347	RS.8A.X
EVRA(T)	RD.3C.B
ICM	PD.HT0.A

Tipo	N° Literatura
PMFH/L	RD.2C.B
ICF	PD.FT0.A
REG	PD.KM0.A
SV 1-3	RD.2C.B
SV 4-6	RD.2C.B

Instrucción del producto

Tipo	N° Literatura
AKS 38	RI.5M.A
AKS 41	PI.SC0.A
AKVA	PI.VA1.C PI.VA1.B
EKC 347	RI.8B.Y
EVRA(T)	RI.3D.A
ICM	PI.HT0.A

Tipo	N° Literatura
PMFH/L	RI.2C.F PI.GE0.A
ICF	PI.FT0.A
REG	PI.KM0.A
SV 1-3	RI.2B.F
SV 4-6	RI.2B.B

Para descargar la más reciente versión de la literatura, por favor visite el sitio en Internet de Danfoss <http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

5. Controles de evaporador

El evaporador es la parte del sistema de refrigeración donde el calor efectivo es transferido a partir del medio que desea enfriar (por ejemplo aire, salmuera, o directamente el producto) al refrigerante.

Por lo tanto, la función principal del sistema de control del evaporador es alcanzar la temperatura media deseada. Además, el sistema de control también debe mantener el evaporador en buen rendimiento y siempre el funcionamiento libre de problemas.

Específicamente, los siguientes métodos de control pueden ser necesarios para los evaporadores:

- La parte 5.1 y 5.2 de control de suministro de líquido, describe dos tipos diferentes de suministro líquido de expansión directa (DX) y la circulación de líquido por bombas.
- Descongelamiento (Sección 5.3 y 5.4), que es necesaria para enfriadores con aire operando a temperaturas inferiores a 0°C.

- Conversión de multi-temperatura (Sección 5.5) para evaporadores que necesiten funcionar a diferentes niveles de temperatura.
- Control de temperatura media (Sección 5.6) cuando la temperatura media es requerida para ser mantenida a un nivel constante con gran exactitud.

Cuando se introduce el control de temperatura media y descongelar, los evaporadores de expansión directa (DX) y los evaporadores de líquido bombeado, son examinados separadamente, porque existe algunas diferencias en los sistemas de control.

5.1 Control de expansión directa

Para diseñar el suministro de líquido para los evaporadores de expansión directa, deben cumplirse los siguientes requisitos:

- El refrigerante líquido suministrado al evaporador es evaporado completamente. Esto es necesario para proteger al compresor contra golpe de ariete.
- La temperatura media del evaporador es mantenida dentro del rango deseado.

La inyección líquida es controlada por una válvula de expansión que controla el recalentamiento, la cual mantiene el recalentamiento en la salida del evaporador dentro de un rango deseado. Esta

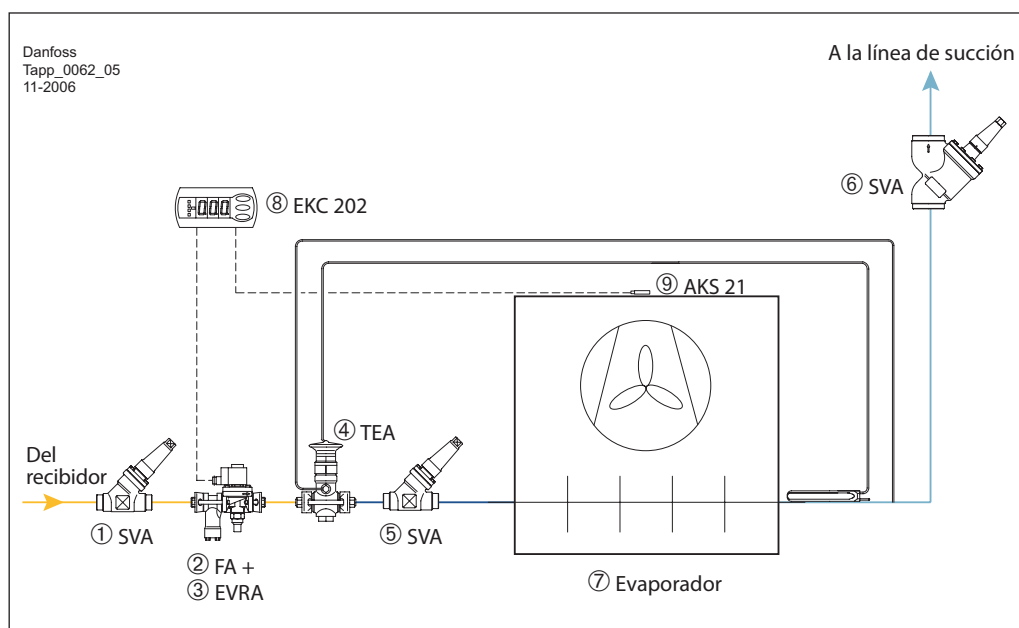
válvula de expansión puede ser una válvula de expansión termostática, o una válvula de expansión electrónica.

El control de temperatura es alcanzado normalmente por el control ON/OFF, el cual inicia el suministro de líquido para el evaporador de acuerdo con la temperatura media.

Ejemplo de aplicación 5.1.1:
El evaporador DX,
expansión termostática

- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)

- ① Entrada de líquido en la válvula de cierre
- ② Filtro
- ③ Válvula solenoide
- ④ Válvula de expansión Termostática
- ⑤ Válvula de retención entrada evaporador
- ⑥ Válvula de retención línea de succión
- ⑦ Evaporador
- ⑧ Termostato Digital
- ⑨ Sensor de temperatura



Ejemplo de aplicación 5.1.1 muestra una instalación típica para un evaporador DX sin descongelamiento de gas caliente.

La inyección líquida es controlada por una válvula de expansión termostática TEA ④, la cual mantiene el refrigerante recalentado en la salida del evaporador a un nivel constante. Las válvulas TEA son diseñadas para amoníaco. Danfoss también suministra válvulas de expansión termostática para refrigerantes fluorados.

La temperatura media es controlada por el termostato digital EKC 202 ⑧, el cual controla el interruptor on/off de la válvula solenoide EVRA ③ de acuerdo con la indicación de la temperatura media del sensor de temperatura AKS 21 ⑨ (PT 1000).

Esta solución también puede ser aplicado para evaporadores DX, con descongelamiento natural o eléctrico.

El descongelamiento natural es realizado parando el flujo del refrigerante para el evaporador, y manteniendo el ventilador en funcionamiento. El descongelamiento eléctrico es realizado parando el flujo de refrigerante para el evaporador y el ventilador y al mismo tiempo poniendo en marcha un calentador eléctrico dentro del bloque de aleta del evaporador.

Controlador del Evaporador EKC 202
El termostato digital controla todas las funciones del evaporador incluyendo el ventilador del termostato, descongelamiento y alarmas. Para más detalles, por favor vea el manual del EKC 202 de Danfoss.

Datos técnicos

	Válvula de expansión termostática - TEA
Refrigerantes	R717
Rango temperatura operacional [°C]	-50 a 30
Temp. máx. del bulbo [°C]	100
Máx. presión de trabajo [bar]	19
Capacidad nominal* [kW]	3,5 a 295

* Condiciones: -15°C/+32°C, ΔT_{sub} = 4°C

	Válvula solenoide - EVRA(T)
Refrigerantes	R717, R22, R134a, R404a, R410a, R744, R502
Rango temperatura media [°C]	-40 a +105
Máx. presión de trabajo [bar]	42
Capacidad nominal* [kW]	21,8 a 2368
Valor K _v [m³/h]	0,23 a 25,0

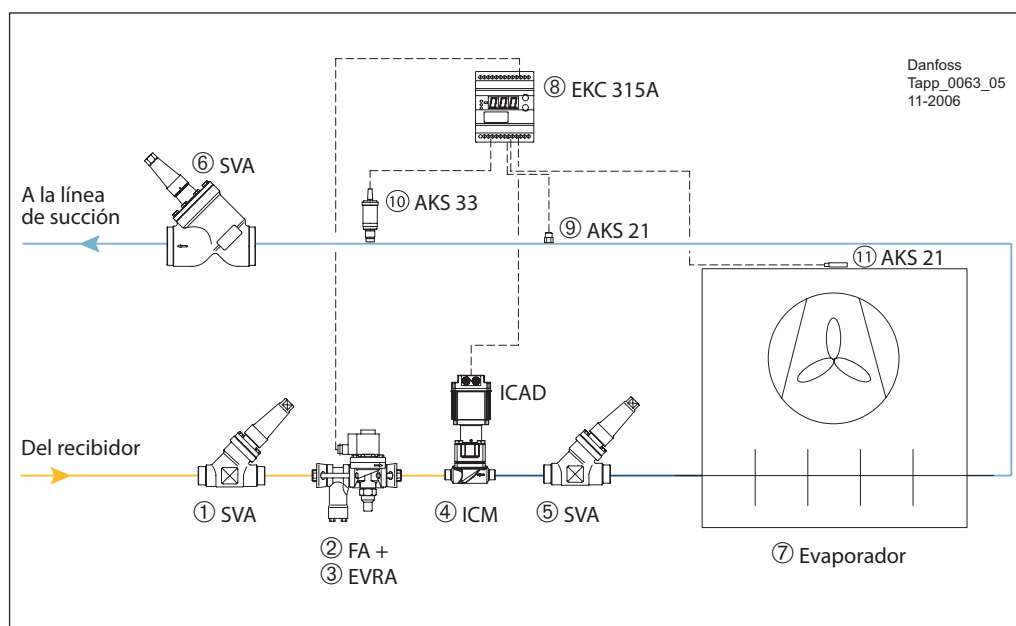
* Condiciones: R717, -10/+25°C, Δp = 0.15 bar

	Tamiz - FA
Refrigerantes	Amoníaco y refrigerantes fluorados
Rango temperatura media [°C]	-50 a +140
Máx. presión de trabajo [bar]	28
DN [mm]	15/20
Inserción del Filtro	Malla de acero inoxidable 150μ
Valor K _v [m³/h]	3,3/7,0

Ejemplo de aplicación 5.1.2:
Evaporador DX,
expansión electrónica

- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)

- ① Entrada de líquido en la válvula de cierre
- ② Filtro
- ③ Válvula solenoide
- ④ Válvula de expansión Termostática
- ⑤ Válvula de retención entrada evaporador
- ⑥ Válvula de retención línea de succión
- ⑦ Evaporador
- ⑧ Controlador
- ⑨ Sensor de temperatura
- ⑩ Transmisor de presión
- ⑪ Sensor de temperatura



Ejemplo de aplicación 5.1.2 muestra una instalación típica para un evaporador DX controlado electrónicamente sin descongelamiento de gas caliente.

La inyección de líquido es controlado por la Válvula motorizada -ICM ④ controlada por el controlador de evaporador tipo EKC 315 . El controlador EKC 315A ⑧ medirá el recalentamiento por medio del transmisor de presión AKS 33 ⑩ y el sensor de temperatura AKS 21 ⑨ en la salida del evaporador, y controlando la abertura del ICM con la finalidad de mantener el recalentamiento en nivel óptimo.

Al mismo tiempo, el controlador EKC 315 opera como un termostato digital, el cuál controlará el interruptor on/off de la válvula solenoide EVRA ③ dependiendo de la indicación de temperatura media del sensor de temperatura AKS 21 ⑩.

Comparado con la solución 5.1.1, esta solución operará el evaporador en un recalentamiento optimizado y adapta constantemente el grado de abertura de la válvula de inyección para asegurar la eficiencia y máxima capacidad. El área de superficie del evaporador será utilizada completamente. Además, esta solución ofrece una gran exactitud del control de temperatura media.

Controlador del Evaporador EKC 315A
El controlador digital controla todas las funciones del evaporador incluyendo el termostato, válvulas de expansión y alarmas.

Para más detalles, por favor vea el manual del EKC 315 de Danfoss.

Datos técnicos

	Válvula motorizada - ICM
<i>Materiales</i>	Cuerpo: Acero de baja temperatura
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerante comunes, incluso R717 y R744
<i>Rango Temp media [°C]</i>	-60 a 120
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	52
<i>DN [mm]</i>	20 a 65
<i>Capacidad nominal* [kW]</i>	224 a 14000

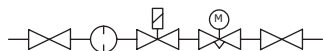
* Condiciones: R717, T_e = -10°C, Δp = 8.0 bar, ΔT_{sub} = 4K;

	Transmisor de presión - AKS 33
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerantes
<i>Alcance operacional [bar]</i>	1 hasta 34
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	Hasta 55
<i>Rango temperatura operacional [°C]</i>	-40 a 85
<i>Rango temperatura compensada [°C]</i>	LP: -30 a +40 HP: 0 a +80
<i>Señal de salida nominal</i>	4 a 20 mA

Ejemplo de aplicación 5.1.3:
Evaporador DX, expansión electrónica con solución de control ICF

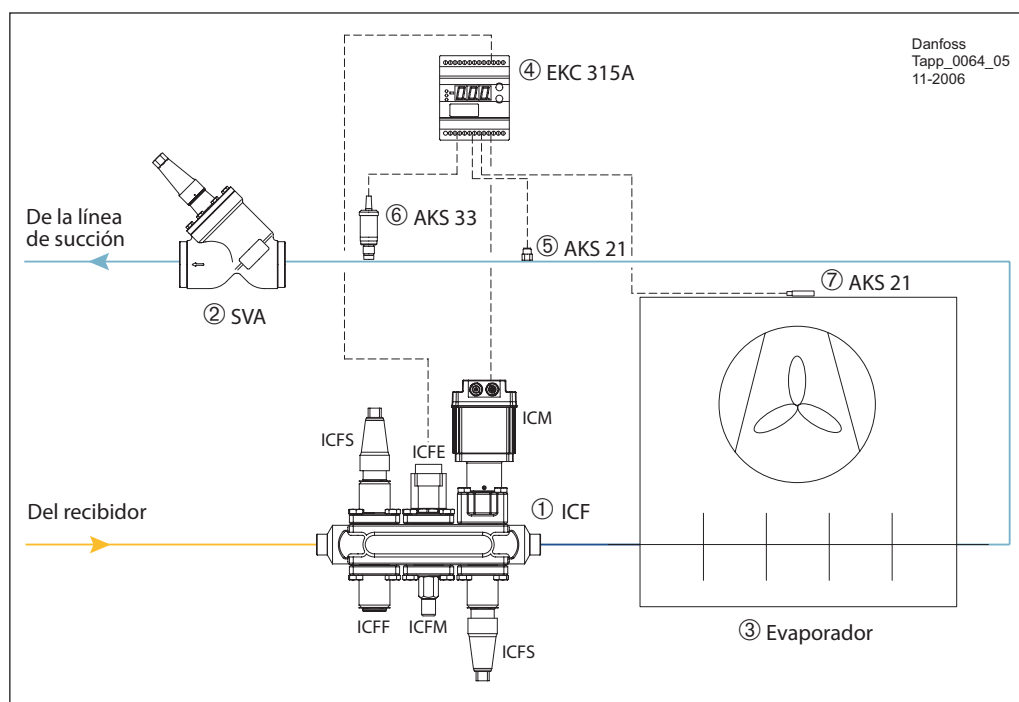
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)

① Solución de control ICF con:



- Filtro de entrada de líquido en la válvula de cierre.
- Válvula solenoide.
- Abertura manual.
- Válvula de expansión electrónica ICM.
- Válvula de retención entrada evaporador.

- ② Válvula de retención línea de succión
- ③ Evaporador
- ④ Controlador
- ⑤ Sensor de temperatura
- ⑥ Transmisor de presión
- ⑦ Sensor de temperatura



Danfoss
Tapp_0064_05
11-2006

Ejemplo de aplicación 5.1.3, muestra la nueva solución de control ICF para un evaporador DX controlado electrónicamente, sin descongelamiento de gas caliente, similar al ejemplo 5.1.2.

El ICF acomodará hasta seis diferentes módulos montados en la misma cubierta ofreciendo una solución de control compacta y fácil de instalar.

La inyección de líquido es controlada por la válvula motorizada ICM, la cual es controlada por el controlador de evaporador tipo EKC 315A ④. El controlador EKC 315 medirá el recalentamiento por medio del Transmisor de presión AKS 33 ⑥ y el sensor de temperatura AKS 21 ⑤ en la salida del evaporador, y control de la apertura de la válvula ICM, con la finalidad de mantener el recalentamiento en nivel óptimo.

Al mismo tiempo, el controlador EKC 315 opera como un termostato digital, el cuál controlará el interruptor on/off de la válvula solenoide ICFE, dependiendo de la indicación de temperatura media del sensor de temperatura AKS 21 ⑦.

evaporador en un recalentamiento optimizado y adaptará constantemente el grado de abertura de la válvula de inyección para asegurar la máxima capacidad y rendimiento. El área de superficie del evaporador será utilizada completamente. Además, esta solución ofrece una gran exactitud del control de temperatura media.

Controlador del Evaporador EKC 315A

El controlador digital controla todas las funciones del evaporador incluyendo el termostato, válvulas de expansión y alarmas.

Para más detalles, por favor vea el manual del EKC 315 de Danfoss.

5.2
Control de circulación
por bombas

Comparados con los sistemas de amoníaco DX, el control de los sistemas de circulación de bomba de amoníaco es más sencillo, porque un separador de bomba bien dimensionado protege al compresor de choques hidráulicos.

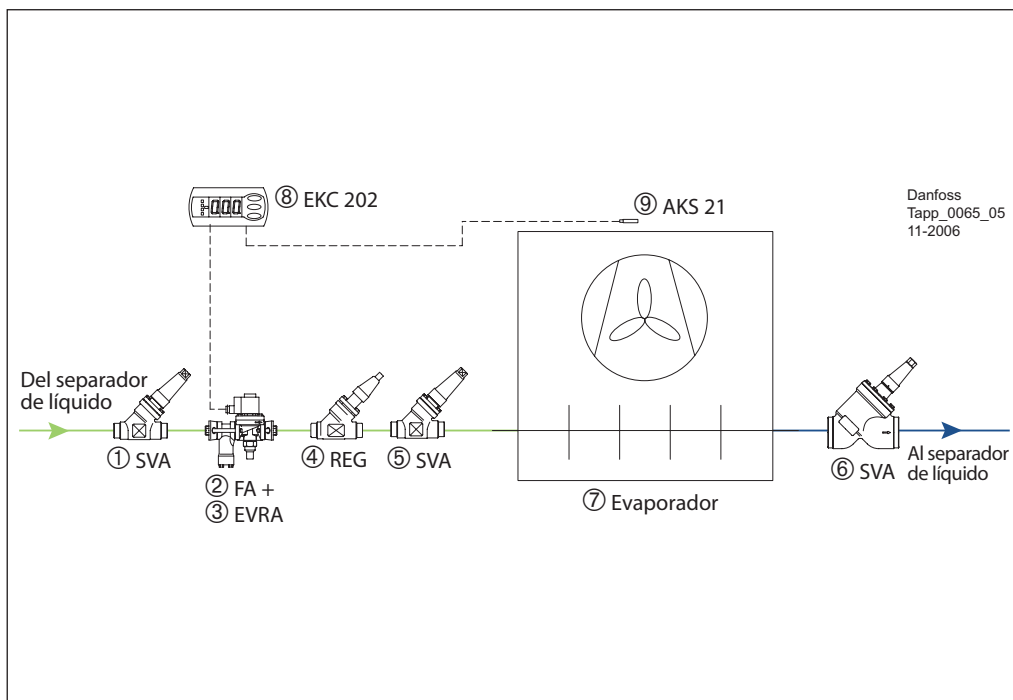
El control de evaporación también se simplifica, porque solo se requiere un control on/off básico del líquido.

El separador de la bomba asegura que sólo vuelve vapor refrigerante "seco" a los compresores.

Ejemplo de aplicación 5.2.1:
Evaporador de circulación
líquida bombeado, sin
descongelamiento de gas
caliente

■ Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
■ Refrigerante líquido de baja presión (LP)

- ① Entrada de líquido en la válvula de cierre
- ② Filtro
- ③ Válvula solenoide
- ④ Válvula de expansión manual
- ⑤ Válvula de retención entrada evaporador
- ⑥ Válvula de retención línea de succión
- ⑦ Evaporador
- ⑧ Termostato Digital
- ⑨ Sensor de temperatura



Danfoss
Tapp_0065_05
11-2006

El ejemplo de aplicación 5.2.1, muestra una instalación típica para un evaporador de circulación de líquido bombeado sin descongelamiento de gas caliente, y también puede ser aplicado a evaporadores de circulación de líquido bombeado, con descongelamiento natural o eléctrico.

la válvula de regulación manual REG ④. Es importante fijar esta válvula de regulación en el grado de apertura correcta. Un grado de apertura demasiado alto inducirá a una operación frecuente de la válvula solenoide con severo desgaste. Un grado de apertura demasiado bajo, dejará el evaporador sin refrigerante líquido.

La temperatura media es mantenida en el nivel deseado por el termostato digital EKC 202 ⑧, el cual controla el interruptor on/off de la válvula solenoide EVRA ③ de acuerdo con la indicación de la temperatura media, del sensor de temperatura AKS 21 ⑨ (PT 1000).

Controlador del Evaporador EKC 202
El termostato digital controlará todas las funciones del evaporador incluyendo el termostato, ventilador, descongelamiento y alarmas.

La cantidad de líquido inyectado en el evaporador es controlado por la apertura de

Para más detalles, por favor vea el manual del EKC 202 de Danfoss.

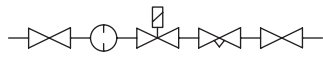
Datos técnicos

	Válvula de regulación - REG
<i>Materiales</i>	SAcero especial resistente al frío, aprobado para operación en baja temperatura
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerantes comunes no inflamables, incluyendo el R717.
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-50 a +150
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	40
<i>Presión de prueba [bar]</i>	Prueba de resistencia: 80 Prueba de fuga: 40
<i>Valor K, [m³/h]</i>	0,17 a 81,4 para válvulas abiertas completamente

Ejemplo de aplicación 5.2.2:
Evaporador de circulación líquida
bombeado, solución de control
ICF sin descongelamiento de gas
caliente

- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)

① Solución de control ICF con:



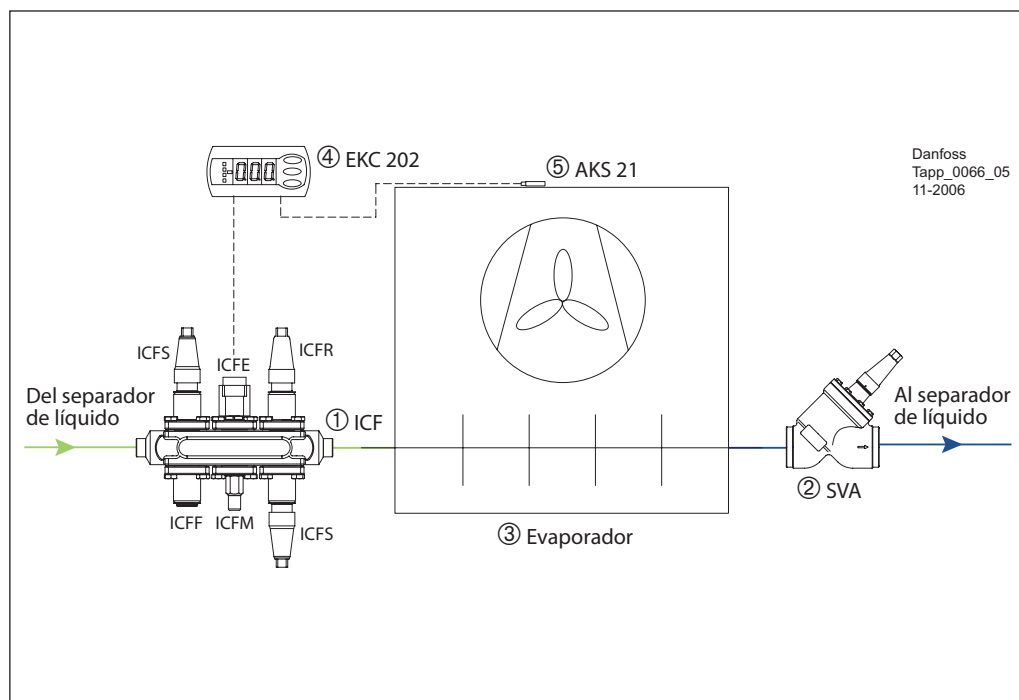
- Filtro de entrada de líquido en la válvula de cierre
- Filtro
- Válvula solenoide
- Apertura manual
- Válvula de expansión manual
- Válvula de retención entrada evaporador

② Válvula de retención línea de succión

③ Evaporador

④ Termostato Digital

⑤ Sensor de temperatura



Danfoss
Tapp_0066_05
11-2006

El ejemplo de aplicación 5.2.2 incluye la nueva solución de control ICF, operando idénticamente al ejemplo 5.2.1; también puede ser aplicado para evaporadores de circulación de líquido bombeado y descongelamiento eléctrico o natural. El ICF acomodará hasta seis diferentes módulos montados en la misma cubierta ofreciendo una solución de control compacta y fácil instalación.

La temperatura media es mantenida en el nivel deseado por el termostato digital EKC 202 ④, el cual controla el interruptor on/off de la válvula solenoide ICFE en el ICF de acuerdo con la indicación de la temperatura media del sensor de temperatura AKS 21 ⑤ (PT 1000).

La cantidad de líquido inyectado en el evaporador es controlado por la apertura de la

válvula de regulación manual ICFR. Es importante fijar esta válvula de regulación en el grado de apertura correcto. Un grado demasiado de apertura alto inducirá a una operación frecuente de la válvula solenoide con desgaste alto. Un grado de apertura demasiado bajo, dejará el evaporador sin refrigerante líquido.

Controlador del Evaporador EKC 202

El termostato digital controlará todas las funciones del evaporador incluyendo el termostato, ventilador, descongelamiento y alarmas.

Para más detalles, por favor vea el manual del EKC 202 de Danfoss.

5.3 Descongelamiento por gas caliente para enfriadores a aire

En aplicaciones donde el enfriador de aire opera a temperaturas de evaporación inferiores a 0°C, formará escarcha en la superficie del intercambiador de calor, aumentando el espesor con el tiempo. La acumulación de escarcha lleva a una caída en el rendimiento del evaporador por la reducción del coeficiente de la transferencia de calor y bloqueo de la circulación de aire al mismo tiempo. Por lo tanto, estos enfriadores de aire deben ser descongelados periódicamente para mantener su funcionamiento al nivel deseado.

Distintos tipos de descongelamiento, utilizados comúnmente en la refrigeración industrial son:

- Descongelamiento natural
- Descongelamiento eléctrico
- Descongelamiento por gas caliente

El descongelamiento natural es realizado parando el flujo del refrigerante para el evaporador, y manteniendo el ventilador en funcionamiento. Este puede ser usado solamente para temperatura ambiente superiores a 0°C. El tiempo de descongelamiento resultante es mayor. El descongelamiento eléctrico es realizado

parando el flujo de refrigerante y el ventilador del evaporador y al mismo tiempo poniendo en marcha un calentador eléctrico dentro del bloque de aleta del evaporador. Con la función de reloj y/o un termostato descongelador acabado, la descongelación puede terminarse, cuando la superficie del intercambiador de calor esté completamente libre de hielo. Mientras esta solución es fácil de instalar y la inversión inicial baja, los costos operacionales (electricidad) son considerablemente más elevados que para otras soluciones.

Para sistemas de descongelamiento de gas caliente, el gas caliente deberá inyectarse en el evaporador para descongelar la superficie. Esta solución requiere más controles automáticos que otros sistemas, pero tiene el costo de operación más bajo con el transcurso del tiempo. Un efecto positivo de la inyección de gas caliente en el evaporador es la remoción y retorno de aceite. Para asegurar una suficiente capacidad de gas caliente, esta solución debe ser utilizado solamente en sistemas de refrigeración con tres o más evaporadores. Sólo un tercio del total de la capacidad total del evaporador puede ser descongelado en un momento dado.

*Ejemplo de aplicación 5.3.1:
Evaporador DX, con sistema de
descongelamiento de gas
caliente*

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)

Línea de líquido

- ① Entrada de líquido en la válvula de cierre
- ② Filtro
- ③ Válvula solenoide
- ④ Válvula de Expansión
- ⑤ Válvula de retención entrada evaporador

Línea de Succión

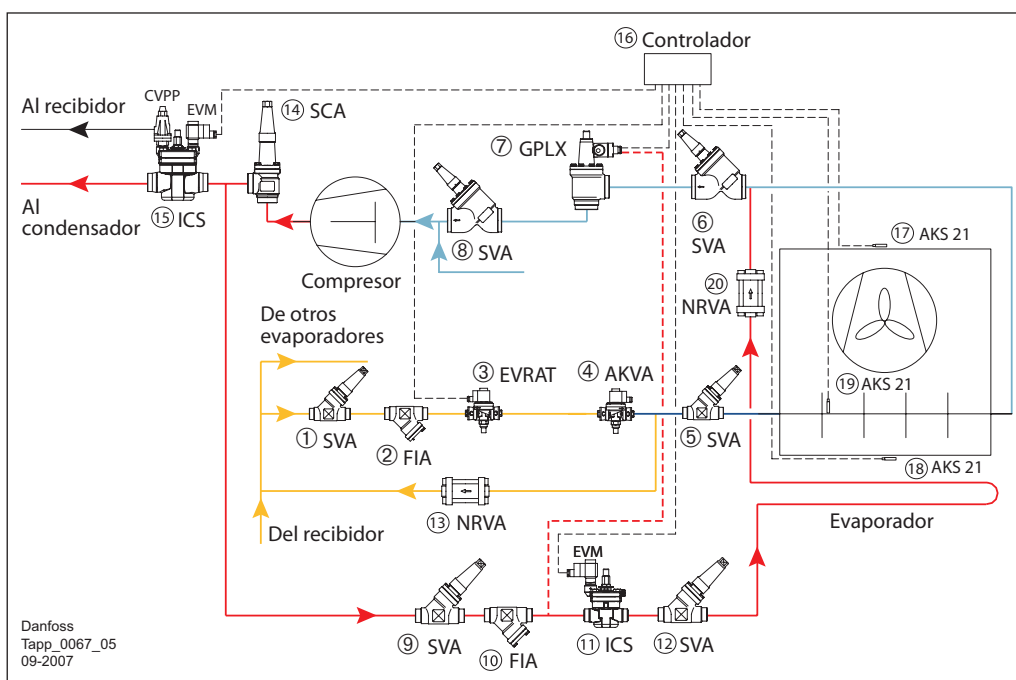
- ⑥ Válvula de retención entrada evaporador
- ⑦ Válvula solenoide de dos tiempos
- ⑧ Válvula de retención línea de succión

Línea de gas caliente

- ⑨ Válvula de cierre
- ⑩ Filtro
- ⑪ Válvula solenoide
- ⑫ Válvula de cierre
- ⑬ Válvula de retención

Línea de descarga

- ⑭ Válvula de cierre de retención en línea de descarga
- ⑮ Regulador de presión diferencial
- ⑯ Controlador
- ⑰ Sensores de temperatura
- ⑱ Sensores de temperatura
- ⑲ Sensores de temperatura
- ⑳ Válvula de retención



El ejemplo de aplicación ilustrado anteriormente, es un sistema evaporador DX con descongelamiento de gas caliente. Mientras que este método de descongelamiento no es común, aun así es menor para los sistemas de evaporador de amoníaco DX y más aplicable a sistemas fluorados.

Ciclo de refrigeración

La válvula servoaccionada ICS ③ en la línea de líquido es mantenida abierta por su válvula piloto de solenoide EVM. La inyección líquida es controlada por la válvula de expansión electrónica AKVA ④.

La Válvula solenoide GPLX ⑦ en la línea de succión se mantiene abierta y la válvula de solenoide ICS ⑪ de descongelamiento, se mantiene cerrada por su válvula piloto de solenoide EVM. La válvula de retención NRVA ⑬ previene la formación de hielo en la bandeja colectora.

La válvula servoaccionada ICS ⑮ es mantenida abierta por su válvula piloto de solenoide EVM.

Ciclo de descongelamiento

Después del inicio del ciclo de descongelamiento, la válvula solenoide de suministro de líquido ICS ③ es cerrada. El ventilador es mantenido en operación por 120 a 600 segundos, dependiendo del tamaño del evaporador con el fin de bombear debajo del evaporador del líquido.

Los ventiladores son detenidos y el GPLX ⑦ es cerrado. Esto toma de 45 a 700 segundos para cerrar la Válvula solenoide accionada por gas GPLX dependiendo del tamaño de la válvula, del refrigerante y de la temperatura de evaporación. Además un atraso de 10 a 20 segundos, es requerido para que el líquido en el evaporador se asiente en el fondo sin burbujas de vapor. La Válvula solenoide ICS ⑪ después es abierta por su válvula piloto de solenoide EVM y suministra gas caliente al evaporador.

Durante el ciclo de descongelamiento, la válvula piloto solenoide EVM de la válvula servoaccionada ICS ⑮ es cerrada a fin de que ICS ⑮ sea controlado por el piloto de presión diferencial CVPP.

ICS ⑮ luego crea una presión diferencial entre presión de gas caliente y presión del recibidor. Esta caída de presión garantiza que el líquido el cual está condensado durante el descongelamiento, sea forzado fuera en la línea del líquido a través de la válvula de retención NRVA ⑬.

Cuando la temperatura en el evaporador (medida por AKS 21 ⑲) alcanza el valor deseado, el descongelamiento termina, la válvula solenoide ICS ⑪ es cerrada, la válvula solenoide EVM para ICS ⑮ es abierta y la Válvula solenoide GPLX ⑦ es abierta.

Debido a la alta presión diferencial entre el evaporador y la línea de succión, es necesario usar una válvula solenoide de dos etapas como Danfoss GPLX o PMLX. GPLX/PMLX tendrán sólo una capacidad de 10% en alta presión diferencial, permitiendo que la presión sea ecualizada antes de abrirse completamente, para garantizar una buena operación y evitar flujo intermitente de líquido en la línea de succión.

Después que GPLX se abre completamente, ICS ③ es abierto para reiniciar el ciclo de refrigeración. El ventilador es iniciado después de atrasarse, con el fin de refrigerar las gotitas líquidas que quedaron en la superficie del evaporador.

Datos técnicos

	Válvula servoaccionada piloto - ICS
<i>Materiales</i>	Cuerpo: Acero de baja temperatura
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerante comunes, incluso R717 y R744
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-60 a 120
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	52
<i>DN [mm]</i>	20 a 80
<i>Capacidad nominal* [kW]</i>	En línea de gas caliente: 20,9 a 864 En línea de líquido sin cambio de fase: 55 a 2248

* Condiciones: R717, $T_{liq} = 30^{\circ}C$, $P_{disch.} = 12bar$, $\Delta P = 0.2bar$, $T_{disch.} = 80^{\circ}C$, $T_e = -10^{\circ}C$, Relación de Recirculación = 4

	Válvula solenoide de dos pasos alimentada por gas - GPLX	Válvula solenoide de dos pasos alimentada por gas - PMLX
<i>Materiales</i>	Cuerpo: Acero de baja temperatura	Cuerpo: Hierro fundido de baja temp
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerantes comunes no inflamables, incluyendo R717.	Todos los refrigerantes comunes no inflamables, incluyendo
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-60 a 150	-60 a 120
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	40	28
<i>DN [mm]</i>	80 a 150	32 a 150
<i>Capacidad nominal* [kW]</i>	En línea de succión de seco: 442 a 1910 Sobre la línea de succión húmeda: 279 a 1205	En línea de succión seco: 76 a 1299 Sobre la línea de succión húmeda: 48 a 820

* Condiciones: R717, $\Delta P = 0.05 bar$, $T_e = -10^{\circ}C$, $T_{liq} = 30^{\circ}C$, Relación de Recirculación = 4

	Válvula de retención - NRVA
<i>Materiales</i>	Cuerpo: Acero
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerantes comunes, incluyendo el R717
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-50 a 140
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	40
<i>DN [mm]</i>	15 a 65
<i>Capacidad nominal* [kW]</i>	En línea de líquido sin cambio de fase: 160.7 a 2411

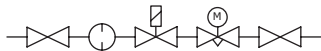
* Condiciones: R717, $\Delta P = 0.2 bar$, $T_e = -10^{\circ}C$, Relación de Recirculación = 4

	Filtro - FIA
<i>Materiales</i>	Cuerpo: Acero
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerantes comunes, incluyendo el R717
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-60 a 150
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	40
<i>DN [mm]</i>	15 a 200
<i>Inserción del Filtro</i>	Trama de acero inoxidable 100/150/250/500 μ

Ejemplo de aplicación 5.3.2:
Evaporador DX, con sistema de descongelamiento de gas caliente con solución de control ICF

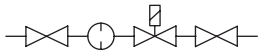
- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)

① Línea de líquido ICF con:



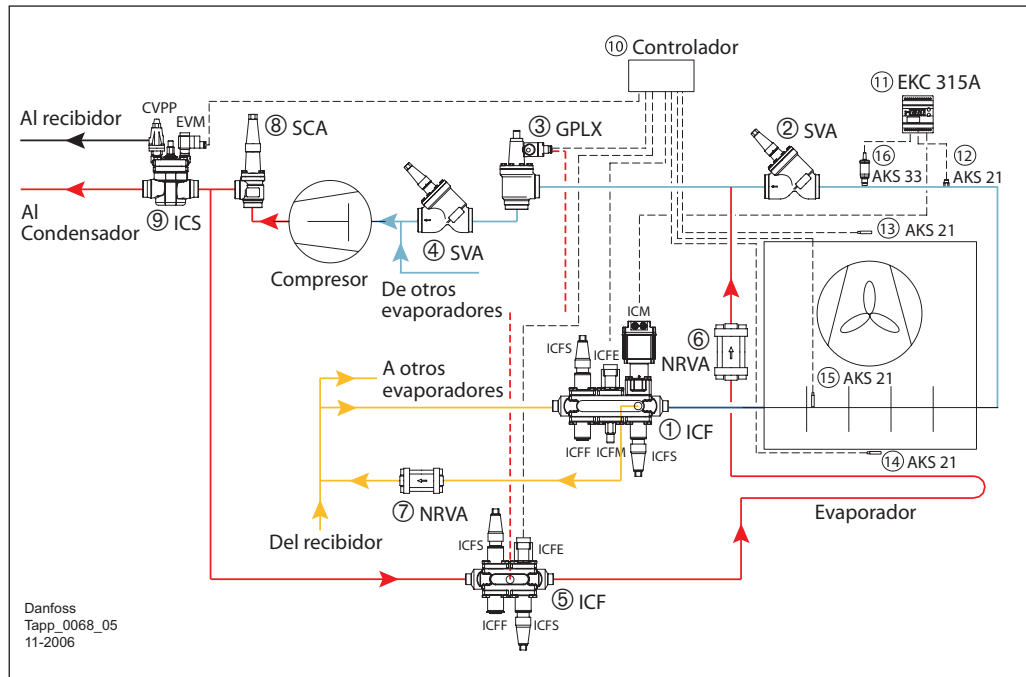
- Filtro de entrada de líquido en la válvula de cierre
- Válvula solenoide
- Abertura manual
- Válvula de expansión ICM
- Válvula de retención entrada evaporador

- ② Válvula de cierre de salida del evaporador
- ③ Válvula solenoide de dos etapas
- ④ Válvula de retención línea de succión
- ⑤ Línea de gas caliente ICF con:



- Válvula de Cierre
- Filtro
- Válvula solenoide
- Válvula de cierre

- ⑥ Válvula de retención
- ⑦ Válvula de retención
- ⑧ Válvula de cierre de retención en línea de descarga
- ⑨ Regulador de presión diferencial
- ⑩ Controlador
- ⑪ Controlador de Recalentamiento
- ⑫ Sensores de temperatura
- ⑬ Sensores de temperatura
- ⑭ Sensores de temperatura
- ⑮ Sensores de temperatura
- ⑯ Transmisor de presión



Ejemplo de aplicación 5.3.2 muestra una instalación para evaporadores DX con descongelamiento por gas caliente usando la nueva solución de control ICF.

El ICF contendrá hasta seis diferentes módulos, montados en la misma cubierta ofreciendo una solución de control compacta y fácil de instalar.

Ciclo de refrigeración

La válvula solenoide ICFE en el ICF ① en la línea de líquido, es mantenida abierta. La inyección de líquido es controlada por la válvula motorizada ICM en el ICF ①.

La válvula solenoide GPLX ③ en la línea de succión se mantiene abierta y la válvula solenoide de descongelamiento ICFE en ICF ⑤ se mantiene cerrada.

La válvula servoaccionada ICS ⑨ es mantenida abierta por su válvula piloto solenoide EVM.

Ciclo de descongelamiento

Después del inicio del ciclo de descongelamiento, La solenoide de suministro de líquido ICFE en ICF ① es cerrado. El ventilador es mantenido en operación por 120 a 600 segundos, dependiendo del tamaño del evaporador con el fin de bombear debajo del evaporador del líquido.

Los ventiladores son detenidos y el GPLX es cerrado. Esto toma de 45 a 700 segundos para cerrar la Válvula solenoide accionada por gas GPLX ③ dependiendo del tamaño de la válvula, del refrigerante y de la temperatura de evaporación. Además, se requiere un atraso de 10 a 20 segundos para que el líquido en el evaporador se asiente en el fondo sin burbujas de vapor. La válvula solenoide ICFE en ICF ⑤ luego es abierta y suministra gas caliente al evaporador.

Durante el ciclo de descongelamiento, la válvula piloto solenoide EVM para la válvula servoaccionada ICS ⑨ es cerrada a fin de que ICS ⑨ sea controlado por el piloto de presión diferencial CVPP. ICS ⑨ luego crea una presión diferencial Δp entre presión de gas caliente y presión del recibidor. Esta caída de presión garantiza que el líquido el cual está condensado durante el descongelamiento, sea forzado fuera en la línea del líquido a través de la válvula de retención NRVA ⑦.

Cuando la temperatura en el evaporador (medida por AKS 21 ⑬) alcanza el valor del sistema, termina el descongelación, la válvula solenoide ICFE en ICF ⑤ es cerrada, el piloto EVM de la Válvula solenoide para ICS ⑨ es abierta y la Válvula solenoide GPLX es abierta.

Debido a la alta presión diferencial entre el evaporador y la línea de succión, es necesario usar una válvula solenoide de dos etapas como Danfoss GPLX ③ o PMLX. GPLX ③/PMLX tendrán sólo una capacidad de 10 % en alta presión diferencial, permitiendo que la presión sea equalizada antes de abrirse completamente, para garantizar una buena operación y evitar flujo intermitente de líquido en la línea de succión.

Después que GPLX ③ se abre completamente, la Válvula solenoide de suministro de líquido ICFE en ICF ① es abierta para iniciar el ciclo de refrigeración. El ventilador es iniciado después de atrasarse, con el fin de refrigerar las gotitas líquidas que quedaron en la superficie del evaporador.

5.4 Descongelamiento por gas caliente para circulación de líquido bombeado en difusores enfriados por aire

Ejemplo de aplicación 5.4.1: Evaporador de circulación de líquido bombeado, con sistema de descongelamiento de gas caliente

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)

Línea de líquido

- ① Entrada de líquido en la válvula de cierre
- ② Filtro
- ③ Válvula solenoide
- ④ Válvula de retención
- ⑤ Válvula de Expansión
- ⑥ Válvula de retención entrada evaporador

Línea de Succión

- ⑦ Válvula de retención entrada evaporador
- ⑧ Válvula solenoide de dos tiempos
- ⑨ Válvula de retención línea de succión

Línea de gas caliente

- ⑩ Válvula de cierre
- ⑪ Filtro
- ⑫ Válvula solenoide
- ⑬ Válvula de cierre
- ⑭ Válvula de retención

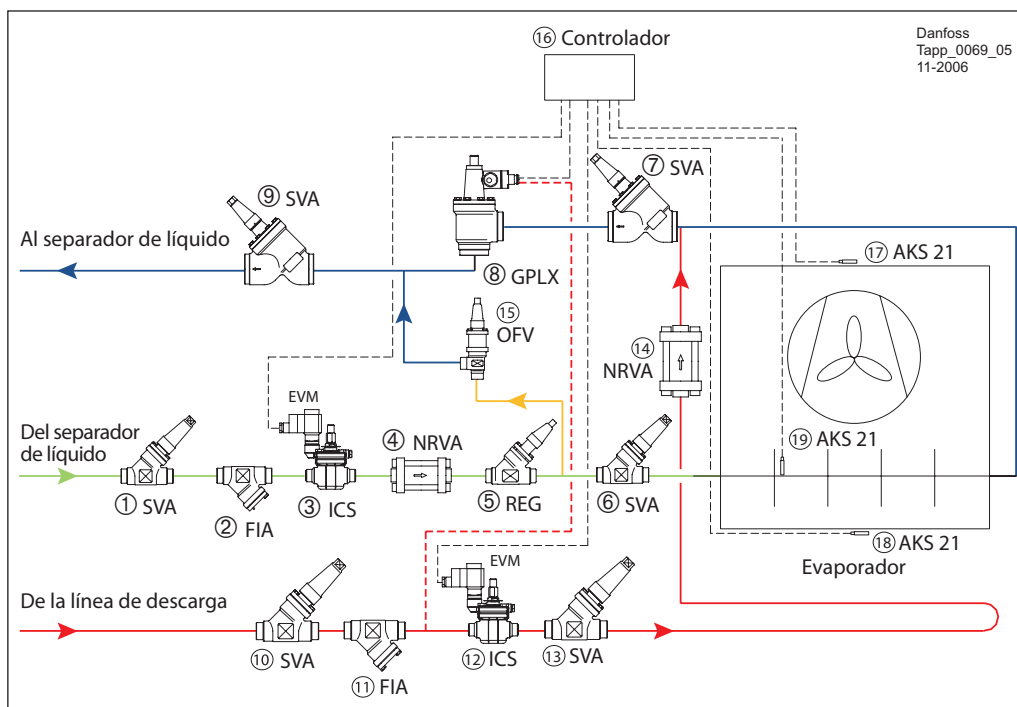
Línea de descarga

- ⑮ Válvula de cierre de retención en línea de descarga

Controles

- ⑯ Controlador
- ⑰ Sensor de temperatura
- ⑱ Sensor de temperatura
- ⑲ Sensor de temperatura

Datos técnicos



Danfoss
Tapp_0069_05
11-2006

El ejemplo de aplicación 5.4.1 muestra una instalación típica para evaporador de circulación de líquido bombeado con descongelamiento por gas caliente.

Ciclo de refrigeración

La válvula solenoide ICS ③ en la línea de líquido se mantiene abierta. La inyección líquida es controlada por la válvula de regulación manual REG ⑤.

La válvula solenoide GPLX ⑧ en la línea de succión se mantiene abierta y la válvula solenoide de descongelamiento ICS ⑫ se mantiene cerrada.

Ciclo de descongelamiento

Después del inicio del ciclo de descongelamiento, la solenoide de suministro líquido ICS ③ es cerrado. El ventilador es mantenido en operación por 120 a 600 segundos, dependiendo del tamaño del evaporador con el fin de bombear debajo del evaporador del líquido.

Los ventiladores son detenidos y el GPLX es cerrado. Esto toma de 45 a 700 segundos para cerrar la válvula solenoide GPLX ⑧ accionada por gas, dependiendo del tamaño de la válvula, del refrigerante y de la temperatura de evaporación. Además, se requiere un atraso de 10 a 20

segundos para que el líquido en el evaporador se asiente en el fondo sin burbujas de vapor. La válvula solenoide ICS ⑫ luego es abierta y suministra gas caliente al evaporador.

Durante el ciclo de descongelamiento, la válvula de descarga OFV ⑮ se abre automáticamente conforme la presión diferencial. La válvula de descarga permite que el gas caliente condensado del evaporador sea liberado en la línea de succión húmeda. El OFV también puede ser reemplazado con un regulador de presión ICS+CVP dependiendo de la capacidad o una válvula de flotador de alta presión SV1/3 la cual sólo drena en el lado de baja presión.

Cuando la temperatura en el evaporador (medida por AKS 21 ⑱) alcanza el valor deseado, el descongelamiento termina, la válvula solenoide ICS ⑫ es cerrada y la Válvula solenoide de dos tiempos GPLX ⑧ es abierta.

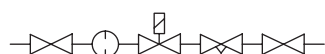
Después que GPLX se abre completamente, la válvula solenoide de suministro de líquido ICS ③ es abierta para iniciar el ciclo de refrigeración. El ventilador es iniciado después de atrasarse, con el fin de refrigerar las gotitas líquidas que quedaron en la superficie del evaporador.

	Válvula de descarga - OFV
Materiales	Cuerpo: Acero
Refrigerantes	Todos los refrigerantes comunes, incluyendo el R717
Rango de temperatura media [°C]	-50 a 150
Máx. presión de trabajo [bar]	40
DN [mm]	20/25
Abriendo rango de presión diferencial [bar]	2 a 8

Ejemplo de aplicación 5.4.2:
Evaporador de circulación por
por bomba, con sistema de
descongelamiento de gas
caliente usando válvula ICF
central y válvula flotador SV 1/3

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)

① Línea de líquido ICF con:



- Entrada de líquido en la válvula de cierre
- Filtro
- Válvula solenoide
- Válvula de retención
- Válvula de expansión manual
- Válvula de retención entrada evaporador

② Válvula de cierre de salida del evaporador

③ Válvula solenoide de dos etapas

④ Válvula de retención línea de succión

⑤ Línea de gas caliente ICF con:



- Válvula de Cierre
- Filtro
- Válvula solenoide
- Válvula de cierre

⑥ Válvula de retención

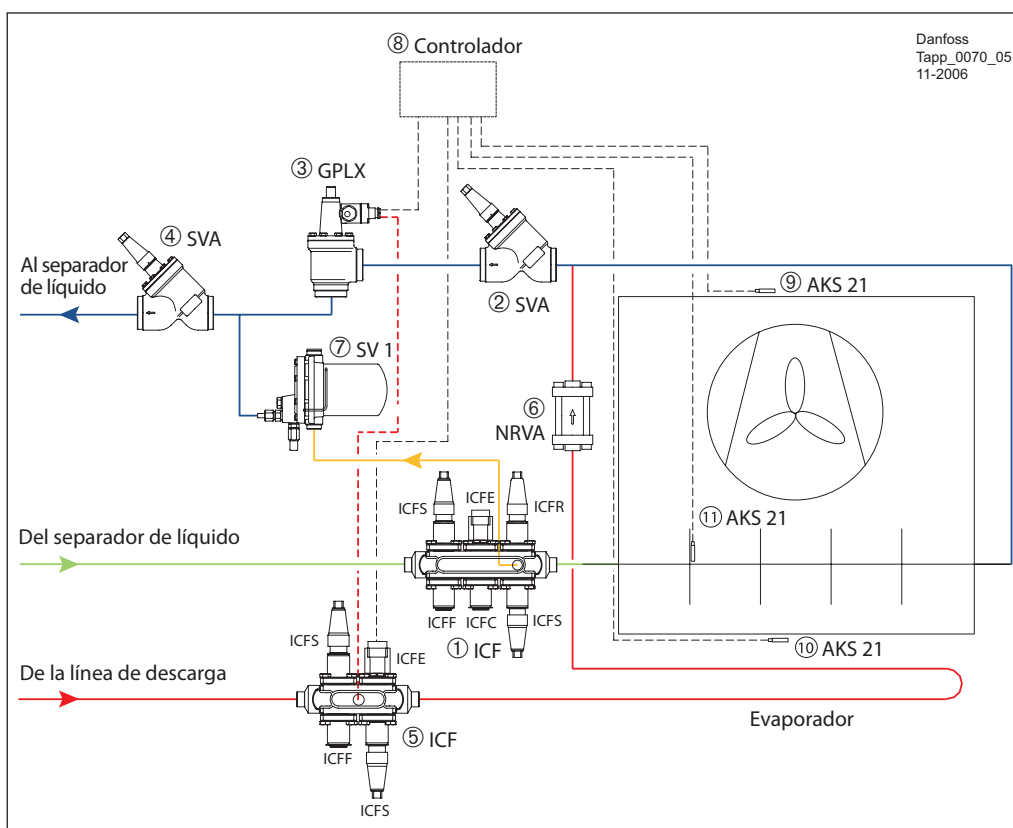
⑦ Válvula de flotador

⑧ Controlador

⑨ Sensores de temperatura

⑩ Sensores de temperatura

⑪ Sensores de temperatura



Danfoss
Tapp_0070_05
11-2006

El ejemplo de aplicación 5.4.2 muestra una instalación para evaporadores de circulación de líquido bombeado con descongelamiento de gas caliente usando la nueva solución de control ICF y la válvula de flotador SV 1/3.

El ICF acomodará hasta seis diferentes módulos montados en la misma cubierta ofreciendo una solución de control compacta y fácil de instalar.

Ciclo de refrigeración

La válvula solenoide ICFE en ICF ① en la línea de líquido, se mantiene abierta. La inyección líquida es controlada por la válvula de regulación manual ICFR en ICF ①.

La Válvula solenoide GPLX ③ en la línea de succión se mantiene abierta y la válvula de solenoide de descongelamiento ICFE en ICF ⑤ se mantiene cerrada.

Ciclo de descongelamiento

Después del inicio del ciclo de descongelamiento, la solenoide de suministro líquido módulo ICFE de la ICF es cerrado. El ventilador es mantenido en operación por 120 a 600 segundos, dependiendo del tamaño del evaporador con el fin de bombear debajo del evaporador del líquido.

Los ventiladores son detenidos y el GPLX es cerrado. Esto toma de 45 a 700 segundos para cerrar la Válvula solenoide GPLX ③ accionada por gas, dependiendo del tamaño de la válvula, del refrigerante y de la temperatura de evaporación. Además, se requiere un atraso

de 10 a 20 segundos para que el líquido en el evaporador se asiente en el fondo sin burbujas de vapor. La válvula solenoide ICFE en ICF ⑤ luego es abierta y suministra gas caliente al evaporador.

Durante el ciclo de descongelamiento, el gas caliente condensado del evaporador es inyectado dentro del lado de baja presión. La inyección es controlada por la válvula flotador de alta presión SV 1 o 3 ⑦ completa con un kit interno especial. Comparado a la válvula de descarga OFV en la solución 5.4.1, esta válvula flotador controla la descarga de acuerdo con el nivel de líquido en el cuerpo del flotador.

El uso de una válvula de flotador asegura que el gas caliente no abandone el evaporador hasta que se haya licuado, lo que produce un aumento del rendimiento general. Además, la válvula de flotador está diseñada específicamente para control de modulación, proporcionando una solución de control muy estable.

Cuando la temperatura en el evaporador (medida por AKS 21 ⑩) alcanza el valor deseado, el descongelamiento termina, la válvula de solenoide ICFE en ICF ⑤ es cerrada y después de un breve atraso la Válvula solenoide GPLX ③ (ID es abierta).

Después que GPLX se abre completamente, la Válvula solenoide de suministro de líquido ICFE en ICF ① es abierta para iniciar el ciclo de refrigeración. El ventilador es iniciado después de atrasarse, con el fin de refrigerar las gotitas líquidas que quedaron en la superficie del evaporador.

5.5
Convertidor de
multi-temperatura

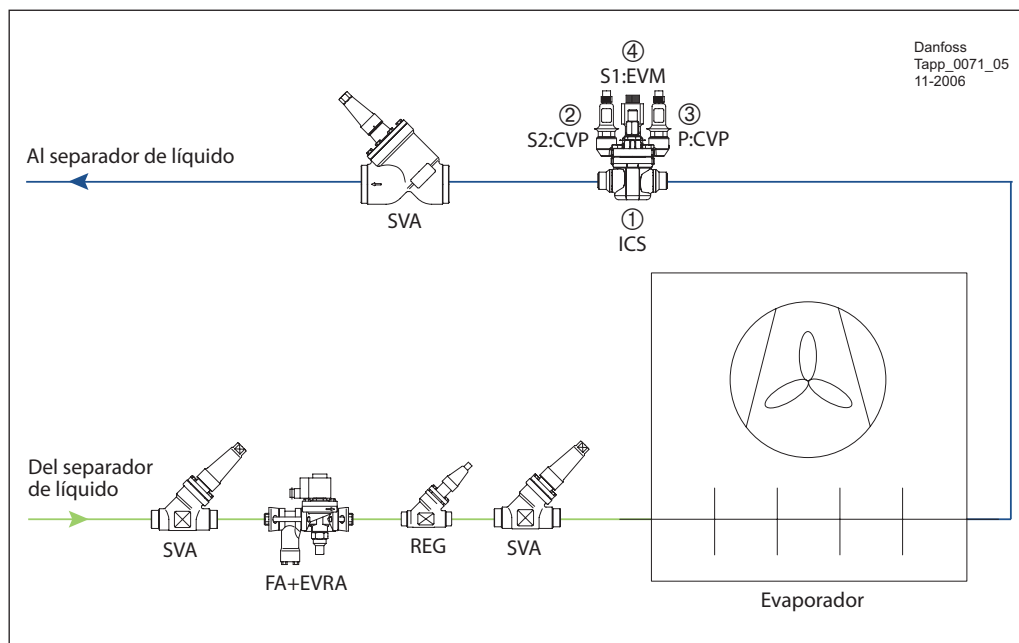
En los procesos industriales, es muy común usar un evaporador para diferentes temperaturas.

Cuando la operación de un evaporador es requerida para dos diferentes presiones de evaporación fijadas, esto puede ser alcanzado al usar una válvula servoaccionada ICS con dos pilotos de presión constante.

Ejemplo de aplicación 5.5.1:
Control de presión de evaporación, convertidor entre dos presiones

- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)

- ① Válvula de regulación de presión
- ② Válvula piloto de regulación de presión
- ③ Válvula piloto de regulación de presión
- ④ Válvula piloto solenoide



El ejemplo de aplicación 5.5.1 muestra una solución para controlar dos presiones de evaporación en evaporadores. Esta solución puede ser usada para DX o evaporadores de circulación líquida bombeados con cualquier tipo de sistema de descongelamiento.

La válvula servoaccionada ICS es equipada con un piloto de Válvula solenoide EVM (NC) en el puerto S1 y dos pilotos de presión constante CVP en los puertos S2 y P respectivamente.

La CVP I puerto S2 es ajustada en la función de presión más baja y el CVP en el puerto P es ajustada a la función de presión más alta.

Cuando el solenoide en el puerto S1 es energizado, la presión del evaporador seguirá la configuración del piloto CVP en el puerto S1. Cuando el solenoide es desenergizado, la presión del evaporador seguirá la configuración del piloto CVP en el puerto P.

Ejemplo:

	I	II
Salida de temperatura del aire	+3°C	+8°C
Temperatura de evaporación	-2°C	+2°C
Cambio de temperatura	5K	6K
Refrigerante	R22	R22
Presión de temperatura	3,6 bar	4,4 bar

S2: CVP es programado a 3,6 bar y
P: CVP es programado a 4,4 bar.

- I: El piloto EVM se abre.
Por lo tanto, la presión de evaporación es controlada por S2: CVP.
- II: El piloto EVM se cierra.
Por lo tanto, la presión de evaporación es controlada por P: CVP

5.6
Control de temperatura precisa

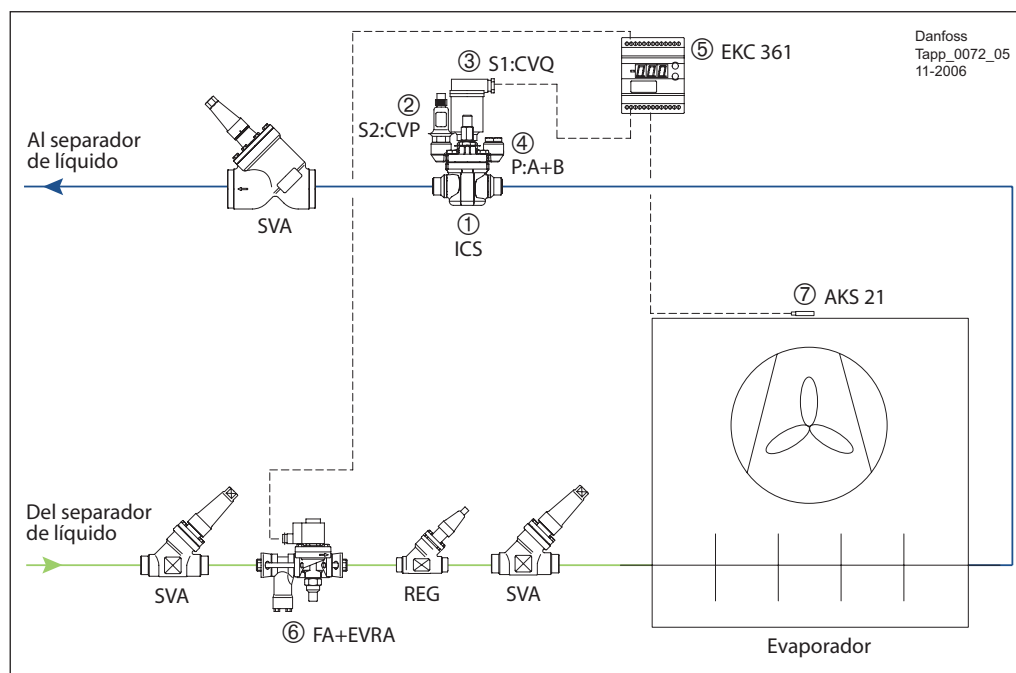
Las soluciones son suministradas donde hay requisitos estrictos para el control de temperatura exacta en plantas de refrigeración. Por ej.:

- Cámara frigorífica para frutas y productos alimenticios
- Areas de proceso en la industria alimenticia
- Enfriadores de liquido

Ejemplo de aplicación 5.6.1: Control de temperatura precisa usando válvula operada por piloto ICS

■ Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
■ Refrigerante líquido de baja presión (LP)

- ① Válvula de regulación de presión
- ② Válvula piloto de regulación de presión
- ③ Válvula de piloto electrónico
- ④ Tapón
- ⑤ Controlador
- ⑥ Válvula solenoide con filtro
- ⑦ Sensor de temperatura



Ejemplo de aplicación 5.6.1 muestra una solución para el control exacto de temperatura media. Además, hay una necesidad de proteger el evaporador de presión demasiado baja para evitar congelar los productos en uso.

Esta solución puede ser usada para DX o evaporadores de circulación líquida bombeados con cualquier tipo de sistema de descongelamiento.

El tipo de válvula de control ICS 3 con CVQ en el puerto S2, controlada por un controlador medio de temperatura EKC 361 y CVP en el puerto S1. El puerto P es aislado, usando el tapón obturador A+B.

El CVP es ajustado de acuerdo con la presión más baja, dejada para la aplicación.

El controlador de temperatura media EKC 361 controlará la temperatura en la aplicación al nivel deseado, al controlar la abertura de la válvula piloto CVQ y por esa razón, controlando la presión de evaporización para igualar la carga de enfriamiento requerida y la temperatura.

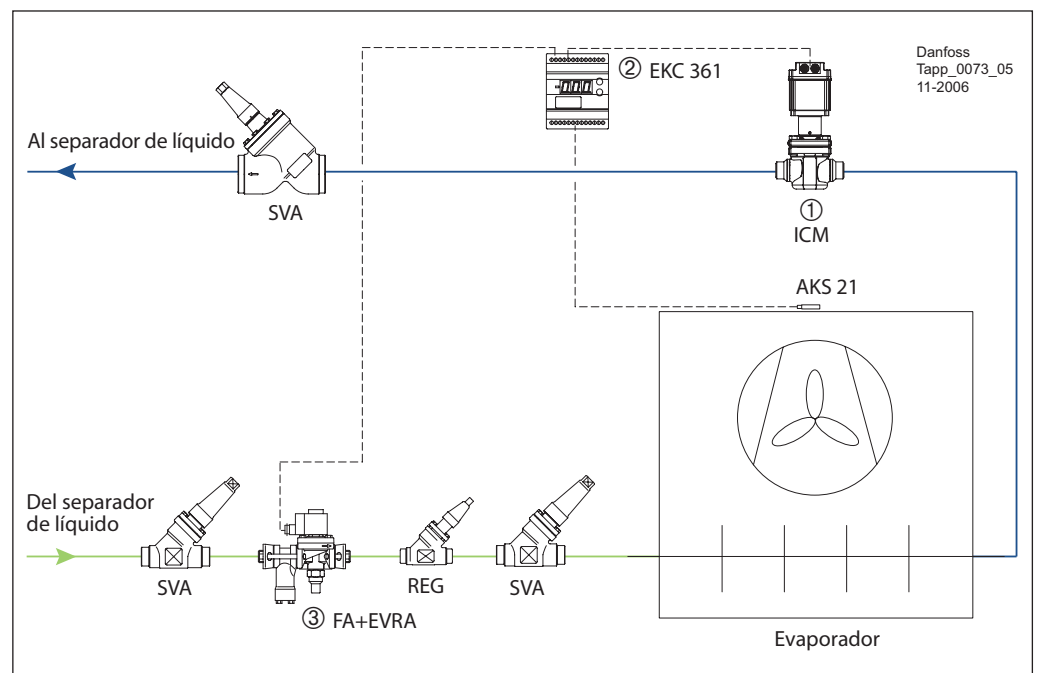
Esta solución controlará la temperatura con una precisión de +/- 0.25°C. Si la temperatura falla por debajo de este rango, el controlador EKC puede cerrar la válvula solenoide en la línea de líquido.

El controlador de temperatura EKC 361 controlará todas las funciones del evaporador, incluyendo termostato y alarmas.

Para más detalles, vea el manual del controlador EKC 361.

Ejemplo de aplicación 5.6.2:
Control de temperatura media
usando válvula operada directa

- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)
- ① Regulador de presión (válvula motorizada)
- ② Controlador
- ③ Válvula solenoide con filtro



Danfoss
Tapp_0073_05
11-2006

Ejemplo de aplicación 5.6.2 muestra una solución para el control exacto de temperatura media sin control de ON/OFF.

Este diseño puede ser usado para DX o evaporadores de circulación líquida bombeados con cualquier tipo de sistema de descongelamiento.

Es seleccionado el tipo de válvula motorizada ICM controlada por el controlador de temperatura medio EKC 361.

El controlador de temperatura media EKC 361 controlará la temperatura en la aplicación al nivel deseado, al controlar el grado de abertura de la válvula motorizada ICM y por esa razón, controlando la presión de evaporación para igualar la carga de enfriamiento requerida y la temperatura.

Esta solución controlará la temperatura con una precisión de +/- 0.25°C. Si la temperatura falla por debajo de este rango, el controlador EKC puede cerrar la Válvula solenoide en la línea de líquido.

El controlador de temperatura EKC 361 controlará todas las funciones del evaporador, incluyendo termostato y alarmas.

Para más detalles, vea el manual del folleto del controlador EKC 361.

5.7
Resumen

Solución		Aplicación	Beneficios	Limitaciones
Control de expansión directa				
Evaporador DX. Control de expansión termostática con TEA, EVRA y EKC 202		Todos los sistemas DX	Instalación simple sin separador y sistema de bomba.	Capacidad más baja y eficiencia de sistemas circulados; No adecuado para refrigerantes inflamables.
Evaporador DX, control de expansión electrónica con ICM/ICF, EVRA y EKC 315A		Todos los sistemas DX	Recalentamiento optimizado; Respuesta rápida; Posible para controlar remotamente; Rango de capacidad amplio.	No adecuado para refrigerante inflamable.
Control de circulación de líquido bombeado				
Evaporador de circulación líquida bombeada, control de expansión con REG, EVRA y EKC 202		Sistemas de circulación de bomba	Alta capacidad y evaporador eficiente	Fluctuaciones y alta carga de refrigerante
Control de descongelamiento de gas caliente DX eEvaporador enfriado por aire				
Evaporador DX con sistema de descongelamiento de gas caliente		Todos los sistemas DX	Descongelamiento rápido; El gas caliente puede sacar el aceite dejado en el evaporador de baja temperatura.	No apto para sistemas con menos de 3 evaporadores.
Descongelamiento de gas caliente por refrigeradores bombeados de aire de circulación líquida				
Evaporador de circulación líquida bombeado, con descongelamiento de gas caliente		Todos los sistemas circulados por bomba	Descongelamiento rápido; el gas caliente puede sacar el aceite dejado en el evaporador de baja temperatura	Not suitable for systems with less than 3 evaporators.
Evaporador de circulación de líquido bombeado con descongelamiento de gas caliente controlado por SV1/3		Todos los sistemas circulados por bomba	Descongelamiento rápido; el gas caliente puede sacar el aceite dejado en el evaporador de baja temperatura; la válvula flotador es eficiente y estable en regular el flujo del gas caliente.	No adecuado para sistemas con menos de 3 evaporadores.
Convertidor de multi-temperatura				
Control de multitemperatura con ICS y CVP		Evaporadores que necesitan trabajar en niveles de temperatura diferente	El evaporador puede cambiar entre dos niveles de temperatura diferente.	Caída de presión en la línea de succión
Control de temperatura precisa				
Control de temperatura media con ICS, CVQ y CVP		Control de temperatura muy exacto, combinado con protección de presión mínima (Helada)	El CVQ precisamente controlará la temperatura; CVP puede mantener la presión anterior al nivel requerido más bajo.	Caída de presión en la línea de succión
Control de temperatura media con válvula motorizada ICM		Control de temperatura muy exacta	El ICM controlará la temperatura muy exacta, al ajustar el grado de abertura	Capacidad máxima es ICM 65.

5.8
Literatura de referencia

Para una descripción alfabética de toda la literatura de referencia, por favor vea la página 104

Folleto técnico / Manual

Tipo	N° Literatura
AKS 21	ED.SA0.A
AKS 32R	RD.5G.J
AKS 33	RD.5G.H
AKVA	PD.VA1.B
CVP	PD.HN0.A
CVQ	PD.HN0.A
EVM	PD.HN0.A
EKC 202	RS.8D.Z
EKC 315A	RS.8C.S
EKC 361	RS.8A.E
EVRA(T)	RD.3C.B
FA	PD.FM0.A

Tipo	N° Literatura
FIA	PD.FN0.A
GPLX	PD.BO0.A
ICF	PD.FT0.A
ICM	PD.HT0.A
ICS	PD.HS0.A
NRVA	RD.6H.A
OFV	PD.HQ0.A
PMLX	PD.BR0.A
REG	PD.KM0.A
SV 1-3	RD.2C.B
SVA	PD.KD0.A
TEA	RD.1E.A

Instrucción del producto

Tipo	N° Literatura
AKS 21	RI.14.D
AKS 32R	PI.SB0.A
AKS 33	PI.SB0.A
AKVA	PI.VA1.C PI.VA1.B
CVP	RI.4X.D
CVQ	PI.VH1.A
EVM	RI.3X.J
EKC 202	RI.8J.V
EKC 315A	RI.8G.T
EKC 361	RI.8B.F
EVRA(T)	RI.3D.A
FA	RI.6C.A

Tipo	N° Literatura
FIA	PI.FN0.A
GPLX	RI.7C.A
ICF	PI.FT0.A
ICM	PI.HT0.A
ICS	PI.HS0.A
NRVA	RI.6H.B
OFV	PI.HX0.B
PMLX	RI.3F.D RI.3F.C
REG	PI.KM0.A
SV 1-3	RI.2B.F
SVA	PI.KD0.B
TEA	PI.AJ0.A

Para descargar la más reciente versión de la literatura, por favor visite el sitio en Internet de Danfoss <http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

6. Enfriamiento de aceite

Generalmente los compresores de refrigeración industrial son lubricados con aceite, el cual es forzado por la bomba de aceite o debido a la diferencia de presión entre las zonas de alta y baja presión a las piezas móviles de los compresores (cojinetes, rotores, paredes de los cilindros, etc.) Con el propósito de garantizar una operación confiable y eficiente del compresor, se deben controlar los siguientes parámetros del aceite:

- Temperatura de aceite. Éste debe ser mantenido dentro de los límites especificados por el fabricante. El aceite debe tener la viscosidad correcta y la temperatura se debe mantener por debajo del punto de combustión.
- Presión de aceite. La diferencia de presión de aceite se debe mantener por encima del nivel mínimo aceptable.

Generalmente existen algunos componentes de soporte y equipo de sistemas de refrigeración para limpieza de aceite, separación del aceite del refrigerante, retorno de aceite de baja presurización, ecualización del nivel de aceite en sistemas con varios compresores de pistón y puntos de drenaje de aceite. La mayor parte de estos, son suministrados por el fabricante del compresor.

El diseño del sistema de aceite de una planta de refrigeración industrial, depende del tipo de compresor (tornillo o pistón) y del refrigerante (amoníaco, HFC/HCFC o CO₂). Generalmente, el tipo aceite inmiscible, es usado para el amoníaco y para los refrigerantes Fluorados. Como los sistemas de aceite son muy relacionados al compresor, algunos de los puntos mencionados anteriormente han sido descritos en controles de compresor (sección 2) y en sistemas de seguridad (sección 7).

6.1 Enfriamiento de aceite

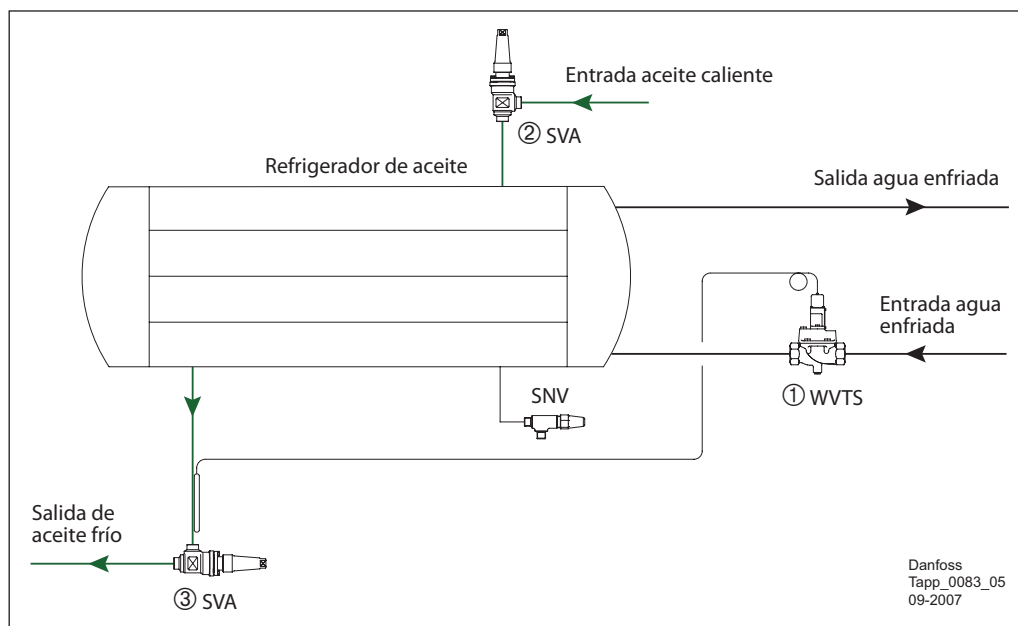
Los compresores de refrigeración (incluyendo todos los compresores de tornillo y algunos compresores de pistón) requieren generalmente, refrigeración de aceite. Las temperaturas demasiado altas pueden dañar el aceite, lo cual provocará daños en el compresor. También es importante que el aceite tenga la viscosidad correcta, lo cual depende en gran parte del nivel de temperatura. Esto no es suficiente para mantener la temperatura por debajo del límite crítico, también es necesario controlarlo.

Normalmente, la temperatura del aceite la cual es especificada por el fabricante del compresor. Existen diversos tipos de sistemas de enfriamiento de aceite, usados en refrigeración. Los tipos más comunes son:

- enfriamiento por agua
- enfriamiento por aire
- enfriamiento por termosifón

El aceite también puede ser enfriado por medio de inyección de refrigerante líquido, directamente en el puerto intermedia del compresor. Para los compresores de pistón, es absolutamente común no tener ningún sistema de enfriamiento especial de aceite en todos, porque la temperatura es menos crítica que para los compresores de tornillo, con el aceite siendo enfriado en el cárter.

Ejemplo de aplicación 6.1.1:
Refrigeración de aceite con agua



— Agua
— Aceite

- ① Válvula de agua
- ② Válvula de cierre
- ③ Válvula de cierre

Estos tipos de sistemas son normalmente usados en plantas donde es posible conseguir fuentes de agua barata. Por otra parte, es necesario instalar una torre de enfriamiento para enfriar el agua. Los enfriadores de aceite refrigerados por agua, son absolutamente comunes para las plantas de refrigeración marina.

Por favor, entre en contacto con su compañía local de ventas Danfoss para verificar la conveniencia de los componentes a ser usados con salmuera, como medio de enfriamiento.

El flujo de agua es controlado por la válvula de agua tipo WVTS ①, el cual controla el fluido de agua de acuerdo con la temperatura del aceite.

Datos técnicos

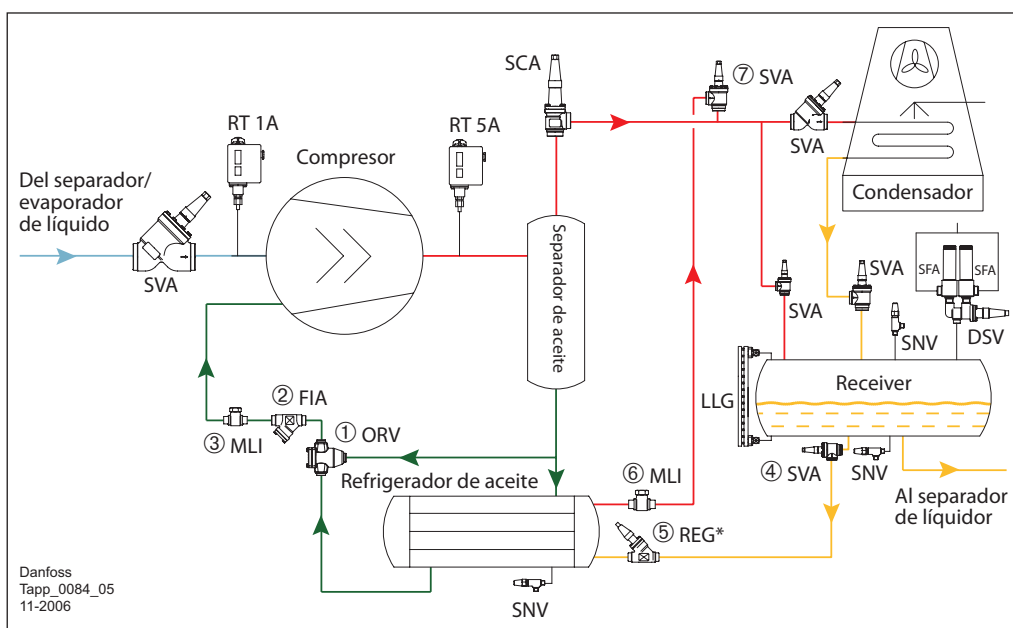
	Válvula de agua –WVTS
Material	Cuerpo de la válvula: Hierro fundido
Medio	Agua potable, salmuera neutra
Máx. presión de trabajo [bar]	10
Rango de temperatura de funcionamiento [°C]	Bulbo: 0 a 90 Líquido: -25 a 90
DN [mm]	32 a 100
Valor K _v [m ³ /h]	12,5 a 125

	Válvula de agua - AVTA
Medio	Agua potable, salmuera neutra
Máx. presión de trabajo [bar]	16
Rango de temperatura de funcionamiento [°C]	Bulbo: 0 a 90 Líquido: -25 a 130
DN [mm]	10 a 25
Valor K _v [m ³ /h]	1,4 a 5.5

Ejemplo de aplicación 6.1.2:
Refrigeración de aceite con termosifón

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Aceite

- ① Válvula de regulación de aceite
- ② Filtro
- ③ Indicador visual
- ④ Válvula de cierre
- ⑤ Válvula de regulación manual
- ⑥ Indicador visual
- ⑦ Válvula de cierre



Estos tipos de sistemas son muy convenientes, ya que el aceite consigue enfriarse en el interior del sistema. Sólo es necesario aumentar el tamaño del condensador para la cantidad de calor tomado del enfriador de aceite. De otro modo, el enfriamiento de aceite con termosifón, requiere un sistema de tuberías adicional en el local y algunas veces es necesario para instalar un recipiente adicional de prioridad (en el caso de que el recipiente de líquido HP está colocado demasiado bajo o no está instalado).

El refrigerante líquido de alta presión, fluye desde el recipiente debido a la fuerza de gravedad dentro del enfriador de aceite cuando éste se evapora y enfría el aceite. El vapor refrigerante vuelve al recipiente o en ciertos casos, a la entrada del condensador. Es crítico que la caída de presión en el alimentador y la tubería de retorno, sea mínima.

Por otra parte, el refrigerante no retornará del enfriador de aceite y el sistema no funcionará. Debe ser instalada, sólo una cantidad mínima de válvulas de cierre SVA. No se permiten válvulas solenoides dependientes de presión. Se recomienda instalar en la tubería de retorno, un indicador visual MLI ⑥.

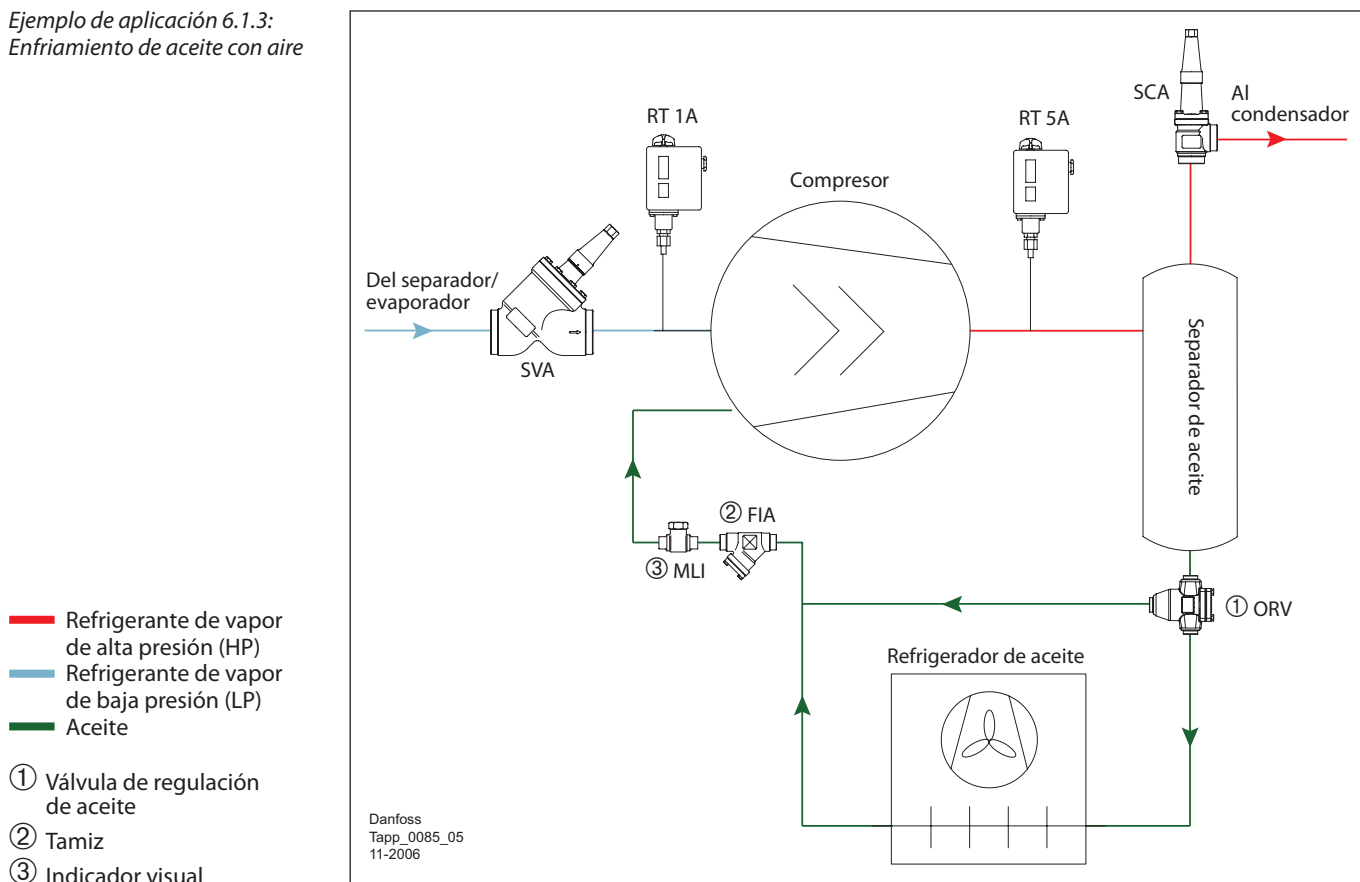
La temperatura del aceite es mantenida en el nivel correcto por la válvula de tres vías ORV ① El ORV mantiene la temperatura de aceite dentro de los límites definidos por su elemento termostático. Si la temperatura del aceite se eleva demasiado, entonces todo el aceite retorna al enfriador de aceite. Si es demasiado bajo, entonces todo el flujo de aceite es derivado alrededor del enfriador de aceite.

* La válvula de regulación REG puede ser útil principalmente, en caso de que el enfriador del aceite sea demasiado grande.

Datos técnicos

	Válvula de regulación de aceite ORV
<i>Materiales</i>	Cuerpo de la válvula: acero resistente al frío
<i>Medio</i>	Todos los aceites de refrigeración y refrigerantes comunes, incluyendo el R717
<i>Max. presión de trabajo [bar]</i>	40
<i>Rango de temperatura [°C]</i>	Operación continua: -10 a 85 Funcionamiento breve: -10 a 120
<i>DN [mm]</i>	25 a 80

Ejemplo de aplicación 6.1.3:
Enfriamiento de aceite con aire



Es muy común utilizar enfriadores de aceite enfriados por aire en los compresores con paquetes de refrigeración de compresor de tornillo semi-herméticos.

En este caso la ORV divide el flujo del separador del aceite y los controles, de acuerdo con el cambio de temperatura de descarga del aceite.

La válvula de temperatura del aceite es controlada por la válvula de regulación de aceite ORV ①.

6.2
Control de presión
diferencial de aceite

Durante el funcionamiento normal del compresor de refrigeración, el aceite es distribuido por la bomba de aceite y/ o por la diferencia entre los lados HP y LP. La fase más crítica es durante el arranque.

Es vital para tener una circulación rápida y presión de aceite de lo contrario, el compresor puede ser dañado.

Existen dos formas básicas para acumular rápidamente presión diferencial de aceite en el compresor de refrigeración. Primero, utilizar una

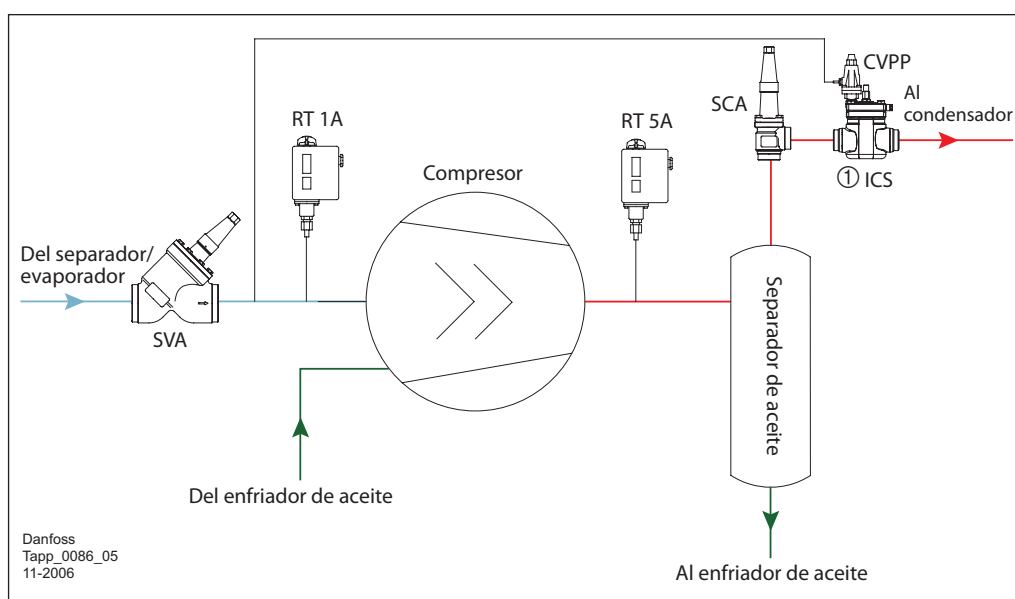
bomba externa del aceite y en segundo lugar instalar una válvula de control en la línea de descarga del compresor después del separador de aceite.

Para este método, es necesario verificar si el fabricante del compresor permite algunos segundos de funcionamiento en seco. Normalmente, esto es posible para compresores de tornillo con cojinetes de bola, pero no es posible para aquellos con cojinetes de deslizamiento

Ejemplo de aplicación 6.2.1:
Control de presión diferencial
de aceite con ICS y CVPP

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Aceite

① Regulador de presión diferencial



En esta aplicación, debe ser usado una válvula servoaccionada ICS ① con piloto diferencial CVPP. La línea piloto de la válvula CVPP está conectada a la línea de succión antes del compresor. La ICS ① es cerrada en el momento que el compresor es puesto en marcha.

Como la tubería entre el compresor y la válvula es muy corta, la presión de descarga aumenta rápidamente. Esto requiere de tiempo muy reducido, antes de que la válvula se abra completamente y el compresor funcione en condiciones normales.

La ventaja principal de esta solución es su flexibilidad, ambas presión diferencial debe ser reajustada en el lugar y la ICS también puede servir para otras funciones, usando otros pilotos.

Technical data

	Válvula servoaccionada piloto - ICS
Material	Cuerpo: Acero de baja temperatura
Refrigerantes	Todos los refrigerante comunes, incluso R717 y R744
Rango temperatura media [°C]	-60 a 120
Máx. presión de trabajo [bar]	52
DN [mm]	20 a 80
Capacidad nominal* [kW]	20,9 a 864

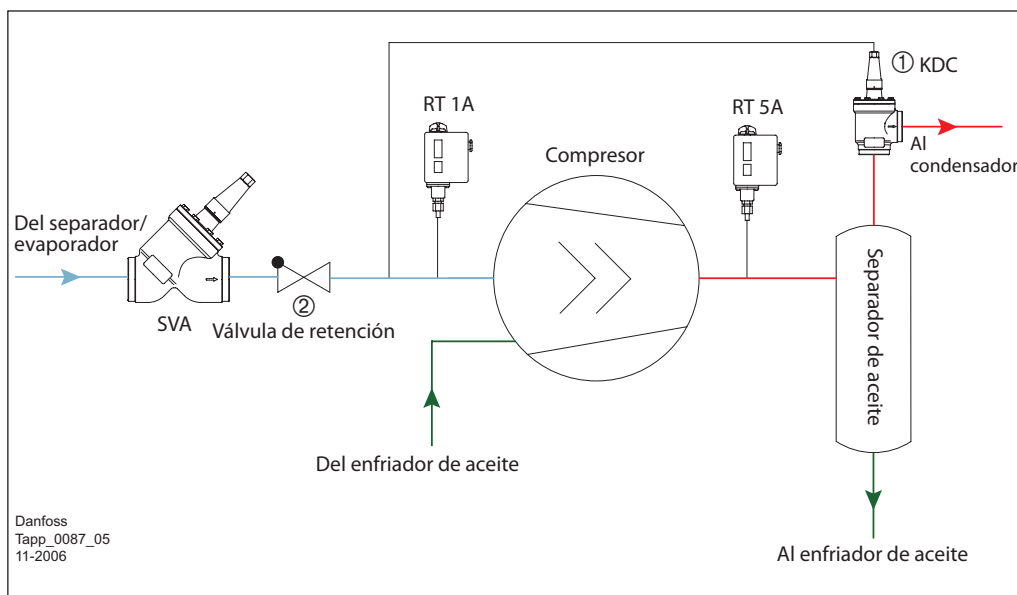
* Condiciones: R717, línea de gas caliente, T_{liq} = 30°C, P_{disch.} = 12bar, ΔP = 0,2bar, T_{disch.} = 80°C, T_e = -10°C

	Piloto de presión diferencial - CVPP (HP)
Material	Cuerpo: Acero inoxidable
Refrigerantes	Todos los refrigerantes comunes no inflamables incluso el R717
Rango temperatura media [°C]	-50 a 120
Máx. presión de trabajo [bar]	CVPP(HP): 28
Rango regulación [bar]	0 a 7, o 4 a 22

Ejemplo de aplicación 6.2.2:
Control de presión diferencial de aceite con KDC

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Aceite

- ① Regulador de presión diferencial
- ② Válvula de retención (Normalmente integrado en el compresor)



El principio de la operación para este ejemplo, es el mismo que el ejemplo 6.2.1. La válvula la válvula multifuncional del compresor KDC ①, se abre hasta que la diferencia de presión entre el separador de aceite y la línea de succión exceda el valor de ajuste y al mismo tiempo la presión en el separador del aceite es mayor que la presión de condensación.

La válvula KDC ① tiene algunas ventajas, ya que puede también funcionar, como una válvula de retención (esta no puede estar abierta para la presión de retorno) y esto proporciona una caída de presión más reducida, cuando se abre.

Sin embargo, la KDC ① también tiene algunas limitaciones. La válvula no es ajustable y existe un número limitado de ajustes de presión diferencial disponibles y es necesario tener una válvula de retención ② en la línea de succión.

Si esta válvula de retención no está instalada, podrá haber un flujo inverso muy extenso a través del compresor desde el separador de aceite. Ni uno ni otro está permitido de tener una válvula de retención entre el compresor y el separador de aceite, por otro lado esto puede requerir mucho tiempo para que la válvula KDC se cierre.

Datos técnicos

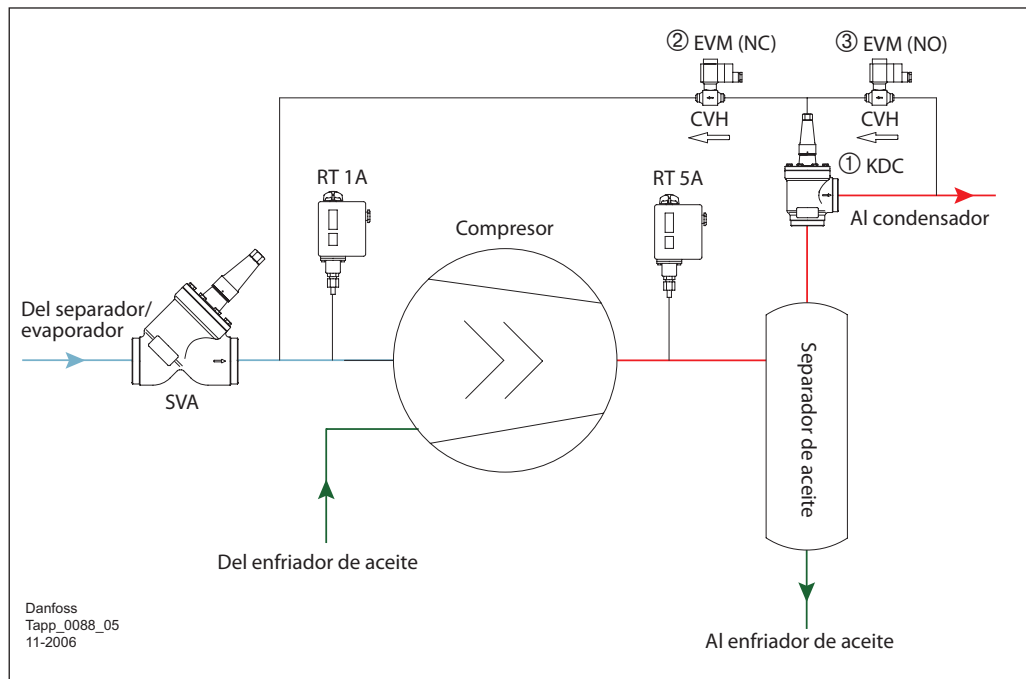
	Válvula de compresor multifuncional - KDC
Materiales	Acero de baja temperatura
Refrigerantes	Todos los refrigerantes comunes, incluyendo el R717
Rango temperatura media [°C]	-50 a 150
Máx. presión de trabajo [bar]	40
DN [mm]	65 a 200
Capacidad nominal* [kW]	435 a 4207

* Condiciones: R717, +35°C/-15°C, ΔP = 0,05bar

Ejemplo de aplicación 6.2.3:
Control de presión diferencial
de aceite con KDC y pilotos EVM

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Aceite

- ① Válvula de compresor multifuncional
- ② Piloto solenoide (normalmente cerrado)
- ③ Piloto solenoide (normalmente abierto)



Cuando no hay posibilidad de instalar una válvula de retención en la línea de succión o hay una válvula de retención entre el compresor y el separador de aceite, es posible usar una KDC ① equipado con válvulas piloto EVM.

Esos pilotos EVM son instalados en líneas externas usando cuerpos CVH, como ilustrado. Durante el inicio del compresor, el sistema trabaja como en el ejemplo anterior (6.2.2).

Cuando el compresor se detiene, el EVM NC ② debe cerrarse y el EVM NO ③ abierta. Esto equaliza la presión sobre el resorte del KDC y se cierra.

Por favor, vea la dirección de instalación de la CVH y de las válvulas piloto EVM.

6.3 Sistema de recuperación de aceite

Los compresores de los sistemas industriales de refrigeración de amoníaco suelen ser los únicos componentes que requieren lubricación por aceite. Por lo tanto, la función del separador de aceite del compresor es impedir que parte del lubricante pase al sistema de refrigeración.

Sin embargo, el aceite puede pasar a través del separador de aceite al sistema de refrigeración y a menudo se acumula en la parte de baja presión, en separadores y evaporadores de líquidos, disminuyendo su eficacia.

Si pasa demasiado aceite desde el compresor al sistema, disminuirá la cantidad de aceite en el compresor y hay riesgo de que el nivel de aceite caiga por debajo del límite mínimo ajustado por

el fabricante del mismo. Los sistemas de retorno de aceite se usan principalmente junto con refrigerantes que pueden mezclarse con el aceite, como los sistemas HFC/HCFC. Los sistemas de retorno de aceite pueden, por lo tanto, tener dos funciones:

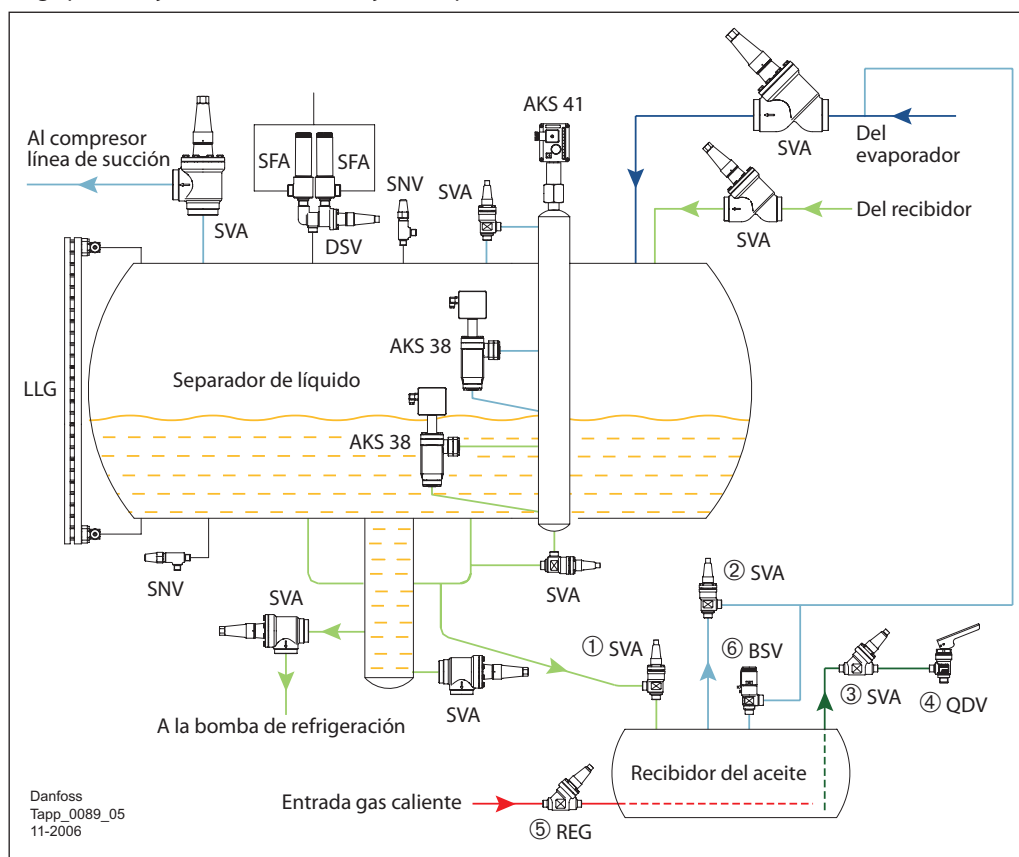
- Eliminar el aceite en la parte de baja presión
- Devolver el aceite al compresor.

Sin embargo, es extremadamente importante saber que el aceite eliminado de la parte de baja presión del sistema de refrigeración de amoníaco no es adecuado para su uso posterior con el compresor y debe ser eliminado del sistema de refrigeración y desechado.

Ejemplo de aplicación 6.3.1: Drenaje de aceite de sistemas de amoníaco

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)
- Aceite

- ① Válvula de cierre
- ② Válvula de cierre
- ③ Válvula de cierre
- ④ Válvula de drenaje de aceite y cierre rápido
- ⑤ Válvula de regulación
- ⑥ Válvula de alivio de seguridad



En los sistemas de amoníaco, es utilizado el aceite inmisible. Como el aceite es más espeso que el amoníaco líquido, éste permanece en la parte más baja del separador líquido y no es capaz de volver al compresor, vía línea de succión.

Por consiguiente, el aceite en los sistemas de amoníaco es drenado normalmente del separador de líquido dentro del depósito de aceite. Esto hace que sea más fácil, la separación del aceite del amoníaco.

Cuando drene el aceite, cierre la válvula de cierre ① y ②, abra la línea de gas calentado,

permitiendo que el gas aumente la presión y caliente al aceite frío.

Luego drene el aceite usando la válvula de purga de aceite de cierre rápido QDV ④, el cual puede cerrarse rápidamente después de la evacuación del aceite y cuando el amoníaco empieza a salir.

Debe ser instalada la válvula de cierre SVA ③ entre la QDV y el recibidor. Esta válvula es abierta antes de la evacuación del aceite y posteriormente cerrada.

Deben tomarse precauciones necesariamente durante el drenaje del aceite del amoníaco.

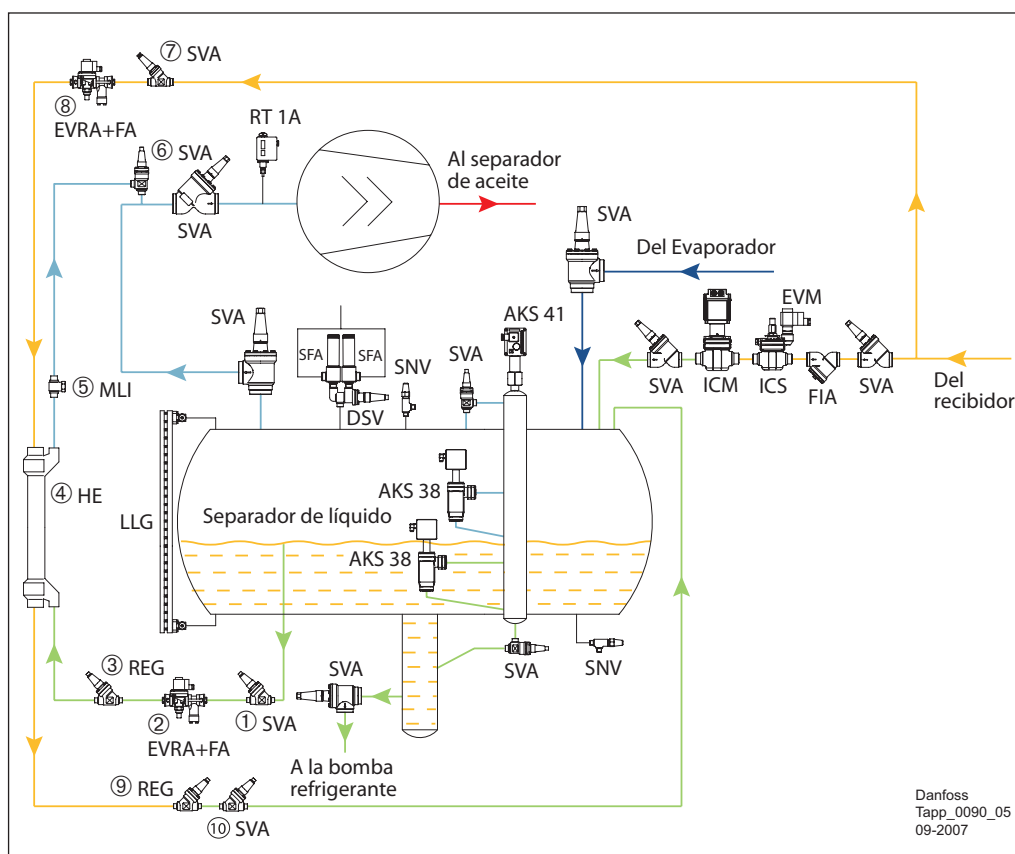
Datos técnicos

	Válvula de drenaje y cierre rápido - QDV
<i>Materiales</i>	Carcasa: Acero
<i>Refrigerantes</i>	Usado comúnmente con el gas R717; aplicable a todos los refrigerantes comunes no inflamables.
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-50 a 150
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	25
<i>DN [mm]</i>	15

Ejemplo de aplicación 6.3.2:
Drenaje de aceite de sistemas fluorados

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)

- ① Válvula de cierre
- ② Válvula solenoide
- ③ Válvula de regulación
- ④ Intercambiador de calor
- ⑤ Indicador visual
- ⑥ Válvula de cierre
- ⑦ Válvula de cierre
- ⑧ Válvula solenoide
- ⑨ Válvula de regulación
- ⑩ Válvula de cierre



Danfoss
Tapp_0090_05
09-2007

En los sistemas fluorados es usado predominantemente el aceite miscible. En sistemas con tuberías bien diseñadas (pendientes, circuitos de aceite, etc.), no es necesario recuperar el aceite, porque vuelve con el vapor del refrigerante.

El refrigerante de baja presión es calentado por el refrigerante líquido de alta presión y se evapora.

El vapor de refrigerante mezclado con el aceite, retorna a la línea de succión. El refrigerante del separador líquido es tomado del nivel de trabajo.

Sin embargo, en las plantas de baja temperatura, el aceite puede permanecer en recipientes de baja presión. El aceite es más ligero que los refrigerantes fluorados usados comúnmente, siendo imposible drenarlo de forma simple como en los sistemas de amoníaco.

La válvula de regulación REG ⑤ es ajustada de tal manera que no exista gotas de refrigerante líquido vistas en el indicador visual MI 1 ⑤. El intercambiador de calor Danfoss tipo HE, puede ser usado para recuperar el aceite.

El aceite permanece en la parte superior del refrigerante y el nivel fluctúa junto con el nivel del refrigerante.

El refrigerante también puede ser tomado de las líneas de descarga de la bomba. En este caso, realmente no hay problema si el refrigerante sea tomado del nivel de trabajo o no.

En este sistema el refrigerante se mueve del separador de líquido dentro del intercambiador de calor ④, debido a la gravedad.

Datos técnicos

	Intercambiador de calor - HE
Refrigerantes	Todos los refrigerantes fluorados
Rango temperatura media [°C]	-60 a 120
Máx. presión de trabajo [bar]	HE0,5; 1,0, 1.5,4,0: 28 HE8,0: 21,5
DN [mm]	Línea de líquido: 6 a 16 Línea de succión: 12 a 42

6.4
Resumen

Solución	Diagrama	Aplicación	Beneficios	Limitaciones
Sistemas de enfriamiento de aceite				
Enfriamiento por agua, válvula de agua WVTS		Instalaciones marinas, plantas donde la fuente de agua fría es económica y está disponible.	Simple y eficiente. Puede ser caro, requiere tubería de separador de agua.	
Enfriamiento del termosifón, ORV		Todos los tipos de plantas de refrigeración.	El aceite es enfriado por el refrigerante sin perder la eficiencia en la instalación.	Requiere tubería adicional y depósito de líquido HP instalado en una altura determinada.
Enfriamiento de aire, ORV		Sistemas de refrigeración "Comercial pesado" con RACs.	Simple, no se requiere de ninguna tubería o agua adicional.	Capacidad más baja y eficiencia de sistemas circulados; No adecuado para refrigerantes inflamables.
Control de presión diferencial de aceite				
ICS + CVPP		Compresores de tornillo (deben ser confirmados por el fabricante del compresor).	Posibles ajustes flexibles y diferentes.	Requiere instalación de la válvula de retención.
KDC			No requiere válvula de retención de descarga, caída de presión menor que la solución ICS.	Es necesario instalar la válvula de retención en la línea de succión, sin ningún cambio de configuración.
KDC+EVM			Como lo anterior, pero la instalación de la válvula de retención en la línea de succión no es necesaria.	Requiere tubería externa, sin cambio de posible configuración.
Sistema de recuperación de aceite				
Recuperación de aceite de sistemas de amoníaco, QDV		Todas las plantas de amoníaco.	Simple y seguro.	Requiere accionamiento manual.
Recuperación de aceite de sistemas fluorados, HE		Sistemas fluorados de baja temperatura.	No requiere accionamiento manual.	El ajuste puede ser complicado.

6.5
Literatura de referencia

Para una descripción alfabética de toda la literatura de referencia, por favor vea la página 104

Folleto técnico / Manual

Tipo	N° Literatura
BSV	RD.7F.B
CVPP	PD.HN0.A
EVM	PD.HN0.A
FIA	PD.FN0.A
HE	RD.6K.A
ICS	PD.HS0.A
KDC	PD.FQ0.A

Tipo	N° Literatura
MLI	PD.GH0.A
ORV	PD.HP0.A
QDV	PD.KL0.A
REG	PD.KM0.A
SVA	PD.KD0.A
WVTS	RD.4C.A

Instrucción del producto

Tipo	N° Literatura
BSV	RI.7F.A
CVPP	RI.4X.D
EVM	RI.3X.J
FIA	PI.FN0.A
HE	RI.6K.A
ICS	PI.HS0.A
KDC	PI.FQ0.A

Tipo	N° Literatura
ORV	RI.7J.A
QDV	PI.KL0.A
REG	PI.KM0.A
SVA	PI.KD0.B
WVTS	RI.4D.A

Para descargar la más reciente versión de la literatura, por favor visite el sitio en Internet de Danfoss <http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

7. Sistemas de seguridad

Todos los sistemas de refrigeración industrial son diseñados con diferentes sistemas de seguridad para protegerlos de condiciones poco seguras, como presión excesiva. Cualquier presión interna previsible y excesiva, debe ser prevenida o aliviada con riesgo mínimo para las instalaciones, las personas y el medio ambiente.

Los requisitos sobre los sistemas de seguridad, son fuertemente controlados por autoridades y por lo tanto, siempre que es necesario verifique los requisitos en la legislación local en el país de origen.

Los dispositivos de alivio de presión, por ejemplo, las válvulas de alivio de presión, están destinadas para aliviar la presión excesiva automáticamente en una presión que no exceda el límite permitido y para después rectificar la presión que ha caído por debajo del límite permitido.

El dispositivo de límite de temperatura o el limitador de temperatura es un dispositivo de activación de temperatura que está destinado a permitir temperaturas poco seguras con el fin de que el sistema pueda detenerse en parte o completamente, en caso de un defecto o por mal funcionamiento..

El Presostato es un dispositivo que protege contra altas o bajas presiones con reajuste automático.

Corte de presión de seguridad

Los interruptores de seguridad son designados para limitar la presión con restablecimiento manual.

El interruptor de nivel del líquido, es un dispositivo de activación de nivel líquido designado para prevenir contra niveles de líquidos poco seguros.

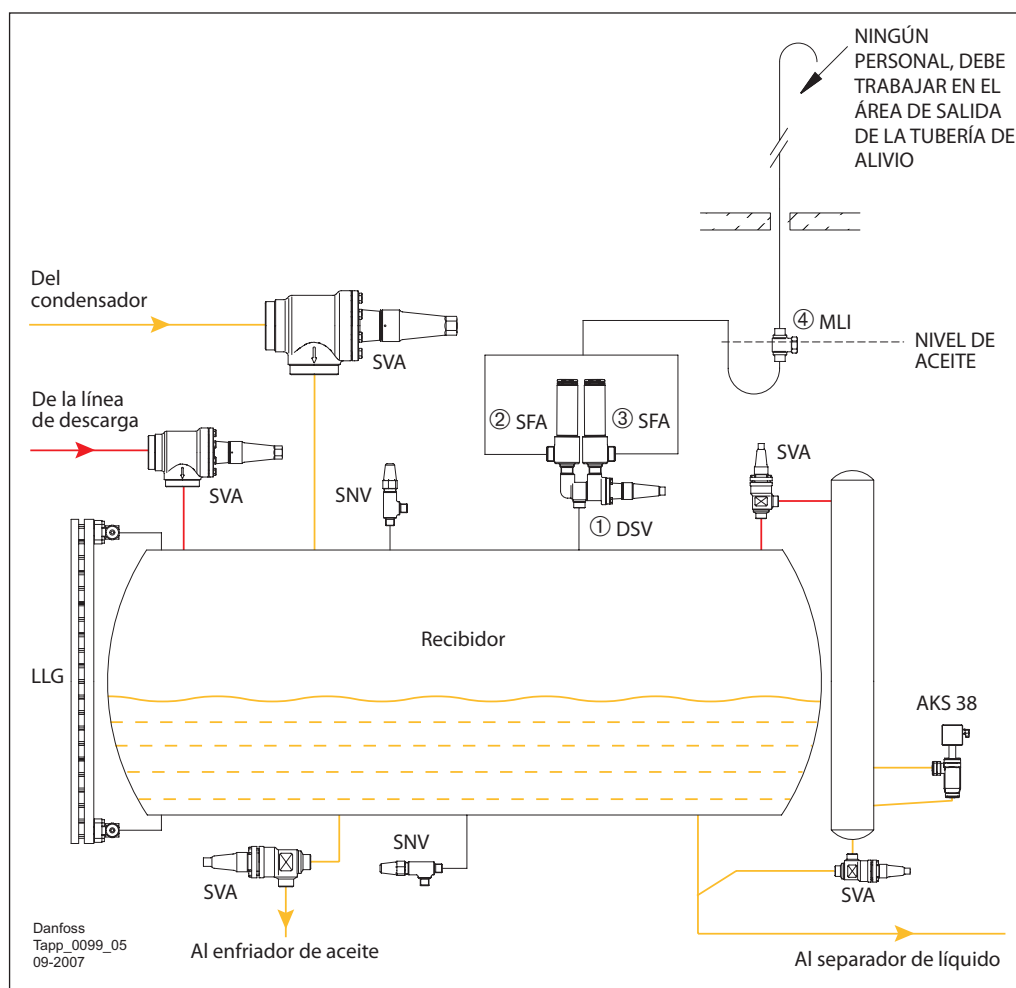
El detector de refrigerante, es un dispositivo sensorial el cual responde a una concentración preestablecida de gas refrigerante en el medio ambiente. Danfoss produce detectores de refrigerantes tipo GD. Para mayores informaciones, vea la guía de aplicación específica.

7.1 Dispositivos de liberación de presión

Las válvulas de seguridad son instaladas con el propósito de prevenir que la presión en el sistema se eleve sobre la presión máxima permitida de cualquier componente y del sistema de forma general. En caso de presión excesiva, las válvulas de seguridad alivian el refrigerante del sistema de refrigeración.

Los principales parámetros para las válvulas de seguridad son la presión de ajuste y la presión de apertura. Normalmente la presión de ajuste no debe exceder más del 10% de las presiones del sistema. Además, si la válvula no desfoga o desfoga en presión muy baja, puede haber una pérdida significativa de refrigerante del sistema.

Ejemplo de aplicación 7.1.1:
Válvula de seguridad SFA + DSV



— Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
— Refrigerante líquido de alta presión (HP)

- ① Válvula de cierre doble
- ② Válvula de alivio de seguridad
- ③ Válvula de alivio de seguridad
- ④ Indicador visual

Los dispositivos de alivio de presión deben ser instalados en todos los recipientes en los sistemas, así como en los compresores.

Generalmente, las válvulas de seguridad de alivio (SFA) dependientes de la presión del recipiente, son usadas normalmente. Las válvulas de seguridad deben ser instaladas con una válvula de tres vías DSV ①, para facilitar el servicio de una válvula mientras que la otra está todavía en operación.

Los dispositivos de alivio de presión, deben ser montados en la parte del sistema que están protegiendo. Con la finalidad de verificar si la válvula de alivio ha descargado en el ambiente un sifón en "U", llenado con aceite y con un indicador

visual MLI ④ montado, puede ser instalado después de la válvula.

Por favor observe: Algunos países no permiten instalación de sifón en U.

Las tuberías de descarga de la válvula de seguridad, deben ser diseñadas, de tal manera que las personas no están expuestas al peligro, en el caso que el refrigerante sea descargado.

Es importante la caída de presión en la tubería de descarga a las válvulas de seguridad, para el funcionamiento de las válvulas. Se recomienda verificar los estándares relativos a las recomendaciones sobre como dimensionar estas tuberías.

Datos técnicos

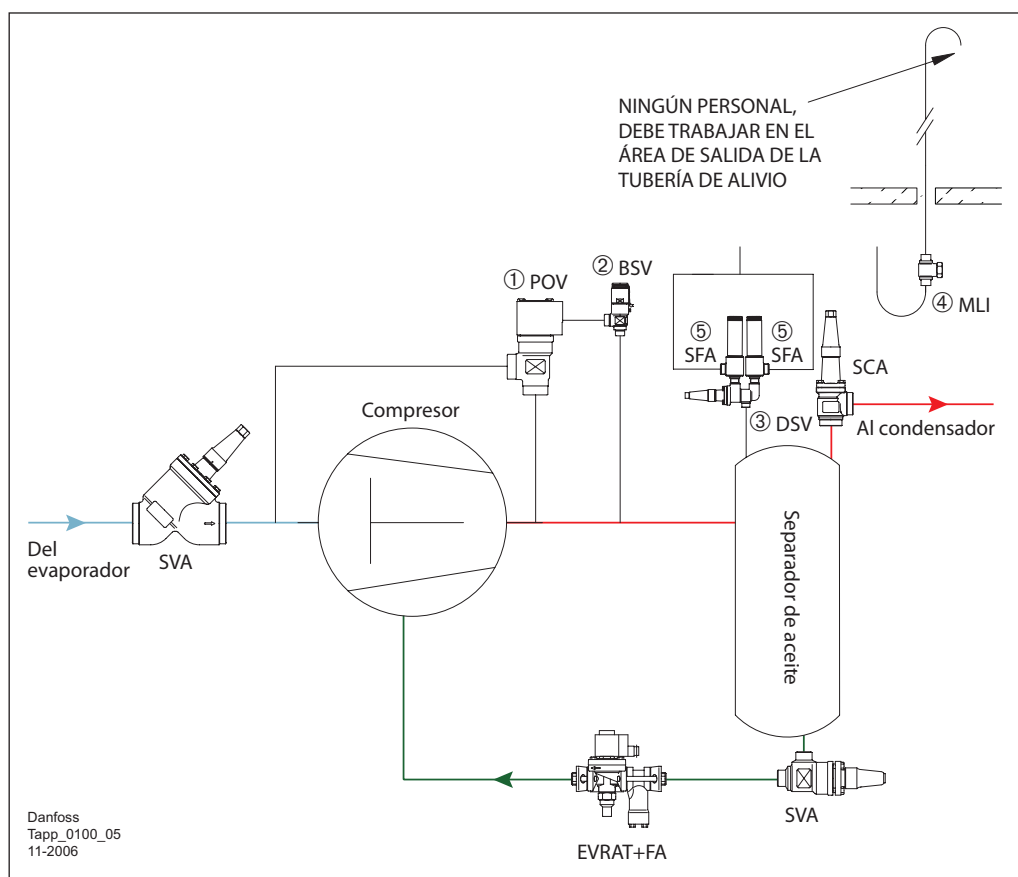
	Válvula de alivio de seguridad SFA
Materiales	Carcasa: Acero especial aprobado para operación en baja temperatura
Refrigerantes	R717, HFC, HCFC, otros refrigerantes (dependiendo de la compatibilidad del material de sellado)
Rango temperatura media [°C]	-30 a 100
Presión de prueba [bar]	Prueba de resistencia 43 Prueba de fuga: 25
Presión determinada [bar]	10 a 40

	Válvula de tres vías - DSV 1 / 2
Materiales	Carcasa: Acero especial aprobado para operación en baja temperatura
Refrigerantes	Todos los refrigerantes comunes no inflamables incluso el R717
Rango temperatura media [°C]	-50 a 100
Presión máx. de operación [bar]	40
Valor K, [m³/h]	DSV1: 17,5 DSV2: 30

Ejemplo de aplicación 7.1.2
Válvulas de seguridad
internas-BSV y POV

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Aceite

- ① Válvula de seguridad interna, accionado por piloto
- ② Válvula de seguridad interna
- ③ Válvula de cierre doble
- ④ Indicador visual
- ⑤ Válvula de alivio de seguridad



Para descargar el refrigerante del lado de alta presión para el lado de baja presión, solamente deben utilizarse las válvulas de alivio independiente (BSV/ POV).

La BSV ② tampoco puede actuar como una válvula de descarga directa con baja capacidad o como una válvula piloto para la válvula principal POV ①. Cuando la presión de la descarga excede la presión determinada, BSV abrirá el POV para descargar el vapor de alta presión dentro del lado de baja presión.

Las válvulas de alivio independiente de presión de retorno, son instaladas sin válvula de paso. En

el caso que sea necesario reemplazar o reajustar las válvulas, el compresor tiene que ser parado.

Si es montada una válvula de cierre en la línea de descarga del separador de aceite, es necesario proteger el separador de aceite y el compresor contra la presión excesiva causada por calentamiento externo o calentamiento por compresión.

Esta protección puede obtenerse con válvulas de seguridad de alivio SFA ⑤ estándar combinadas con una válvula de paso DSV ③.

Datos técnicos

	Válvula de alivio de seguridad - BSV
<i>Materiales</i>	Carcasa: Acero especial aprobado para operación en baja temperatura
<i>Refrigerantes</i>	R717, HFC, HCFC y otros refrigerantes (dependiendo de la compatibilidad del material de cierre)
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-30 a 100 como una válvula de alivio de seguridad externa -50 a 100 como una válvula piloto para POV
<i>Presión determinada [bar]</i>	10 a 25
<i>Presión de prueba [bar]</i>	Prueba de resistencia 43 Pruebas de fuga: 25

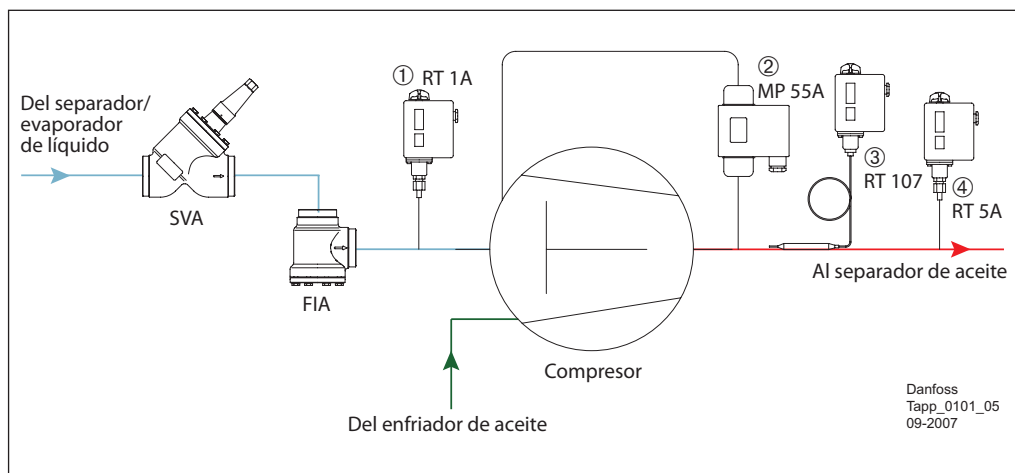
	Válvula de seguridad Interna accionada por piloto - POV
<i>Materiales</i>	Carcasa: Acero
<i>Refrigerantes</i>	R717, HFC, HCFC y otros refrigerantes (dependiendo de la compatibilidad del material de cierre)
<i>Rango temperatura media [°C]</i>	-50 a 150 como una válvula piloto para POV
<i>Presión determinada [bar]</i>	15 a 25
<i>Presión de prueba [bar]</i>	Prueba de resistencia: 50 Prueba de fuga: 25
<i>DN [mm]</i>	40/50/80

7.2
Presión y dispositivos
limitantes de temperatura

Ejemplo de aplicación 7.2.1:
Interruptor de presión /
temperatura para compresores

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Aceite

- ① Interruptor de baja presión
- ② Interruptor de presión diferencial baja
- ③ Interruptor de alta temperatura
- ④ Interruptor de alta presión



Para proteger el compresor de la temperatura y presión de descarga demasiado alta o también de presión de succión demasiado baja, se utilizan interruptores KP/RT. RT1 A ① es un control de baja presión, un RT 5A ④ es un control de alta presión y un RT 107 ③ es un termostato.

El ajuste de los controles de alta presión deben estar por debajo del ajuste de las configuraciones de la válvula de seguridad en el lado de alta presión. La configuración en el interruptor de baja presión es especificado por el fabricante del compresor.

Para los compresores de pistón, con interruptor diferencial de aceite MP 54/55 ② es utilizado para detener el compresor en el caso que la presión de aceite demasiado baja.

El interruptor diferencial de aceite, para automáticamente el compresor, si no acumula suficiente presión diferencial durante la puesta en marcha, después de definido el período de tiempo (0-120 s).

Datos técnicos

	Termostato - RT
Refrigerantes	R717 y refrigerantes fluorados
Protección	IP 66/54
Temperatura máx. del bulbo [°C]	65 a 300,
Temperatura ambiente [°C]	-50 a 70
Rango de regulación [°C]	-60 a 150
Diferencial Δt [°C]	1,0 a 25,0

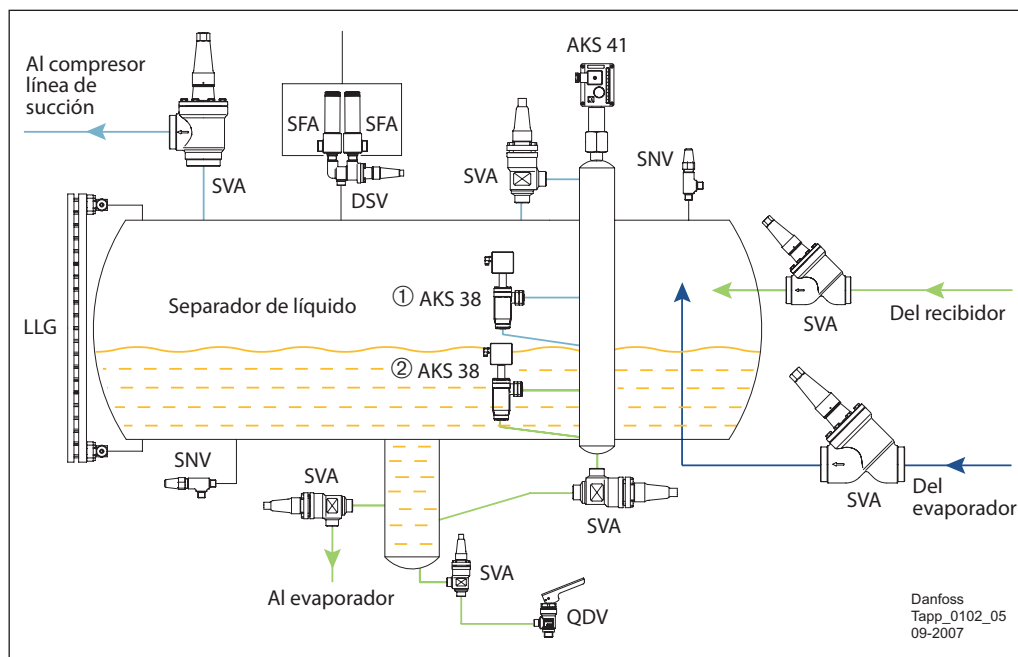
	Control de presión diferencial- MP 54/55/55A
Refrigerantes	MP 54/55: refrigerantes fluorados MP 55A: R717
Protección	IP 20
Rango de regulación ΔP [bar]	MP 54: 0.65/0.9 MP 55/55A: 0,3 a 4,5
Máx. presión de trabajo [bar]	17
Presión máxima de prueba [bar]	22
Rango de operación en el lado LP [bar]	-1 a 12

7.3
Dispositivos de nivel líquido

Ejemplo de aplicación 7.3.1:
Controles de nivel alto /
bajo para el separador líquido

- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)

- ① Interruptor de nivel alto
- ② Interruptor de nivel bajo



Recipientes en el lado de alta presión y lado de baja presión tienen interruptores de nivel líquido diferentes.

Los recipientes de alta presión, sólo necesitan tener un interruptor de nivel bajo (AKS 38) con la finalidad de garantizar un nivel de refrigerante mínimo para alimentar los dispositivos expansión.

También puede ser instalado el indicador visual LLG para inspección visual del nivel de líquido. Los recipientes de baja presión, normalmente tienen ambos interruptores de nivel alto y bajo. El interruptor de nivel bajo es instalado para cerciorarse de que existe suficiente carga del refrigerante para evitar la cavitación de las bombas.

Un interruptor de nivel alto, es instalado para proteger los compresores contra el regreso de líquido.

También debe ser instalado un indicador visual de nivel de líquido LLG, para indicación visual del nivel.

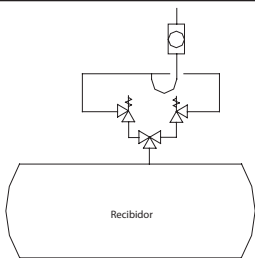
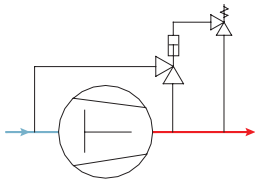
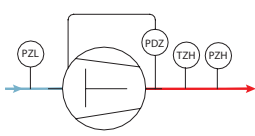
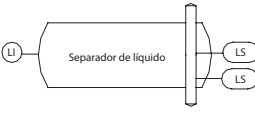
Los indicadores de nivel de líquido LLG para recipientes de baja presión pueden requerir que se monte un adaptador visual que posibilita observar el nivel, incluso aunque pueda haber una cierta cantidad de escarcha en el indicador de nivel de líquido.

Datos técnicos

	Interruptor de nivel - AKS 38
Material	Carcasa: Hierro fundido cromado de zinc
Refrigerantes	Todos los refrigerantes comunes no inflamables incluyendo el gas R717.
Rango Temp media [°C]	-50 a +65
Máx. presión de trabajo [bar]	28
Rango de medida [mm]	12,5 a 50

	Indicador visual - LLG
Refrigerantes	Todos los refrigerantes comunes no inflamables incluyendo el gas R717.
Rango Temp media [°C]	-10 a 100 ou -50 a 30
Máx. presión de trabajo [bar]	25
Largo [mm]	185 a 1550

**7.4
Resumen**

Solución		Aplicación
Válvulas de seguridad		
Válvulas de seguridad SFA + válvula de paso DSV		Protección de recipientes, compresores e intercambiadores de calor contra presión excesiva
Válvula de descarga BSV + válvula de descarga accionada por piloto POV		Protección de compresores y bombas contra presión excesiva
Controles de interruptor de presión		
Interruptor de presión RT		Protección de compresores contra descarga demasiado alta y presión de succión demasiado baja
Interruptor de presión diferencial MP 55		Protección de compresores alternativos contra presión de aceite demasiado baja
Termostato RT		Protección de compresores contra temperatura de descarga demasiado alta
Dispositivos de nivel de líquido		
Interruptor de nivel de líquido - AKS 38		Protección del sistema contra nivel de refrigerante demasiado alto/bajo en los recipientes
Visor de nivel de líquido, LLG		Inspección visual del nivel de refrigerante líquido en los recipientes

**7.5
Literatura de referencia**

Para una descripción alfabética de toda la literatura de referencia, por favor vea la página 104

Folleto técnico / Manual

Tipo	N° Literatura
AKS 38	RD.5M.A
BSV	RD.7F.B
DSV	PD.IE0.A
LLG	PD.GG0.A
MLI	PD.GH0.A
MP 55 A	RD.5C.B

Instrucción del producto

Tipo	N° Literatura	Tipo	N° Literatura
AKS 38	RI.5M.A	POV	PI.ID0.A
BSV	RI.7F.A	RT 1A	RI.5B.C
DSV	PI.IE0.A / RI.7D.A	RT 5A	RI.5B.C
LLG	RI.6D.D	SFA	RI.7F.F
MP 55 A	RI.5C.E		

Para descargar la más reciente versión de la literatura, por favor visite el sitio en Internet de Danfoss <http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

8. Controles de bomba de refrigerante

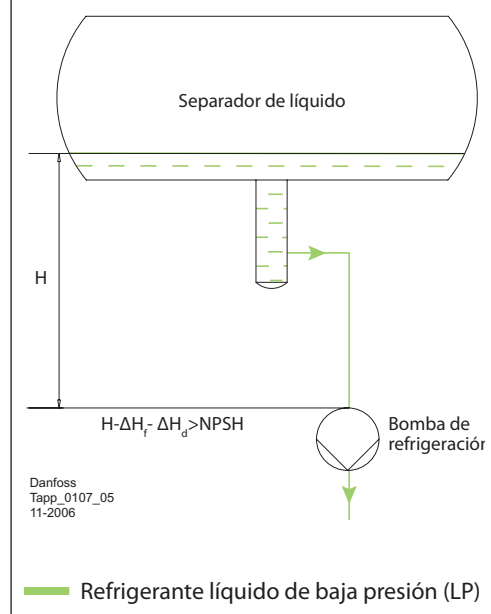
Generalmente, los sistemas de refrigeración industrial, tienen bombas de circulación de refrigerante líquido. Existen pocas ventajas de las bombas de circulación, comparada con los sistemas de tipo DX:

- Las bombas proporcionan distribución eficiente del refrigerante líquido a los evaporadores y retornan de la mezcla del vapor líquido al separador de la bomba;
- Es posible disminuir el recalentamiento a más o menos 0 K, por esa razón aumenta la eficiencia de los evaporadores, sin riesgo de regreso de líquido en el compresor.

Cuando instale la bomba, debe tomar cuidado para prevenir cavitación. La cavitación puede ocurrir sólo si la presión estática del líquido refrigerante en la entrada de la bomba, es más baja que la presión de saturación correspondiente a la temperatura del líquido en este punto.

Por lo tanto la altura del líquido H sobre la bomba, debe ser por lo menos capaz de compensar la pérdida de la presión de fricción ΔH_f a través de la tubería y de las válvulas, la pérdida de entrada de la tubería ΔH_d , y la aceleración del líquido dentro de la bomba Impellor ΔH_p (carga de succión positiva neta de la bomba o NPSH), como se muestra en la fig. 8.1.

Fig. 8.1 Colocando la bomba



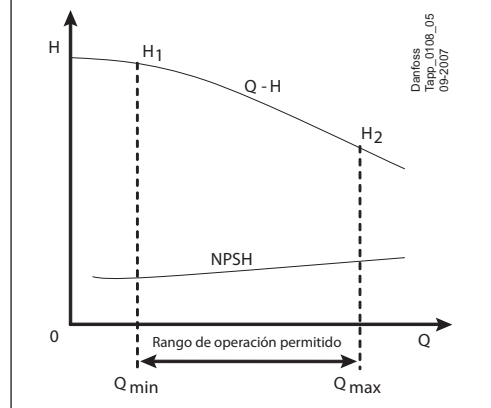
Para mantener la bomba de refrigerante en operación sin dificultades, debe mantenerse el flujo a través de la bomba dentro del rango de operación permitido, fig. 8.2.

Si el caudal es demasiado bajo, el calor del motor puede evaporar parte del refrigerante y producir funcionamiento en seco o cavitación de la bomba.

Cuando el flujo es demasiado alto, la características de la NPSH (Carga de succión Positiva Neta) de la bomba, deteriora para un grado que la carga de succión positiva disponible llega a ser demasiado baja para prevenir la cavitación.

Por consiguiente, los sistemas deben ser diseñados para que la bomba refrigerante mantenga este flujo dentro del rango de operación.

Fig. 8.2 Una curva típica Q-H para bombas



8.1 Protección de la bomba con control de presión diferencial

Las bombas son fácilmente dañadas por la cavitación. Para evitar la cavitación, es importante mantener suficiente carga de succión positiva para la bomba. Para lograr una carga de succión suficiente, se instala en el separador de líquido, un interruptor de bajo nivel AKS 38.

Sin embargo, aunque sea instalado el interruptor de bajo nivel en el separador de líquido, es mantenido por encima del nivel mínimo aceptable, puede ocurrir aún la cavitación.

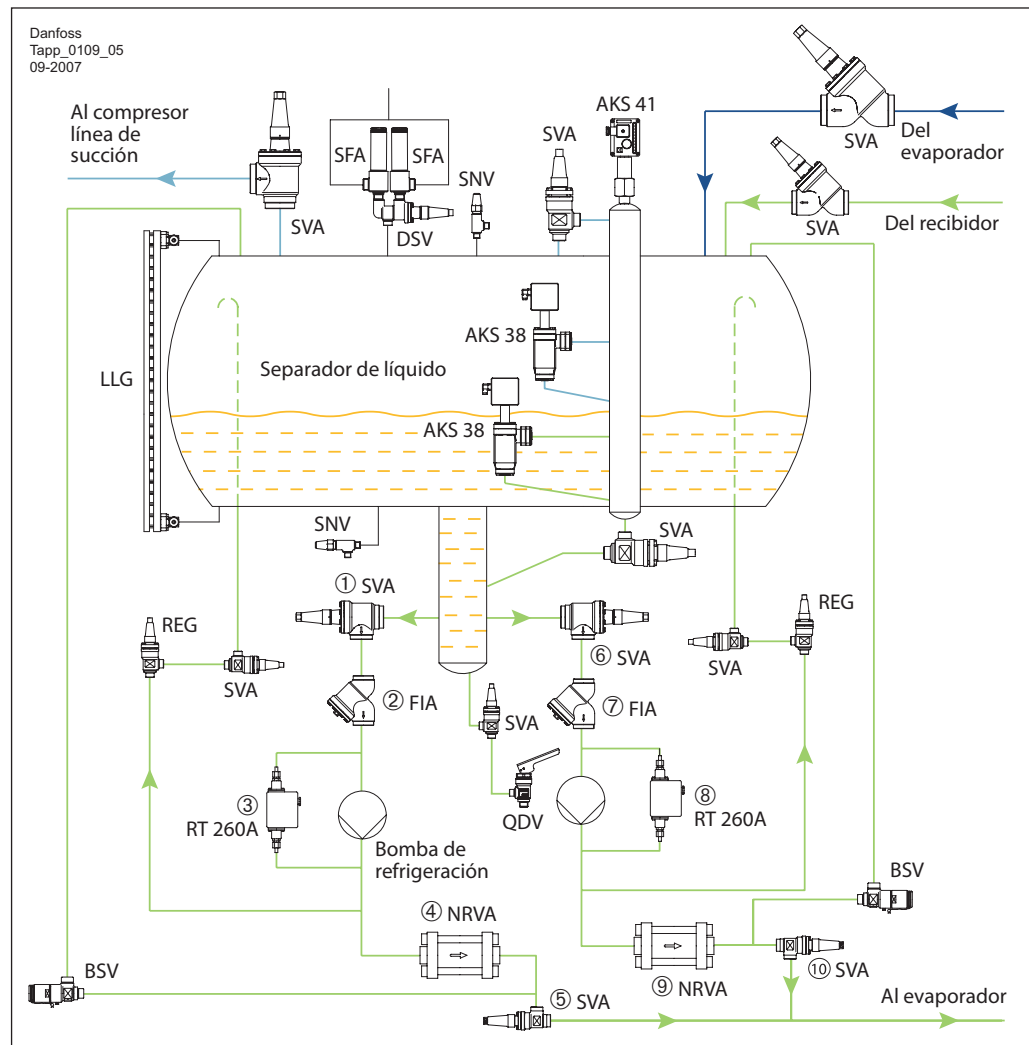
Por ejemplo, operaciones incorrectas en los evaporadores, pueden causar incremento de flujo a través de la bomba, el interruptor de nivel bajo, puede fallar y el filtro, antes de la bomba, puede ser bloqueada, etc.

Todo esto puede dar como resultado en la cavitación. Por consiguiente, es necesario cerrar la bomba para protección, cuando la presión diferencial cae por debajo de H_2 en la fig. 8.2 (equivalentes a $Q_{m\acute{a}x}$).

Ejemplo de aplicación 8.1.1:
Protección de la bomba
con control de presión
diferencial RT260A

- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)

- ① Válvula de cierre
- ② Filtro
- ③ Interruptor de presión diferencial
- ④ Válvula de retención
- ⑤ Válvula de cierre
- ⑥ Válvula de cierre
- ⑦ Filtro
- ⑧ Interruptor de presión diferencial
- ⑨ Válvula de retención
- ⑩ Válvula de cierre



Los controles de presión diferencial son usados para protección contra la diferencia de presión demasiado baja. El RT 260A ③ y ⑧ son suministrados sin un relé temporizado y causa una interrupción momentánea cuando la presión diferencial cae por debajo de la configuración de los controles de presión.

Debido a que la caída de presión, puede inducir a la cavitación, se recomienda instalar un tamiz 500µ. Se pueden utilizar tamices más finos durante la limpieza, pero cerciórese de tener en cuenta la caída de presión cuando diseñe la tubería. Adicionalmente, es necesario reemplazar el tamiz después de un periodo de tiempo.

Los filtros FIA ② y ⑦ son instalados en la línea de la bomba para retirar partículas y proteger las válvulas de control automáticas y las bombas de daños, obstrucciones y desgaste. El filtro puede ser instalado en cualquier línea de succión o línea de descarga de la bomba.

Si un filtro es instalado en la línea de descarga, la caída de presión no es tan crucial y puede ser usado un filtro 150-200µ. Es importante observar que en esta instalación, las partículas todavía puedan entrar en la bomba antes de ser retirado del sistema.

Si el filtro es instalado en la línea de succión antes de la bomba, éste protegerá principalmente la bomba contra las partículas. Esto es particularmente importante, durante la limpieza inicial en el transcurso de la puesta en marcha.

Las válvulas de retención NRVA ④ y ⑨ son instaladas en las líneas de descarga de las bombas para proteger las bombas contra flujo invertido (presión) durante el congelamiento.

Datos técnicos

	Control de presión diferencial - RT 260A/252A/265A/260AL
Refrigerantes	R717 y refrigerantes fluorados
Protección	IP 66/54
Rango de temperatura [°C]	-50 a 70
Rango regulación [bar]	0,1 a 11
Max. presión de trabajo [bar]	22/42

8.2 Control de flujo con bypass de la bomba

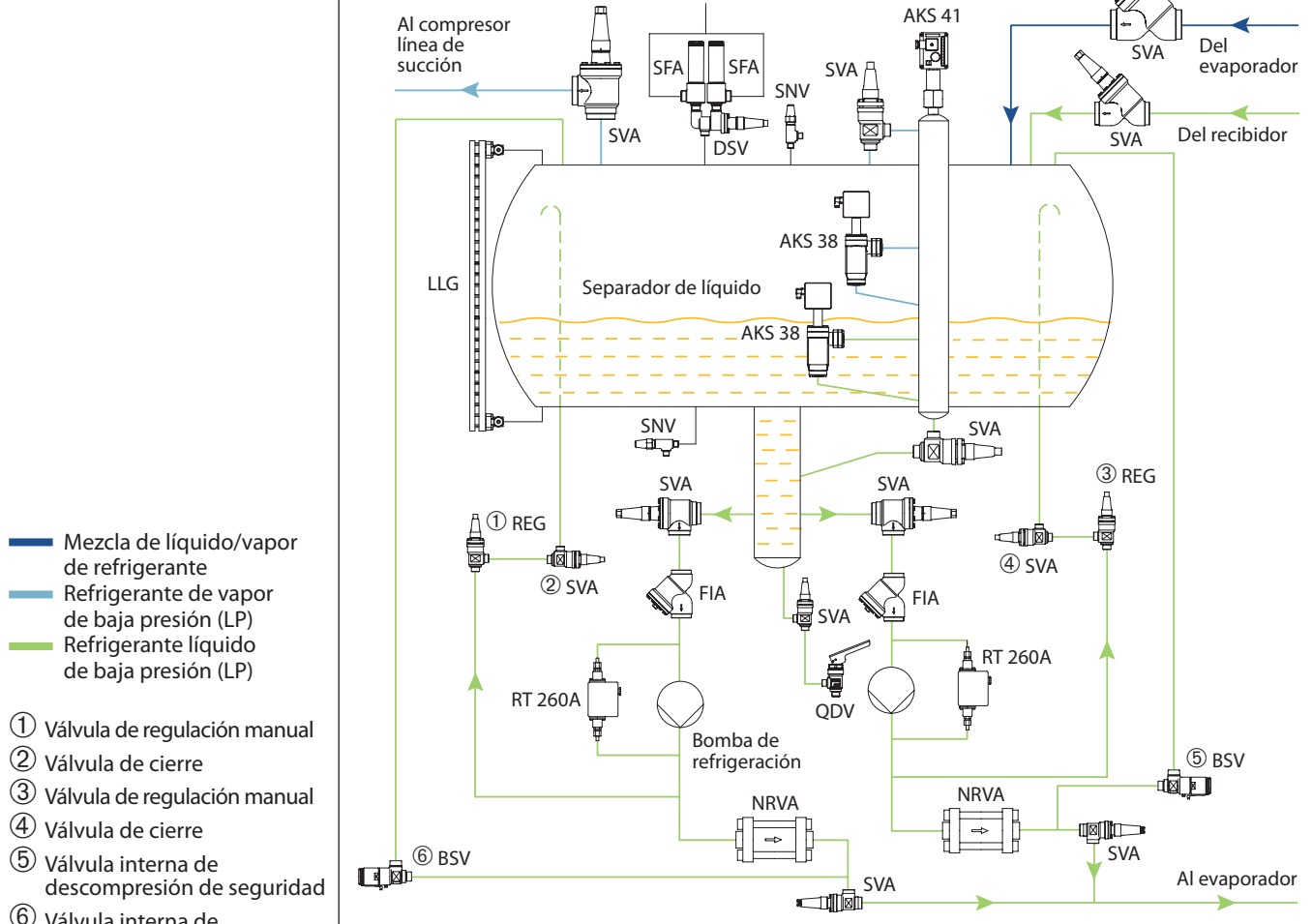
La manera más común de mantener el flujo a través de la bomba, sobre el valor mínimo permitido (Q_{min} en la fig. 8.2) es para diseñar un flujo de desvío para la bomba.

La línea de paso (bypass), puede ser diseñada con válvula de regulación REG, válvula de descarga

OFV de presión diferencial o incluso un orificio exacto.

Incluso si el suministro de líquido para todos los evaporadores en el sistema es suspendido, la línea de paso puede mantener incluso un flujo mínimo a través de la bomba.

Ejemplo de aplicación 8.2.1: Control de flujo de la desviación de la bomba con REG



La línea de paso es diseñada para cada bomba con válvula de regulación REG. La válvula de descarga interna BSV es diseñada para el alivio de seguridad cuando existe presión

excesiva. Por ejemplo, cuando las válvulas de cierre están cerradas, el refrigerante líquido atrapado en las tuberías, puede calentarse por la excesiva alta presión.

Datos técnicos

	Válvula de regulación - REG
Materiales	Acero especial resistente al frío, aprobado para operación en baja temperatura
Refrigerantes	Todos los refrigerantes comunes no inflamables, incluyendo el R717
Rango de temperatura media [°C]	-50 a +150
Máx. presión de trabajo [bar]	40
Presión de prueba [bar]	Prueba de resistencia 80 Prueba de fuga: 40
Valor K_v , [m³/h]	0,17 a 81,4 para válvulas abiertas completamente

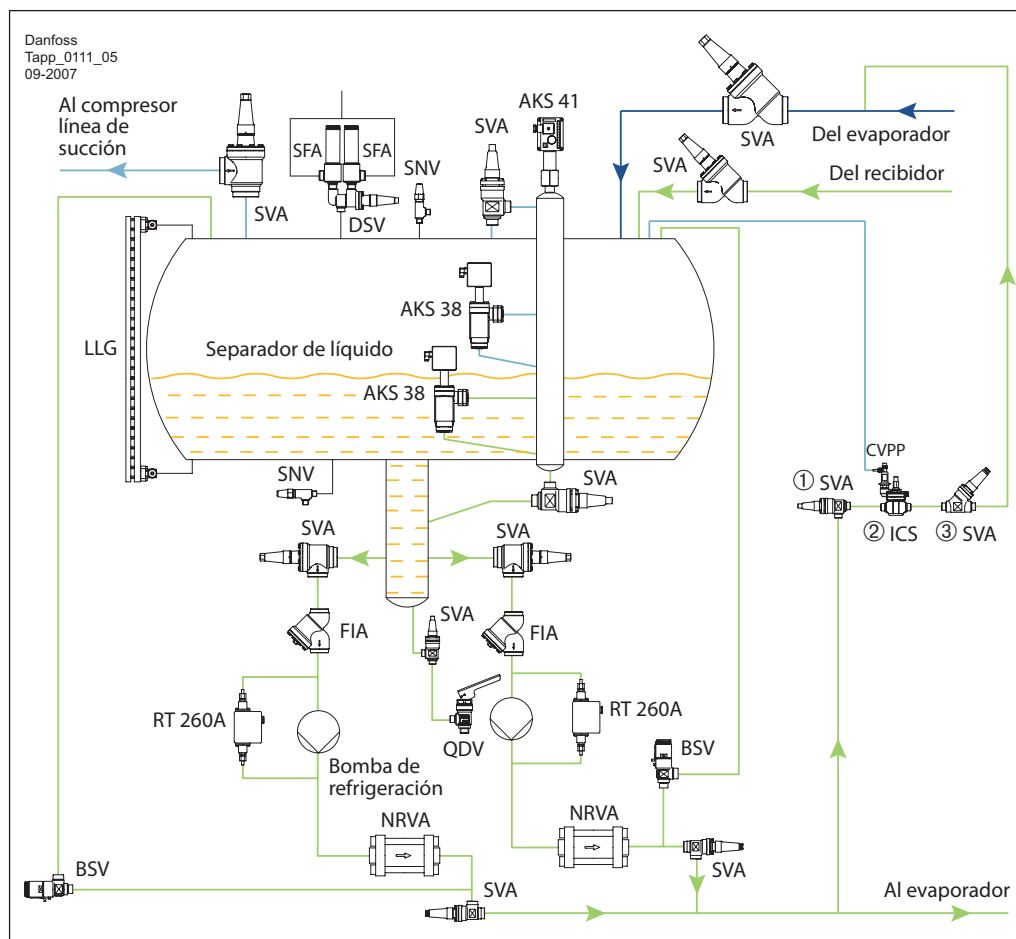
	Válvula de alivio de seguridad - BSV
Materiales	Carcasa: acero especial, aprobado para operación en baja temperatura
Refrigerantes	R717, HFC, HCFC y otros refrigerantes (dependiendo de la compatibilidad del material de cierre)
Rango de temperatura media [°C]	-30 a 100 como una válvula de alivio de seguridad externa -50 a 100 como una válvula piloto para POV
Presión determinada [bar]	10 a 25
Presión de prueba [bar]	Prueba de resistencia: 43 Prueba de fuga: 25

8.3 Control de presión de la bomba

Es de gran importancia para algunos tipos de sistemas de circulación de bombas, que puede mantenerse una presión diferencial constante a través de la válvula de estrangulación permanentemente fijada antes del evaporador. Al usar la válvula servoaccionada ICS controlada

con el piloto CVPP, es posible mantener una presión diferencial constante a través de la bomba y por consiguiente, una presión diferencial constante a través de la válvula de estrangulación.

Ejemplo de aplicación 8.3.1:
Control de presión diferencial de la bomba con ICS y CVPP



- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)

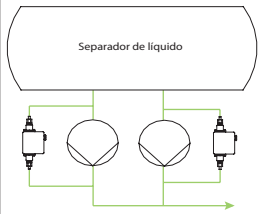
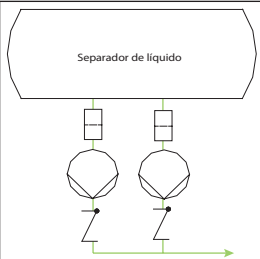
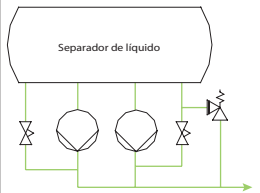
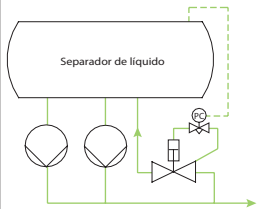
- ① Válvula de cierre
- ② Regulador de presión diferencial
- ③ Válvula de cierre

Datos técnicos

	Válvula servoaccionada - ICS accionada por piloto
<i>Materiales</i>	Cuerpo: acero de baja temperatura
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerantes comunes, Inclusive el R717 y R744
<i>Rango de temperatura media [°C]</i>	-60 a 120
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	52
<i>DN [mm]</i>	20 a 80

	Válvula piloto de presión diferencial - CVPP
<i>Materiales</i>	Cuerpo: Acero inoxidable
<i>Refrigerantes</i>	Todos los refrigerantes comunes no inflamables incluso el R717
<i>Rango de temperatura media [°C]</i>	-50 a 120
<i>Máx. presión de trabajo [bar]</i>	CVPP(HP): 28 CVPP(LP): 17
<i>Rango regulación [bar]</i>	0 a 7, o 4 a 22
<i>Valor K_v [m³/h]</i>	0,4

8.4
Resumen

Solución		Aplicación	Beneficios	Limitaciones
Protección de la bomba con control de presión diferencial				
La protección de la bomba con control de presión diferencial RT 260A		Aplicable para todos los sistemas de circulación de bomba.	Simple. Eficaz en la protección de la bomba contra presión diferencial baja (correspondiente a flujo alto).	No se aplica para refrigerantes inflamables.
Filtro y válvula de retención				
Filtro FIA y válvula de retención NRVA en la línea de la bomba		Aplicable para todos los sistemas de circulación de bomba.	Simple. Eficaz en la protección de la bomba contra reflujo y partículas.	El Filtro en la línea de succión puede inducir a la cavitación cuando está bloqueado. El Filtro en la línea de descarga, permite que las partículas ingresen a la bomba.
Control de flujo con bypass de la bomba				
Control del flujo del tubo de desviación de la bomba con REG y protección con válvula de alivio de seguridad BSV		Aplicable para todos los sistemas de circulación de bomba.	Simple. Eficaz y confiable en mantener el flujo mínimo para la bomba. La válvula de seguridad puede evitar, efectivamente presión excesiva.	Parte de la energía de la bomba perdida.
Control de presión de la bomba				
Control de presión de la bomba con ICS y CVPP		Aplicable a los sistemas de circulación de la bomba que requieren presión diferencial constante a través de las válvulas regulables antes de los evaporadores.	Proporciona una presión diferencial constante y relación de circulación para los evaporadores	Parte de la energía de la bomba perdida.

8.5
Literatura de referencia

Para una descripción alfabética de toda la literatura de referencia, por favor vea la página 104

Folleto técnico / Manual

Tipo	N° Literatura
BSV	RD.7F.B
CVPP	PD.HN0.A
FIA	PD.FN0.A
ICS	PD.HS0.A

Tipo	N° Literatura
NRVA	RD.6H.A
REG	PD.KM0.A
RT 260A	PD.CB0.A
SVA	PD.KD0.A

Instrucción del producto

Tipo	N° Literatura
BSV	RI.7F.A
CVPP	RI.4X.D
FIA	PI.FN0.A
ICS	PI.HS0.A

Tipo	N° Literatura
NRVA	RI.6H.B
REG	PI.KM0.A
RT 260A	RI.5B.B
SVA	PI.KD0.B

Para descargar la más reciente versión de la literatura, por favor visite el sitio en Internet de Danfoss <http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

9. Otros

9.1 Filtros deshidratadores en sistemas fluorados

Agua, ácidos y partículas aparecen naturalmente en sistemas de refrigeración fluorados. El agua puede entrar al sistema como resultado de la instalación, servicio, filtración, etc.; los Ácidos son generados por descomposición de refrigerantes y aceites; y las partículas usualmente son de soldadura, desechos de soldadura, reacción entre refrigerantes y aceite, etc.

Se forma ácido como resultado de la descomposición del refrigerante y el aceite.

Las partículas suelen ser resultado de residuos de soldadura, de la reacción entre el refrigerante y el aceite, etc.

Falla al almacenar los contenidos de los ácidos, agua y partículas dentro de los límites aceptables, reducirá significativamente de por vida el sistema de refrigeración e incluso pueden quemar el compresor.

Demasiada humedad en los sistemas con temperaturas de evaporación por debajo de 0°C pueden formar hielo, el cual puede bloquear las válvulas de control, válvulas solenoide, filtros y así sucesivamente. Las partículas aumentan el desgaste natural del compresor y las válvulas, así como la posibilidad de crear una obstrucción. Los ácidos no son corrosivos, si no existe agua. Pero en la solución de agua, los ácidos pueden corroer las tuberías y placas de las superficies de los cojinetes calientes en el compresor.

Este recubrimiento fortalece las superficies de los cojinetes calientes, incluyendo la bomba de aceite, cigüeñal, bielas, anillos para pistón, varilla de válvula de descarga y succión, etc. Este recubrimiento provoca que los cojinetes funcionen más calientes, mientras que el intervalo de la lubricación en los cojinetes se reduce a medida que el recubrimiento llega a ser más denso.

El enfriamiento de los cojinetes es reducido debido a la menor circulación de aceite a través del intervalo del cojinete. Esto provoca que esos componentes lleguen a calentarse cada vez más. Las placas de revestimientos de la válvula comienzan a filtrar causando efecto de recalentamiento de una descarga más alta. Como los problemas aumentan, la falla del compresor es inminente.

Los filtros deshidratadores están diseñados para evitar todas las circunstancias anteriores. Los filtros deshidratadores sirven para dos funciones: función de secado y función de filtrado.

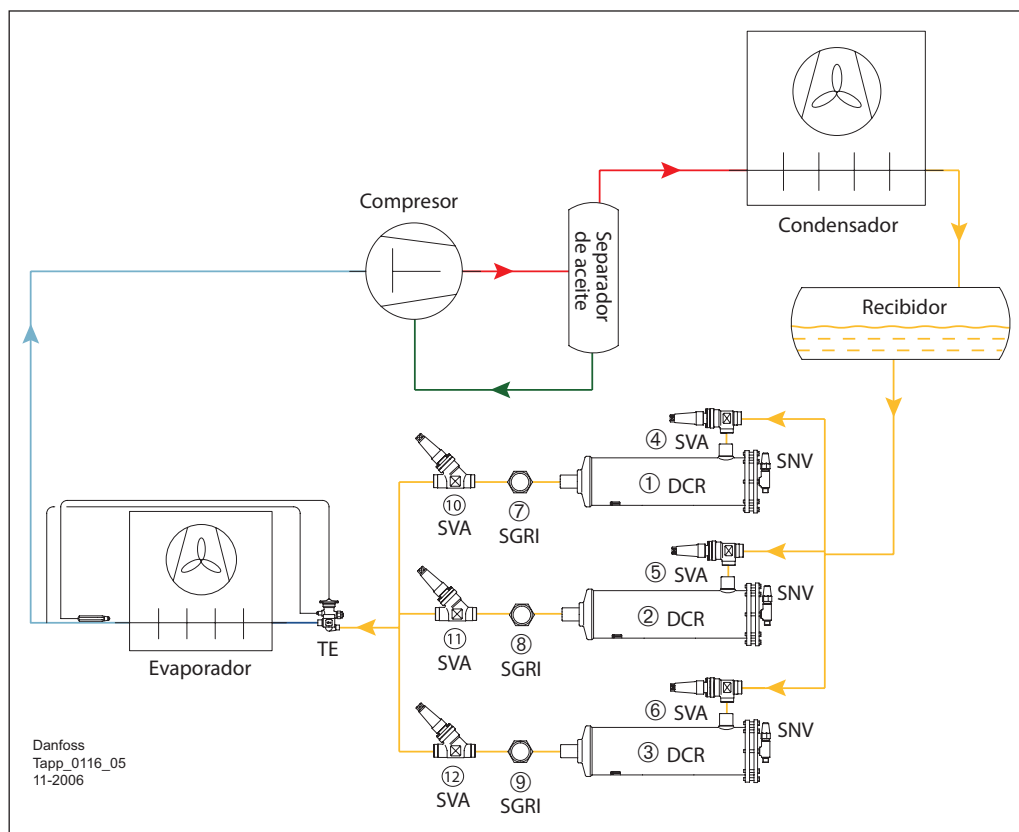
La función de secado, constituye la protección química e incluye la absorción del agua y ácidos. El propósito es prevenir la corrosión de la superficie de metal, descomposición del aceite y refrigerante y evitar quemar los motores.

La función de filtro constituye la protección física e incluye retención de las partículas e impurezas de cualquier tipo. Esto minimiza el desgaste del compresor, lo protege contra daños y prolonga su vida significativamente.

Ejemplo de aplicación 9.1.1:
Los filtros deshidratadores en sistemas fluorados

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)

- ① Filtros deshidratadores
- ② Filtros deshidratadores
- ③ Filtros deshidratadores
- ④ Válvula de cierre
- ⑤ Válvula de cierre
- ⑥ Válvula de cierre
- ⑦ Indicador visual
- ⑧ Indicador visual
- ⑨ Indicador visual
- ⑩ Válvula de cierre
- ⑪ Válvula de cierre
- ⑫ Válvula de cierre



Para sistemas fluorados, los filtros deshidratadores son normalmente instalados en la línea del líquido antes de la válvula de expansión. En esta línea, sólo existe flujo de líquido a través del filtro deshidratador (diferente del flujo de doble fase, después de la válvula de expansión).

La caída de presión a través de filtro deshidratador es menor y la caída de presión en esta línea tiene poca influencia en el desempeño del sistema. La instalación del filtro deshidratador también puede prevenir la formación de hielo en la válvula de expansión.

En las instalaciones industriales, la capacidad de un filtro deshidratador no es normalmente suficiente para secar todo el sistema, por consiguiente los filtros deshidratadores pueden ser instalados en paralelo.

El DCR es una piedra desecante con núcleos macizos intercambiables. Existe tres tipos de núcleos macizos: DM, DC y DA.

- **DM** - 100% de núcleo macizo de adecuado tamiz molecular para refrigerantes HFC y CO₂;
- **DC** - 80% de tamiz molecular y 20% de núcleo macizo de alúmina activada para refrigerantes CFC & HCFC y compatible con refrigerantes HFC;

- **DA** - 30% de tamiz molecular y 70% núcleo macizo de alúmina activada, limpiar después de la quema del compresor y compatible con refrigerantes CFC / HCFC / HFC.

Además de los núcleos macizos comunes, citados anteriormente, Danfoss también proporciona otros núcleos hechos a la medida para el cliente. Y Danfoss también proporciona filtro deshidratador con núcleos macizos determinados. Para mayor información, vea el catálogo del producto o entre en contacto con sus compañía de venta local.

El indicador de líquido, con indicador para HCFC/CFC, tipo SGRI, es instalado después del filtro deshidratador para indicar el contenido del agua después de secarse. También puede proporcionarse el indicador visual con indicador para otros tipos de refrigerantes. Para mayor información, por favor, vea el catálogo del producto Danfoss.

Datos técnicos

	Piedras desecantes - DCR
Refrigerantes	CFC/HFC/HCFC/R744
Materiales	Carcasa: Acero
Máx. presión de trabajo [bar]	HP:46
Rango temperatura operacional [°C]	-40 a 70
Núcleos macizos	DM/DC/DA

9.2 Filtros deshidratadores en sistemas CO₂

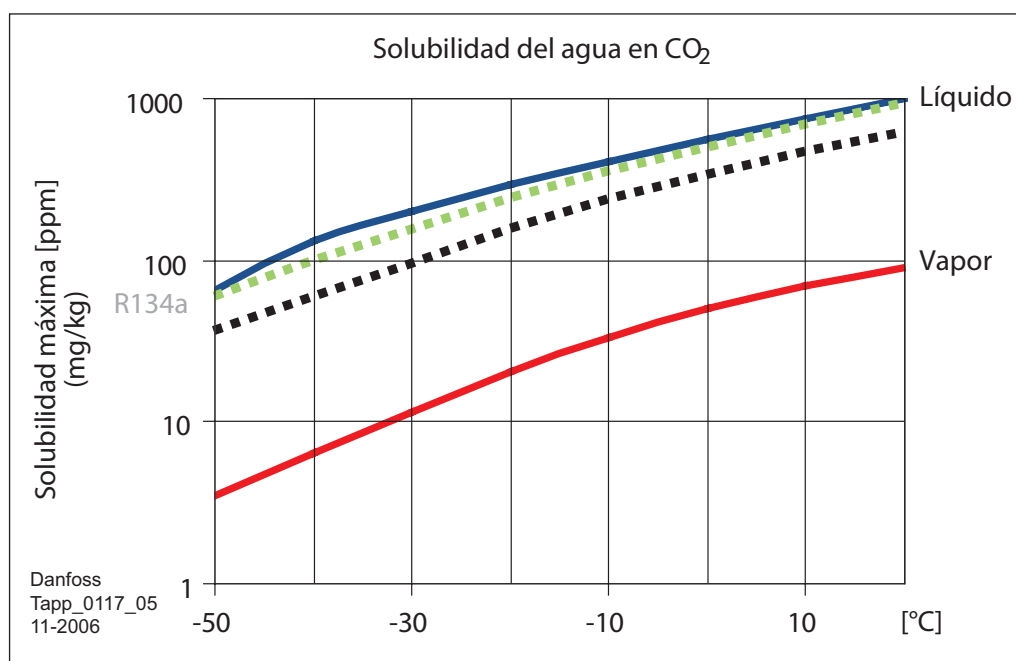
En muchos aspectos el CO₂ es un refrigerante mucho menos complicado, pero tiene algunas características únicas, comparadas con otros refrigerantes comunes. Una característica, es la solubilidad del agua en CO₂. Tal como se muestra en la siguiente figura, existe una pequeña diferencia entre la solubilidad en ambos, el líquido y las fases del vapor de R134a. Sin embargo, con el CO₂, esta diferencia es muy significativa.

Lo que sucede en el sistema fluorado también puede ocurrir en los sistemas de CO₂ cuando el agua, los ácidos y las partículas están presentes en el sistema, por ejemplo bloqueo por partículas y corrosión por ácidos.

Además, la única solubilidad del agua de CO₂ aumentará el riesgo de congelamiento en los sistemas de CO₂.

En el evaporador, cuando el líquido CO₂ se evapora, la solubilidad del agua en el refrigerante disminuye significativamente cuando la relación de circulación está cerca de uno. Esto causa un riesgo de crear agua residual. Si esto ocurre y la temperatura está por debajo de 0°C, el agua residual se congelará y los cristales de hielo podrán bloquear las válvulas de control, válvulas solenoide, filtros y otro equipo.

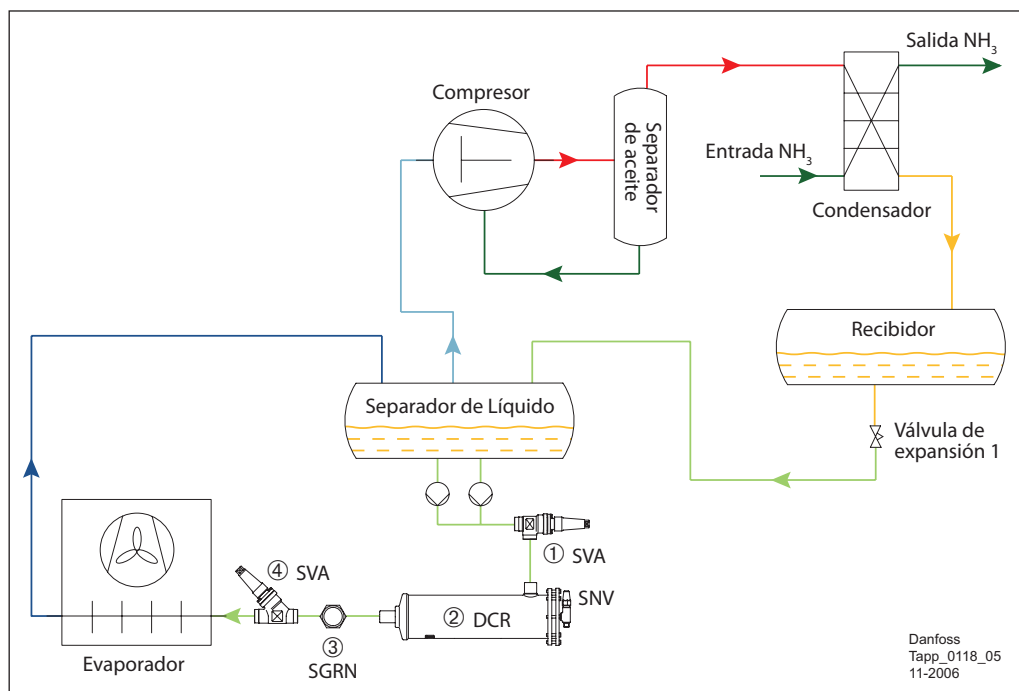
La instalación de los filtros deshidratadores, aun es el método más eficiente para evitar el congelamiento mencionado anteriormente, bloqueos y reacciones químicas. Y los filtros deshidratadores tipo mineral comúnmente usados en sistemas fluorados hay demostrado ser efectivo para los sistemas CO₂. Para instalar los filtros deshidratadores en un sistema CO₂, la única solubilidad de agua también debe ser tomada en consideración.



Ejemplo de aplicación 9.2.1:
Filtros deshidratadores en CO₂
sistemas de circulación
de líquido bombeados

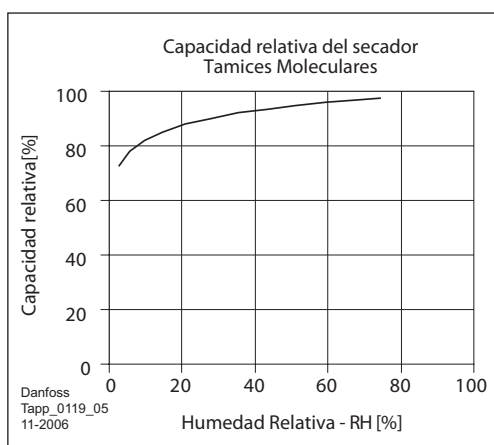
- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)
- Aceite

- ① Válvula de cierre
- ② Filtros deshidratadores
- ③ Indicador visual
- ④ Válvula de cierre



Para instalar un filtros deshidratadores en un sistema CO₂, debe considerarse el siguiente criterio:

- **Humedad relativa**
Como se muestra en la siguiente figura, cuando el RH es demasiado bajo, la capacidad del filtros deshidratadores disminuye rápidamente.
- **Caída de presión**
La caída de presión a través de filtros deshidratadores debe ser pequeña. Y el desempeño de los sistemas no deben ser sensibles a esta caída de presión.
- **Flujo de doble fase**
Debe ser evitado el flujo de doble fase a través del filtro deshidratador, el cual trae riesgo de congelamiento y bloqueo debido a las únicas características de solubilidad de agua.



En sistemas de circulación de líquido bombeado CO₂, son recomendados los filtros deshidratadores para ser instalados en las líneas líquidas antes de los evaporadores. Sobre estas líneas el RH es alto, no existe dos fases de flujo y no es sensible a la caída de presión.

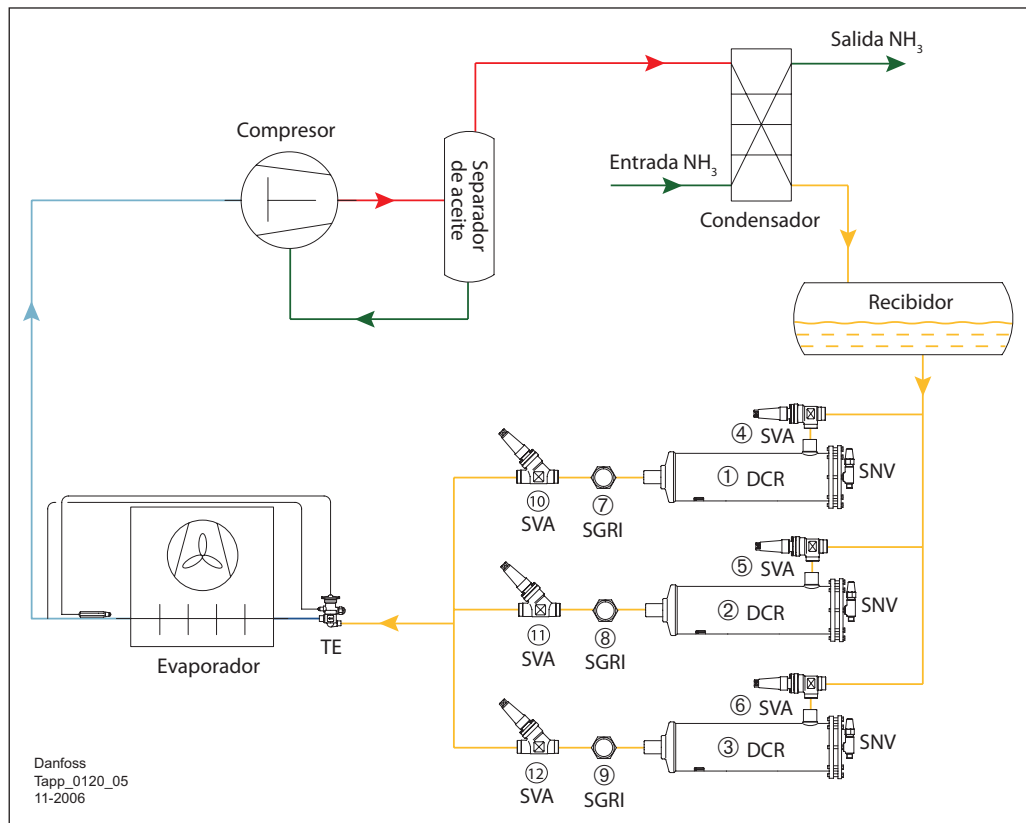
- No es recomendable la instalación en otras posiciones por las siguientes razones:
1. En el circuito de la válvula de expansión del condensador del compresor, el RH es bajo. En el líquido separador, existe más del 90% de agua, en la fase de líquido debido a menos solubilidad del vapor CO₂ comparado con el líquido. Por consiguiente, es transformada poca agua dentro del circuito del compresor por el vapor de succión. Si los filtros deshidratadores son instalados en el circuito, el secador tendrá capacidad muy pequeña.
 2. En la línea de succión existe un riesgo de "congelamiento" debido al flujo de dos fases como lo mencionado.
 3. En la línea de líquido antes de las bombas del refrigerante, la caída de presión aumenta el riesgo de cavitación en las bombas.

Si la capacidad de un filtro deshidratadore no es suficiente, varios filtros deshidratadores pueden ser considerados en paralelo.

Ejemplo de aplicación
9.2.2: Sistemas de filtros deshidratadores DX en CO₂

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Aceite

- ① Filtros deshidratadores
- ② Filtros deshidratadores
- ③ Filtros deshidratadores
- ④ Válvula de cierre
- ⑤ Válvula de cierre
- ⑥ Válvula de cierre
- ⑦ Indicador visual
- ⑧ Indicador visual
- ⑨ Indicador visual
- ⑩ Válvula de cierre
- ⑪ Válvula de cierre
- ⑫ Válvula de cierre



En un sistema CO₂ DX, la concentración de agua es la misma es a través del sistema, de esta manera el RH está sólo hasta la solubilidad del agua del refrigerante.

A pesar que el RH en la línea de líquido antes de la válvula de expansión es relativamente pequeña, debido a la alta solubilidad del agua de líquido de alta temperatura CO₂. Incluso, es recomendable que los filtros deshidratadores sean instalados en esta línea (misma posición como sistema fluorados) por las siguientes razones:

1. En la línea de succión y descarga, esta es sensible a la caída de presión, así como el alto riesgo de congelamiento de la línea de succión. Los filtros deshidratadores no son recomendados para ser instalados aquí, a pesar que los RH son altos.
2. En la línea de líquido después de la válvula de expansión, la instalación de los filtros deshidratadores también debe ser evitada debido al flujo de doble fase.

9.3 Eliminación de agua en sistemas de amoníaco

El asunto del agua en sistemas de amoníaco es único, comparado con sistemas fluorados y sistemas CO₂:

La estructura molecular del amoníaco y el agua son similares, ambos pequeños y opuestos y como un resultado de ambos, el amoníaco y el agua son completamente solubles.

Como resultado de la semejanza del amoníaco y del agua molecular, no han existido filtros deshidratadores eficientes para el amoníaco. Además, debido a la alta solubilidad del agua en el amoníaco, el agua residual es difícil para extraer de la solución.

El agua y el amoníaco coexistirán y actuarán como un tipo de refrigerante mineral, la relación P-T saturada no es igual como el amoníaco anhidro. Éstos son factores respecto al por qué los sistemas de amoníaco son diseñados raramente como sistemas DX: Por otro lado, el amoníaco líquido es fuerte al evaporarse completamente cuando el agua está presente, lo cual inducirá al golpe de ariete; por otro lado, ¿Cómo puede funcionar correctamente una válvula de expansión termostática, cuando cambia la relación P-T saturada?

Los sistemas de circulación del líquido bombeados pueden evitar adecuadamente los daños potenciales del agua en los compresores. Con la entrada solamente del vapor, en la línea de succión, se evita el golpe de ariete y con la condición de que no exista demasiada agua en el líquido, el vapor no contendrá casi nada de agua (máximo recomendable de 0.3%), el cual podrá evitar efectivamente la contaminación del aceite por el agua.

Mientras que los sistemas de circulación líquida bombeados evitarán efectivamente daños en los compresores, esto también mantiene desapercibidas las otras penalidades del agua:

- **El COP del sistema es reducido**
Cuando hay contenido de agua, la relación P-T saturada del refrigerante será diferente del amoníaco puro. Específicamente, el refrigerante se evaporará a una temperatura más alta por presión determinada. Esto disminuirá la capacidad de refrigeración del sistema y aumentará el consumo de energía.
- **Corrosión**
El amoníaco llega a ser corrosivo con el agua presente y comienza a corroer la tubería, válvulas, recipientes, etc
- **Problemas del compresor**
Si el agua es incorporada dentro de los compresores, por ejemplo, debido a la ineficacia de los separadores de líquido, esto también inducirá a problemas de aceite y corrosión en los compresores.

Por consiguiente, para mantener el sistema de manera eficiente y sin problemas, es recomendable observar regularmente el agua y emplear algún método de eliminación de agua, cuando el contenido del agua se encuentra por encima del nivel aceptable.

Básicamente, existen tres maneras de tratar la contaminación del agua:

- **Cambie la carga**
Esto es adecuado para sistemas con pocas cargas (por ejemplo, enfriadores con evaporadores tipo placa) y debe cumplir con la legislación local.
- **Recuperación de algunos evaporadores**
Esto es adecuado para algunos sistemas de gravedad conducidos sin descongelamiento de gas caliente. En estos sistemas, el agua permanece en el líquido cuando el amoníaco se evapora y se acumula en los evaporadores.
- **Rectificador de agua**
Parte del amoníaco contaminado es drenado dentro del rectificador, donde es calentado con la evaporación del amoníaco y el agua drenada. Para sistemas de circulación de líquido bombeado, Ésta es la única manera de retirar agua.

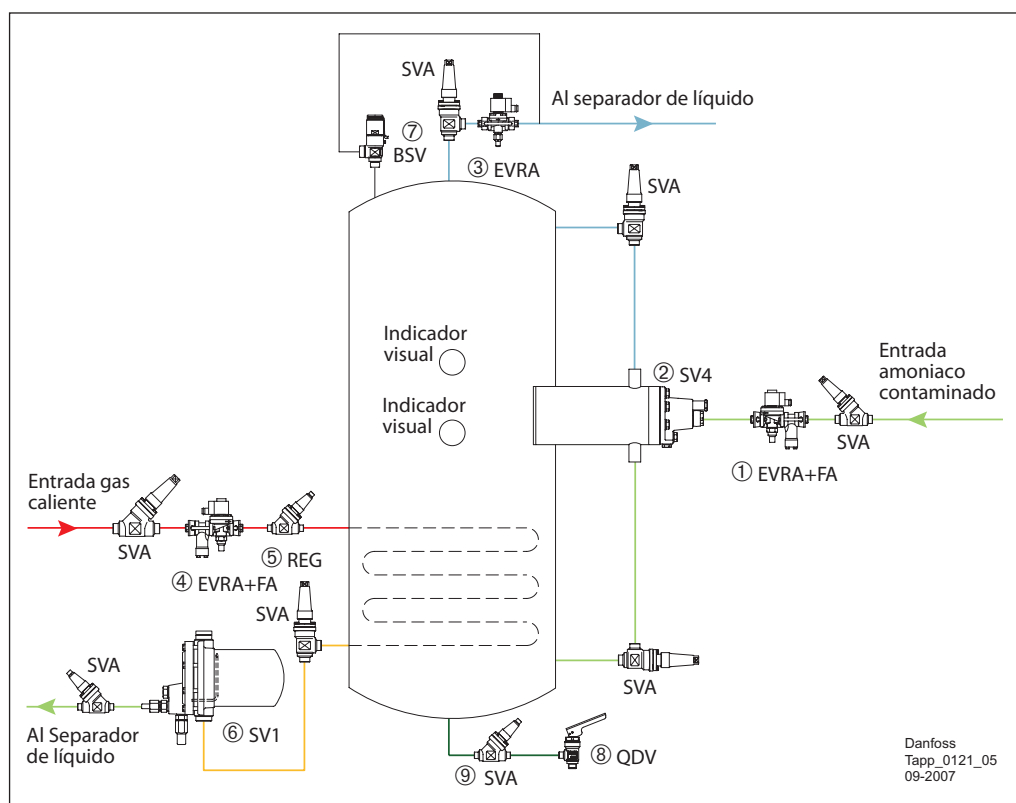
Para mayor información sobre contaminación y eliminación de agua en sistemas de refrigeración, vea folleto IAR 108.

Es necesario mencionar que existe una desventaja en el contenido de agua demasiado baja - la posibilidad de un tipo especial de corrosión de acero. Sin embargo, esto no está probablemente en una planta real.

Ejemplo de aplicación 9.3.1:
rectificador de agua calentado
por gas caliente controlado por
válvulas de flotador

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)
- Aceite

- ① Válvula solenoide
- ② Válvula de flotador de baja presión
- ③ Válvula solenoide
- ④ Válvula solenoide
- ⑤ Válvula de regulación manual
- ⑥ Válvula flotador de alta presión
- ⑦ Válvula de alivio de seguridad interna
- ⑧ Válvula de drenaje rápido
- ⑨ Válvula de cierre



Danfoss
Tapp_0121_05
09-2007

Procedimiento para retirar el agua:

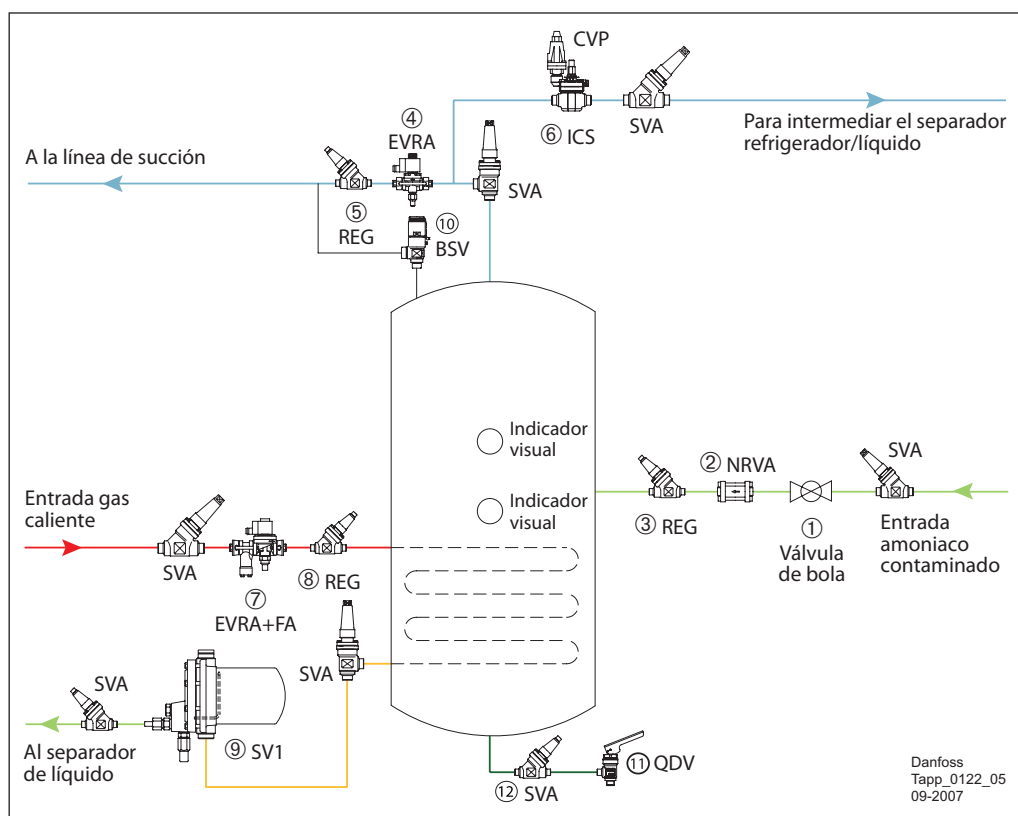
1. Energice la válvula solenoide EVRA ① y ③. El amoníaco contaminado es drenado dentro del recipiente de rectificación. La válvula flotador SV4 ② se cerrará cuando el nivel del líquido en el recipiente alcance el nivel determinado.
2. Energice la válvula solenoide EVRA ④. El gas caliente es alimentado para el interior del serpentín del recipiente y empieza a calentar el amoníaco contaminado. El amoníaco comienza a evaporarse y el agua permanece en el líquido. La válvula flotador SV1/3 ⑥ completa con un kit especial en el interior (mostrado en la línea de punto) controla el flujo del gas calentado de acuerdo con la carga de calentamiento y mantiene la temperatura de calentamiento en la temperatura de condensación del gas calentado. Cuando el amoníaco se evapora en el recipiente y el nivel líquido cae, la válvula flotador SV4 ② se abrirá y drenará más amoníaco contaminado dentro del recipiente.
3. Cuando la rectificación es completada, los niveles en ambos, el recipiente y el serpentín detendrán la carga y la válvula flotador ② y ⑥ se cerrará. Desenergice la válvula solenoide ① y ④, luego abra la válvula de cierre SVA y la válvula de drenaje QDV ⑧, y drene el agua que queda en el recipiente.
4. Cierre la válvula de drenaje QDV ⑧ y la válvula de cierre SVA ⑨. Luego desenergice la válvula ③ de solenoide para detener el proceso de retirada del agua o si es necesario, repita el paso 1 para continuar el proceso.

Para consideraciones de seguridad, la válvula de descarga de seguridad BSV ⑦ es instalada en el recipiente para evitar presión excesiva acumulada.

Ejemplo de aplicación 9.3.2:
El rectificador de agua,
calentado por gas caliente,
equipado con válvula flotador
y válvula de bola

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)
- Aceite

- ① Válvula de bola
- ② Válvula de retención
- ③ Válvula de regulación manual
- ④ Válvula solenoide
- ⑤ Válvula de regulación manual
- ⑥ Válvula de regulación de presión
- ⑦ Válvula solenoide
- ⑧ Válvula de regulación manual
- ⑨ Válvula flotador de alta presión
- ⑩ Válvula de alivio de seguridad interna
- ⑪ Válvula de drenaje rápido
- ⑫ Válvula de cierre



Éste es el proceso manual de retirada de agua.

Éste es el proceso manual de retirada de agua.

1. Energice la válvula solenoide EVRA , luego abra la válvula ① de bola . Amoniaco contaminado del lado de baja presión, es drenado dentro del rectificador de agua. Cuando el amoníaco en el recipiente alcanza el nivel requerido (verifique a través del indicador visual), cierre la válvula de bola y desenergice la válvula ① solenoide EVRA ④.
2. Energice la válvula solenoide EVRA ⑦. El gas caliente es alimentado en el interior del serpentín en el recipiente y empieza a calentar el amoníaco contaminado, con la evaporación del amoníaco y el agua que queda en el líquido. La válvula flotador SV1/3 ⑨ completa con un kit especial dentro (mostrado en la línea de punto) controla el flujo del gas caliente de acuerdo con la carga de calentamiento y mantiene la temperatura de calentamiento en la temperatura de condensación del gas caliente.
3. Cuando se detenga la ebullición en el recipiente (controlar a través de los indicadores de nivel), quite la alimentación a la Válvula solenoide EVRA ⑦, abra la válvula de cierre SVA ⑫. Utilice la válvula de drenaje QDV ⑪ para vaciar la Mezcla agua/amoniaco del recipiente.

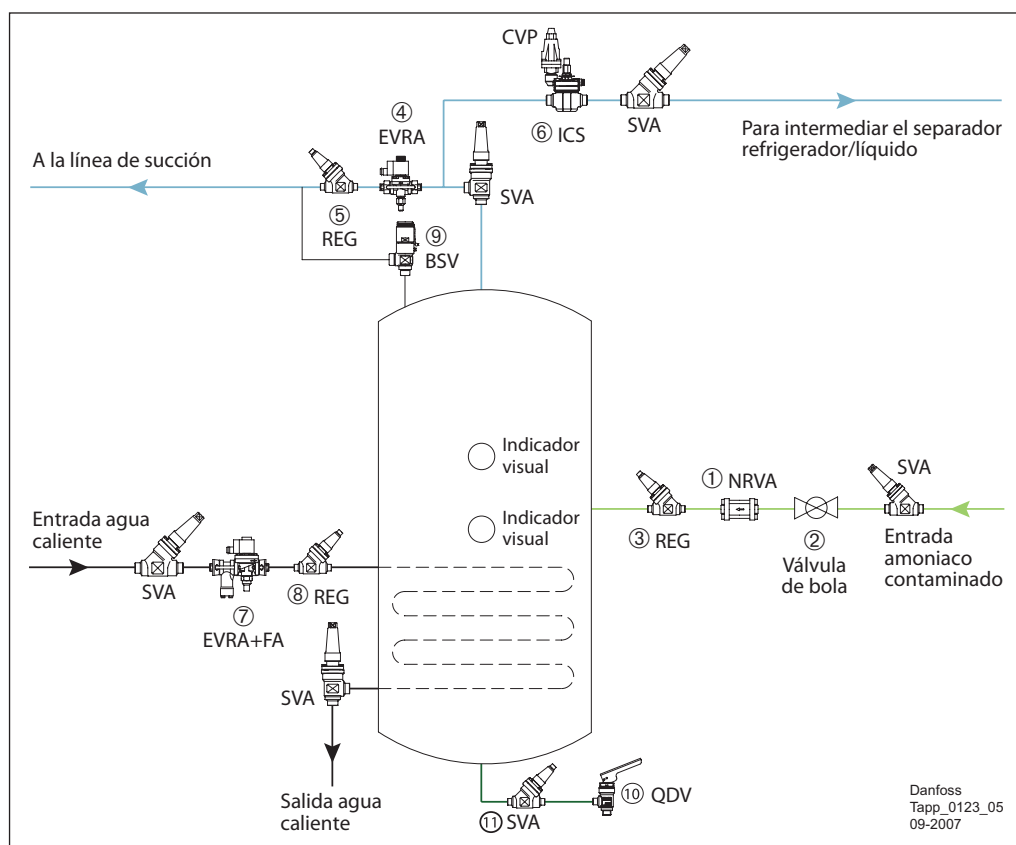
Durante la destilación, es importante mantener la presión correcta y la temperatura en el recipiente. La temperatura no debe ser muy alta, de lo contrario el agua se evaporará. Adicionalmente la temperatura no debe ser muy baja, de lo contrario quedará demasiado amoníaco en el recipiente así como el líquido y será desperdiciado cuando drene. Esto es garantizado por la válvula servoaccionada ICS ⑥ con la válvula piloto de presión constante CVP, la cual mantiene la presión en el recipiente a un nivel óptimo.

Para consideraciones seguras, la válvula de descarga de seguridad BSV ⑩ es instalada en el recipiente para evitar presión excesiva acumulada.

Ejemplo de aplicación 9.3.3:
rectificador de agua
calentado por agua caliente

- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)
- Aceite
- Agua

- ① Válvula de bola
- ② Válvula de retención
- ③ Válvula de regulación manual
- ④ Válvula solenoide
- ⑤ Válvula de regulación manual
- ⑥ Válvula de regulación de presión
- ⑦ Válvula solenoide
- ⑧ Válvula de regulación manual
- ⑨ Válvula de alivio de seguridad interna
- ⑩ Válvula de drenaje rápido
- ⑪ Válvula de cierre



Éste es un proceso manual de retirada de agua con agua caliente como fuente de calor. El agua caliente suministrada mediante recuperación del calor.

Pasos para retirada del agua:

1. Energice la válvula solenoide EVRA ④, luego abra la válvula ① de bola. Amoníaco contaminado del lado de baja presión, es drenado dentro del rectificador de agua. Cuando el amoníaco en el recipiente alcanza el nivel requerido (verifique a través del indicador visual), cierre la válvula de bola y desenergice la válvula ① solenoide EVRA ④.
2. Abra la válvula solenoide EVRA ⑦. El agua caliente es alimentada en el interior del serpentín en el recipiente y empieza a calentar el amoníaco contaminado, con la evaporación del amoníaco y el agua que queda en el líquido.
3. Cuando se detenga la ebullición en el recipiente (controlar a través de los indicadores de nivel), quite la alimentación a la Válvula solenoide EVRA ⑦, abra la válvula de cierre ⑪. Utilice la válvula de drenaje QDV ⑩ para vaciar el agua del recipiente.

Durante la destilación, es importante mantener la presión correcta y la temperatura en el recipiente. La temperatura no debe ser muy alta, de lo contrario el agua se evaporará. Adicionalmente la temperatura no debe ser muy baja, de lo contrario quedará demasiado amoníaco en el recipiente así como el líquido y será desperdiciado cuando drene. Esto es garantizado por la válvula servoaccionada ICS ⑥ con la válvula piloto de presión constante CVP, el cual mantiene la presión en el recipiente a un óptimo nivel.

Para consideraciones seguras, la válvula de descarga de seguridad BSV ⑨ es instalada en el recipiente para evitar presión excesiva acumulada.

9.4
Sistemas de purga de aire

Presencia de gases no condensables

Los gases no condensables están presentes en los sistemas de refrigeración en el inicio del proceso de la instalación, en las tuberías y conexiones estando llenos de aire. Por consiguiente, si un tratamiento al vacío no es realizado, el aire puede quedar dentro del sistema.

Adicionalmente, el aire entra al sistema como resultado de fugas del sistema, cuando el sistema es abierto para mantenimiento, la penetración a través de los componentes del sistema, fugas en conexiones soldadas donde la presión del amoníaco es más bajo que la presión atmosférica (inferior a -34°C de temperatura de evaporación), cuando se agrega aceite, etc.

Además, impurezas en el refrigerante y/o descomposición del refrigerante o el aceite de engrase debido a las altas temperaturas de descarga que pueden generar gases no condensables (por ejemplo el Amoníaco se descompone dentro del nitrógeno e hidrógeno).

Ubicación y detección

Los gases no condensables están contenidos dentro del lado de alta presión del sistema de refrigeración, principalmente en los puntos más fríos y menos agitados en el condensador.

Una manera sencilla de verificar la presencia de gases no condensables en el sistema, es comparar la diferencia de presión entre la presión de condensación actual, leer en el manómetro del depósito y la presión saturada correspondiente a la temperatura medida en la salida del condensador.

Por ejemplo, si 30°C es medido en la salida del condensador en un sistema de amoníaco, la temperatura saturada relativa es 10.7 bar g y si la lectura del manómetro es 11.7 bar g, entonces existe 1 bar de diferencia y esto se debe a la presencia de gases no condensables.

Problemas generados

El aire tiende a formar una película sobre las tuberías del condensador, aislando la superficie de transferencia de calor del refrigerante en el condensador. El resultado es una reducción de la capacidad del condensador y de esta manera un aumento en la presión de condensación.

La eficiencia de energía luego declinará y dependiendo de la presión de condensación, el potencial para problemas relacionados al aceite, aumentará.

La capacidad reducida en el condensador es una realidad, pero es muy dificultoso determinar. Los fabricantes de purgadores de aire han suministrado algunos datos, los cuales indican una capacidad de 9-10 % de reducción para cada bar de presión de condensación aumentada. Si se requiere un cálculo más exacto, la ASHRAE proporciona algunas pautas de cómo evaluarlo así como algunos ejemplos de investigaciones emprendidas con resultados alcanzados. (Sistemas HVAC y Equipo Manual, Gases No Condensable).

Otros fabricantes estiman los riesgos y los altos costos asociados del lado del compresor. Tal como la presión de condensación y el aumento de temperatura de descarga, habrá más riesgos en los cojinetes debido a problemas en el aceite, así como un aumento en el costo de utilización de un compresor. La estimación del costo está relacionada con el tipo de compresor y tamaño de la planta.

En definitiva, la presencia de gases no condensables es tan indeseable como inevitable y el equipo de purga de aire, es usado a menudo.

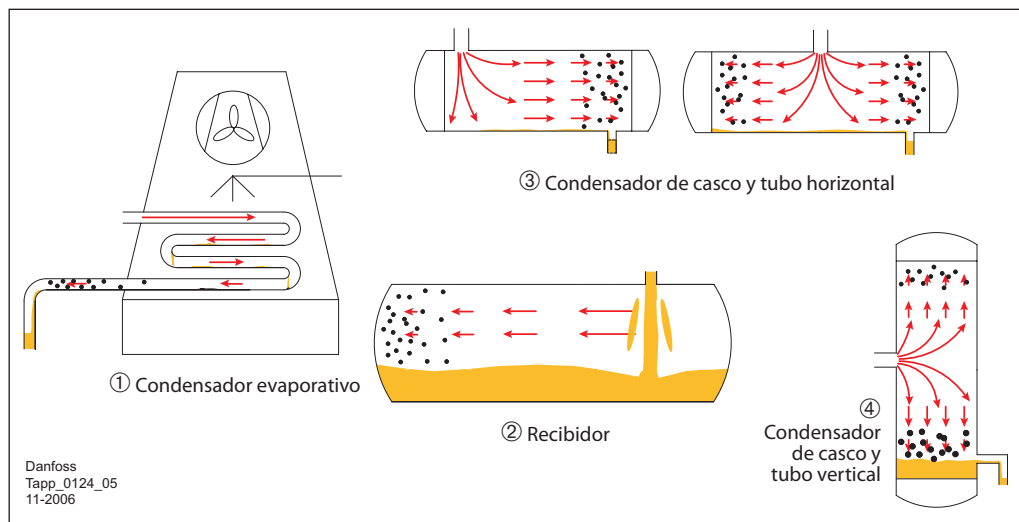
Sistemas de purga de aire

El aire o los gases no condensables pueden ser purgados fuera del sistema manualmente. Esto es realizado por el personal de mantenimiento y puede conducir a pérdidas excesivas de refrigerante.

Otra forma de purgado es llamada de purgado refrigerado: Los gases que vienen de los puntos de muestra son enfriados dentro de una cámara con aceite enfriado, con el propósito de condensar el refrigerante y devolverlo al sistema. Los gases que quedaron en la cámara deben ser purgados fuera a la atmósfera. La idea de refrigeración y condensación, es reducir la cantidad del refrigerante liberado.

El refrigerante usado para enfriamiento puede ser el mismo de la planta de refrigeración; esto también puede ser otro refrigerante diferente.

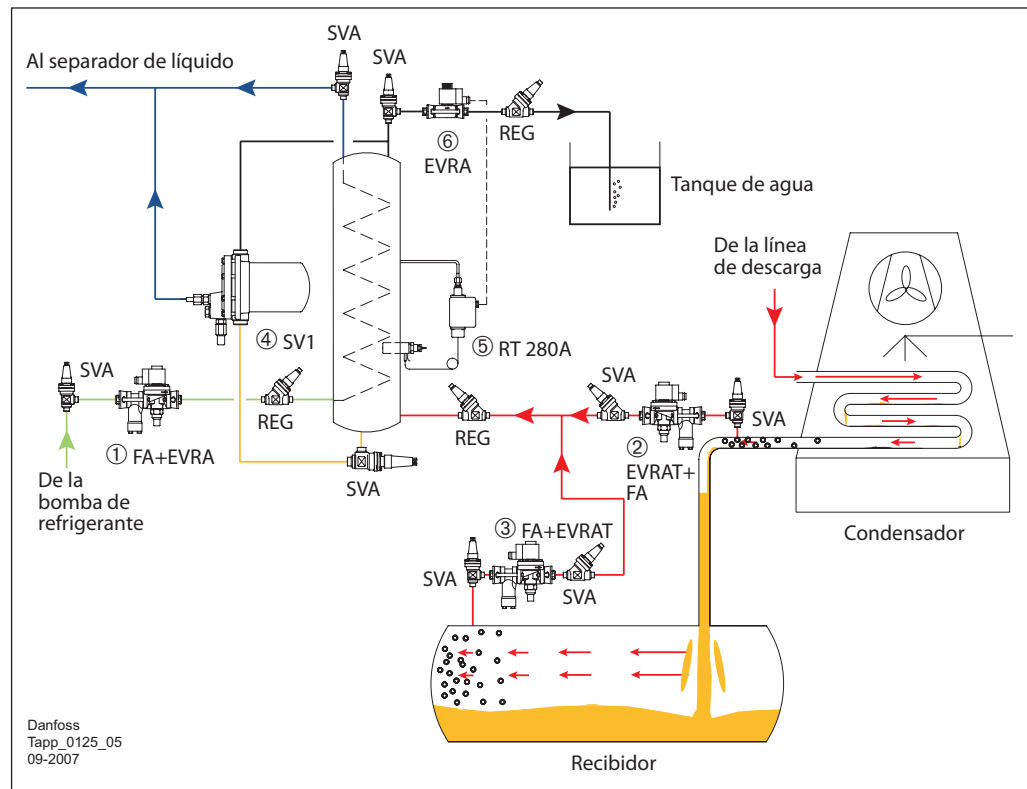
La ubicación para la conexión de purga es bastante difícil y depende del sistema y tipo de condensador. A continuación, están algunos ejemplos de puntos de purga. En el diseño, las flechas en las serpientes del condensador y los recipientes representan las velocidades del flujo. El largo de la flecha disminuye como disminuye la velocidad. La acumulación de aire es mostrada por los puntos negros. Éstos lugares con alto contenido de aire están donde deben ser tomadas las muestras para la purga.



Ejemplo de aplicación 9.4.1:
Sistema de purgado de aire
automático, usando el
refrigerante de la planta

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)
- Aire

- ① Válvula solenoide
- ② Válvula solenoide
- ③ Válvula solenoide
- ④ Válvula de flotador
- ⑤ Interruptor de presión
- ⑥ Válvula solenoide



Pasos para la purga de aire:

1. Energice la Válvula solenoide EVRA ①, con la finalidad que el refrigerante líquido de baja presión entre a el serpentín del refrigerante contenido en el recipiente.
2. Energice la Válvula solenoide EVRAT ② o ③. Gas refrigerante con aire acumulado, está involucrado en el recipiente, dentro del cual el vapor refrigerante se condensa y el aire sube a la parte superior del recipiente. La válvula de flotador SV1 ④ drena el refrigerante líquido condensado automáticamente.
3. Con el aire que se acumula en la parte superior del recipiente, la presión total dentro del recipiente comparado con la presión saturada del refrigerante líquido aumenta. Cuando esta presión alcanza la configuración en el interruptor de presión RT 280A ⑤, abre la Válvula solenoide EVRA ⑥ y recupera un poco de aire del recipiente.

9.5 Sistema de recuperación de calor

El calor libre de recalentamiento y/o condensación en el condensador puede ser exigido si hay requerimientos para calentamiento en la planta. Éstos incluyen calentamiento de aire en oficinas o tiendas, calentamiento de agua para lavado o procesamiento, agua de alimentación de la caldera de precalentamiento, etc.

Para hacer de la recuperación del calor, una solución económica, es importante cerciorarse de que el calor liberado y los requisitos de calentamiento, corresponden a los términos de coordinación, nivel de temperatura y flujo de calor. Por ejemplo, para producción de agua caliente, es decir, cuando es requerido calor en alta temperatura, el calor de recalentamiento puede ser recuperado; mientras que para el calentamiento de la oficina, usualmente puede ser considerada la recuperación de todo el calor del condensador.

Un sistema de control bien diseñado, es de gran importancia para operación sin problemas y operación eficiente de sistemas de refrigeración con recuperación de calor.

El propósito del control es coordinar la recuperación del calor y la refrigeración:

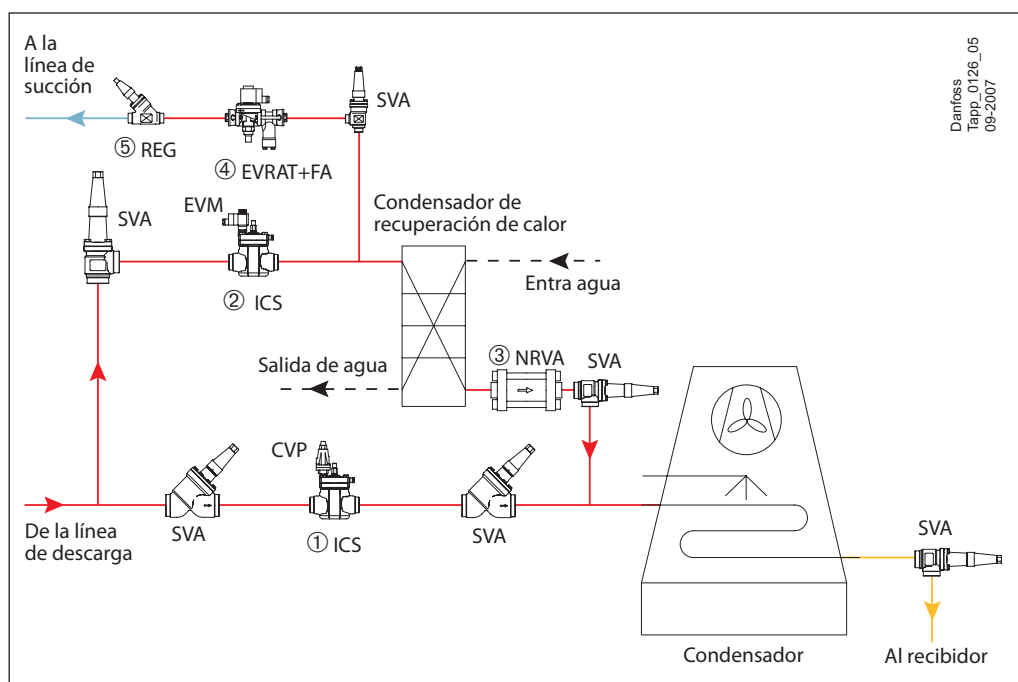
1. La función básica de refrigeración debe ser garantizada si la recuperación de calor está funcionando o no. La presión de condensación no debe ser muy alta cuando se detiene la recuperación del calor. Además para sistemas DX, la presión de condensación, tampoco debe ser tan baja (Vea la sección 3).
2. Los requisitos para recuperación de calor, por ejemplo, la temperatura y el flujo de calor, deben ser cumplidos.
3. Control del circuito de recuperación de calor on/off sin problemas, de acuerdo con lo establecido.

El control de recuperación de calor necesita diseño muy sofisticado, el cual puede variar de planta a planta. Lo siguiente, son algunos ejemplos:

Ejemplo de aplicación 9.5.1: Control para disposición en serie de intercambiador de calor de recuperación y condensador

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Agua

- ① Regulador de presión
- ② Válvula solenoide
- ③ Válvula de retención
- ④ Válvula solenoide
- ⑤ Válvula de regulación manual



El sistema de recuperación de calor es aplicable al aire tal como al agua.

Ciclo del refrigerante sin recuperación de calor

El gas caliente de la línea de descarga es llevado directamente al condensador principal a través de la válvula servoaccionada operada por piloto ICS ① con piloto de presión constante CVP (HP). La válvula de retención NRVA ③ previene la circulación de retorno al condensador de recuperación de calor.

Ciclo de recuperación de calor

La válvula servoaccionada operada por piloto ICS ② es controlada por el interruptor on/off de la Válvula solenoide del piloto EVM, a través de un reloj, termostato etc. El gas caliente entra

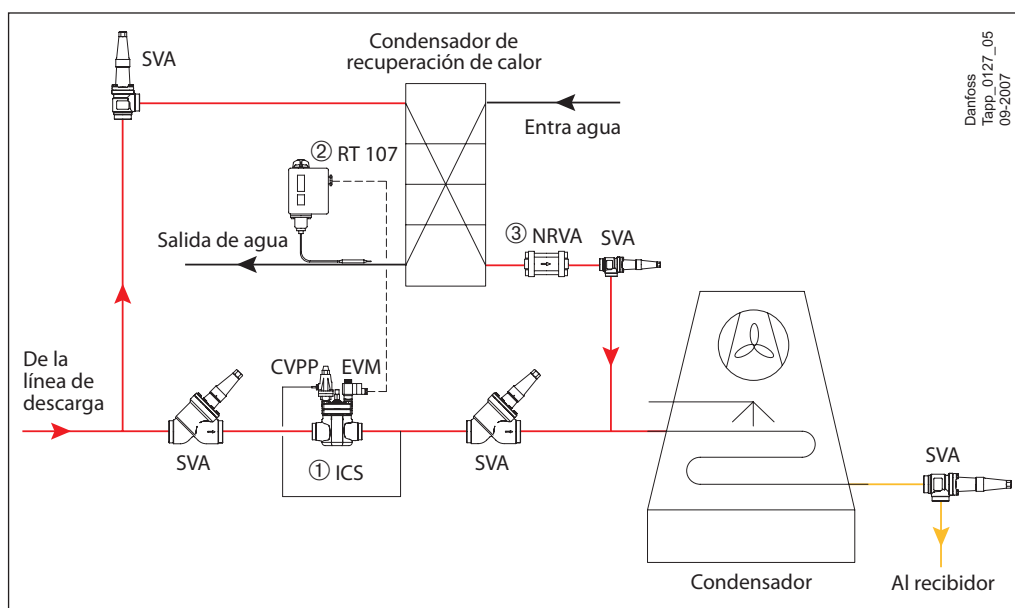
al condensador de recuperación. ICS ① se cerrará normalmente debido a la capacidad de condensación aumentada y presión de descarga disminuida. Si la presión de descarga aumenta, el piloto de presión constante CVP (HP) abrirá la válvula servoaccionada ICS ①, aun así, parte del gas caliente puede fluir hacia el condensador principal.

En época de verano el condensador de recuperación de calor está inactivo por periodos extensos de tiempo. Para evitar el riesgo de acumulación de líquido en el condensador, una Válvula solenoide EVRA ④ y una válvula regulable REG ⑤ aseguran el periodo de evaporación de cualquier condensado en el condensador de recuperación.

Ejemplo de aplicación 9.5.2:
Control para disposición en serie de intercambiador de calor de recuperación y condensador

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Agua

- ① Regulador de presión diferencial
- ② Termostato
- ③ Válvula de retención



Este sistema de recuperación de calor, es aplicable en plantas de refrigeración centralizada con varios compresores.

Con la condición de que sólo una proporción pequeña de capacidad del compresor sea usado, todo el gas de descarga pasará a través del condensador de recuperación y después al condensador principal.

Cuanto mayor es la capacidad del compresor usado, mayor llega a ser la caída de presión en el condensador de recuperación.

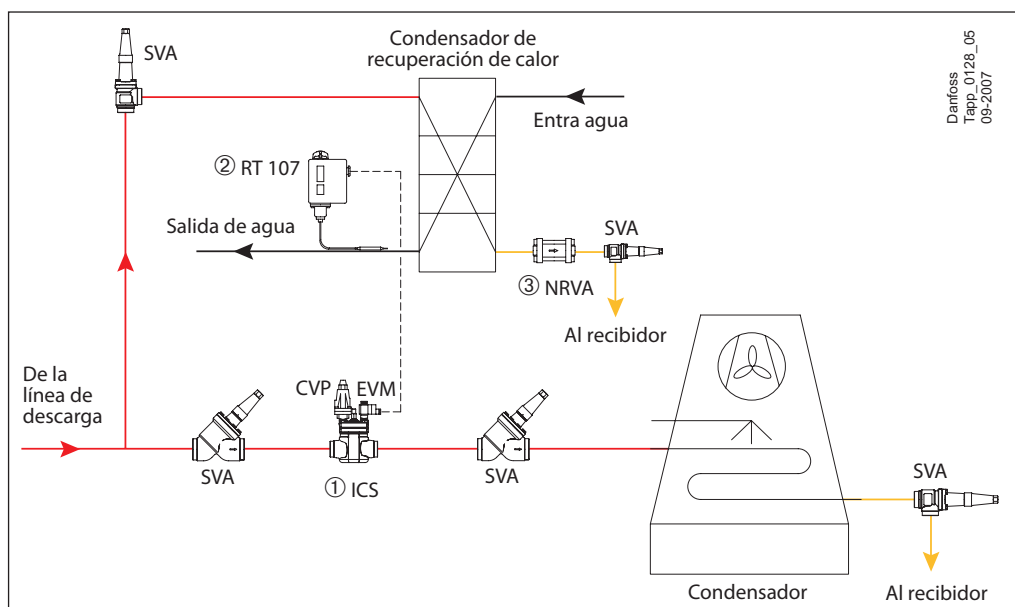
Cuando esta caída de presión excede la configuración del piloto de presión diferencial CVPP(HP) en la válvula servoaccionada ICS ① parcialmente y se abre en exceso el gas de presión que está conducido directo dentro del condensador principal.

Cuando el agua deseable o la temperatura del aire ha sido alcanzada por los medios del condensador de recuperación de calor, el termostato RT 107 ② activa el piloto on/off EVM y la válvula servoaccionada ICS ① abrirá completamente.

Ejemplo de aplicación 9.5.3:
Control para disposición paralela del intercambiador de calor de recuperación y condensador

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Agua

- ① Regulador de presión y válvula solenoide
- ② Termostato
- ③ Válvula de retención



Este sistema de recuperación de calor es aplicable a sistemas con varios compresores - por ejemplo para calentamiento central de agua.

En operación normal la válvula servoaccionada ICS ① se mantiene abierta por el interruptor on/off de la válvula piloto de solenoide EVM, activado por un control externo conectada al termostato RT 107.

En época de invierno, cuando la demanda de calor necesita recuperación de calor, la válvula piloto de

solenoid EVM es cerrada, el cual hace que la válvula servoaccionada ICS ① se cierre alternadamente. Si la presión de condensación excede la configuración del piloto de presión constante CVP (HP), la válvula servoaccionada ICS 3 se abrirá y el gas de presión excedente será conducido al condensador principal.

La válvula de retención NRVA previene la circulación de retorno del refrigerante al condensador de recuperación.

9.6
Literatura de referencia

Para una descripción alfabética de toda la literatura de referencia, por favor vea la página 104

Folleto técnico / Manual

Tipo	N° Literatura
BSV	RD.7F.B
CVP	PD.HN0.A
DCR	PD.EJ0.A
EVM	PD.HN0.A
EVRA(T)	RD.3C.B
ICS	PD.HS0.A
NRVA	RD.6H.A

Tipo	N° Literatura
REG	PD.KM0.A
RT 107	RD.5E.A
SGR	PD.EK0.A
SNV	PD.KB0.A
SVA	PD.KD0.A
SV 1-3	RD.2C.B
SV 4-6	RD.2C.B

Instrucción del producto

Tipo	N° Literatura
BSV	RI.7F.A
CVP	RI.4X.D
DCR	PI.EJ0.B
EVM	RI.3X.J
EVRA(T)	RI.3D.A
ICS	PI.HS0.A
NRVA	RI.6H.B

Tipo	N° Literatura
REG	PI.KM0.A
SGR	PI.EK0.A
SNV	PI.KB0.A
SVA	PI.KD0.B
SV 1-3	RI.2B.F
SV 4-6	RI.2B.B

Para descargar la más reciente versión de la literatura, por favor visite el sitio en Internet de Danfoss <http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

10. Apéndice

10.1 Sistemas de refrigeración típicos

Los sistemas de refrigeración típicos están caracterizados básicamente por el ciclo de refrigeración y la manera de suministrar refrigerante al evaporador. Para el ciclo de refrigeración, los sistemas de refrigeración industrial son clasificados en tres tipos:

Sistema de una etapa

Éste es el ciclo más básico Compresión-condensación-expansión- evaporación.

Sistema de dos etapas

En esta clase de sistema la compresión es asumida en dos etapas, normalmente por dos compresores. El enfriamiento inmediato se utiliza a menudo para optimizar el rendimiento del sistema.

Sistema cascada

Este sistema es actualmente de dos ciclos básicos en cascada. El evaporador en ciclo de alta temperatura actúa también como condensador deciclo de baja temperatura.

Por cierto, el suministro de refrigerante a los evaporadores, a los sistemas pueden ser clasificados en dos tipos básicos:

Sistema de expansión directa

La mezcla de líquido/vapor del refrigerante después de que la expansión es directamente alimentada en los evaporadores.

Sistema circulado

El líquido y el vapor del refrigerante, después de la expansión, son separados en un separador de líquido y sólo el líquido es alimentado en los evaporadores. La circulación de líquido puede ser cualquier circulación de gravedad o circulación de la bomba.

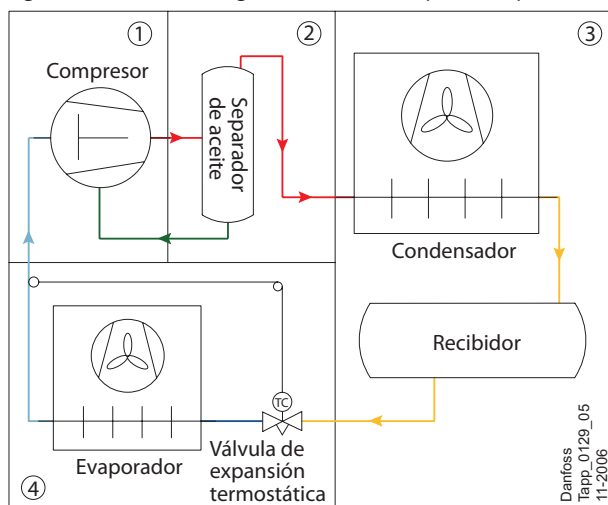
Estos tipos de sistemas de refrigeración serán ilustrados por algunos ejemplos:

Sistema de una etapa con expansión directa (DX)

Fig. 10.1 Sistema de refrigeración de una etapa con expansión directa

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Aceite

- ① Zona de control del compresor
- ② Zona de control del aceite
- ③ Zona de control del condensador
- ④ Zona de control del evaporador



Sistema de refrigeración de una etapa con expansión directa es el sistema más básico de refrigeración, el cual es muy popular en aire acondicionado y sistemas pequeños de refrigeración, fig. 10.1. El ciclo de refrigeración es: El refrigerante de vapor de baja presión es comprimido por el compresor y dentro del condensador, donde el vapor de alta presión se condensa el líquido de alta presión. El líquido de alta presión luego se expande a través de la válvula de expansión termostática dentro del evaporador, donde el líquido de baja presión se evapora dentro del vapor de baja presión y será succionado por el compresor otra vez.

El separador de aceite y el recipiente no tienen nada que hacer en el ciclo de refrigeración, pero ellos son importantes para el control: El separador de aceite separa y colecta el aceite del refrigerante, luego envía el aceite de vuelta al compresor. Este circuito de aceite es importante para garantizar la seguridad y eficiencia del funcionamiento del compresor, por ejemplo buena lubricación, y el control del aceite (Sección 6) es esencial para mantener la temperatura del aceite y la presión a un nivel aceptable.

El recipiente puede absorber/liberar refrigerante cuando los contenidos del refrigerante en diferentes componentes varían con la carga o algunos componentes bloqueados para el servicio. El recipiente también puede mantener un suministro de refrigerante líquido en constante presión en la válvula de expansión.

La válvula de expansión termostática es controlada por el recalentamiento. Esto es de gran importancia para las funciones de ambos, el evaporador y el compresor:

- Al mantener un recalentamiento constante en la salida del evaporador, la válvula de expansión termostática suministra el flujo correcto del refrigerante líquido en el evaporador de acuerdo a la carga.
- Un pequeño recalentamiento puede garantizar que sólo el vapor entra en la succión del compresor. Las gotitas de líquido en la succión pueden causar golpe de ariete, el cual equivale a dañar el motor.

Por favor, verifique que la válvula de expansión termostática sólo puede mantener un recalentamiento constante, en vez de una

temperatura de evaporación constante. Específicamente, si no ocurre otro control, la temperatura de evaporación aumentará con el aumento de carga y caerá con la disminución de carga. Dado que una temperatura de evaporación constante es el objetivo de la refrigeración, otros controles también son necesarios, por ejemplo el control del compresor y control del evaporador. El **control del compresor** puede ajustar la capacidad de refrigeración del sistema y el **control del evaporador** puede garantizar un flujo correcto del refrigerante al evaporador. Los detalles de estos dos tipos de controles están introducidos en la Sección 2 y en la Sección 5, respectivamente.

Teóricamente, mientras más baja sea la temperatura de condensación más eficiente es el sistema. Pero en un sistema de expansión directa, si la presión en el depósito es demasiado bajo, la diferencia de presión a través de la válvula de expansión será demasiado baja para suministrar flujo suficiente de refrigerante. Por consiguiente, los controles deben ser designados para prevenir una presión de condensación demasiado baja, si la capacidad de condensación de un sistema de expansión directa es posible para variar demasiado. Esto es discutido en **controles de condensador** (Sección 3).

El principal inconveniente de la expansión directa es la baja eficiencia. Dado que tiene que ser mantenido un cierto recalentamiento:

- Parte del área de transferencia de calor en el evaporador, es ocupado por vapor y la eficiencia de transferencia de calor es más baja.
- El compresor consume más energía para comprimir el vapor de recalentamiento que el vapor saturado.

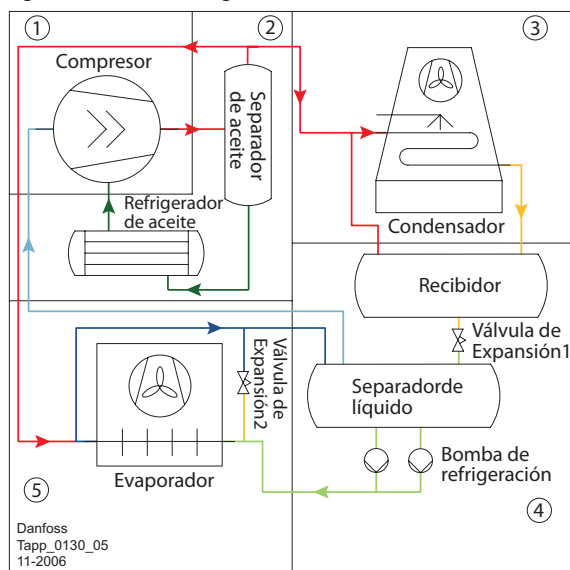
Este inconveniente llega a ser especialmente problemático en una planta de refrigeración de baja temperatura o en una planta de refrigeración amplia. En estos sistemas de refrigeración, el sistema circulado con circulación de bomba o circulación natural es designado con el fin de economizar energía.

Sistema de una etapa con recirculación por bomba de refrigerante

- Refrigerante de vapor de alta presión (HP)
- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Mezcla de líquido/vapor de refrigerante
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)
- Aceite

- ① Zona de control del compresor
- ② Zona de control del aceite
- ③ Zona de control del condensador
- ④ Zona de control de nivel líquido
- ⑤ Zona de control del evaporador

Fig. 10.2 Sistema de refrigeración monofásico con circulación de bomba y descongelamiento de gas caliente



El circuito para un sistema de refrigeración de una sola etapa, como se muestra en la figura 10.2, tiene muchas similitudes con el sistema DX mostrado en la figura 10.1. La principal diferencia es que en este sistema el vapor refrigerante que entra a la succión del compresor es vapor saturado en lugar de vapor recalentado.

Esto es producido por la instalación de un separador de líquido entre el evaporador y el compresor. En el separador de líquido, el líquido procedente de la mezcla líquido/vapor proviene en parte del evaporador y en parte de la válvula de expansión 1. Sólo vapor saturado pasará a la succión del compresor, mientras que las bombas de refrigerante sólo envían líquido al refrigerador.

Como el vapor de succión no está recalentado, la temperatura de evaporación será inferior que en un sistema DX. Debido a la inferior temperatura de evaporación el rendimiento del compresor será mayor. El evaporador proporcionará más capacidad porque su superficie se utiliza en su totalidad para enfriar y no parcialmente para recalentar el refrigerante. Por lo tanto, un sistema de circulación presenta un rendimiento mayor que un sistema DX equivalente.

La línea entre la entrada del condensador y el depósito está dedicada a la compensación de presión, para asegurar que el líquido del condensador puede fluir hacia el depósito sin problemas.

En sistemas de circulación de la bomba, es importante mantener la bomba funcionando, es decir, que el funcionamiento de la misma no sea interrumpido de forma no intencionada. Por lo tanto, el control de la bomba es importante para asegurar que tiene la diferencia de presión correcta, que está asegurado un suministro constante de líquido y que su estado no sea puesto en peligro. Este tema se explica en la Sección 7.

En sistemas de circulación no hay recalentamiento que pueda utilizarse como variable de control para el funcionamiento de una válvula de expansión termostática.

La válvula de expansión 1 suele estar controlada por el nivel en el separador de líquido o, a veces, por el nivel en el depósito/condensador. A esto se le llama, en ocasiones, control de nivel de líquido, que se explica en la Sección 4.

Si los evaporadores son del tipo de tubo y aletas y se utilizan con aire y si la temperatura de evaporación es inferior a 0 °C, se forma una capa de escarcha/hielo sobre la superficie del evaporador debido a la humedad presente en el aire. Esta capa debe eliminarse regularmente, puesto que en caso contrario reducirá el flujo de aire del evaporador, con lo que disminuirá su capacidad de evaporación.

Los métodos de desescarche posibles son gas caliente, calor eléctrico, aire y agua. En la figura 10.2 se utiliza gas caliente para la descongelación. Parte del gas caliente del compresor se deriva hacia el evaporador para su descongelación.

El gas caliente calienta el evaporador y derrite la capa de hielo sobre él y, simultáneamente, el gas caliente se condensa y se convierte en líquido a alta presión. Utilizando una válvula de descarga, este líquido a alta presión puede devolverse al separador de líquido del conducto de succión.

El desescarche por gas caliente sólo puede utilizarse en sistemas que presenten al menos tres evaporadores paralelos.

Durante el desescarche, al menos dos de los evaporadores (por capacidad) deben estar enfriando y, como máximo, un evaporador debe estar desescarchando. En caso contrario, el gas disponible para el proceso de desescarche será insuficiente.

El método para cambiar entre los ciclos de refrigeración y desescarche se explica en la sección de control del evaporador (Sección 5).

Sistema de dos etapas

En la figura 10.3 se muestra un sistema típico de dos etapas. Parte del líquido refrigerante del depósito, primero se expande dentro de la presión intermedia y se evapora para enfriar la otra parte del refrigerante líquido en el enfriador intermedio.

El vapor de la presión intermedia es luego conducida dentro de la línea de descarga de la presión de baja etapa, enfría el vapor de descarga de baja etapa y entra al compresor de alta etapa.

La energía usada para comprimir esta parte del vapor de la presión de succión dentro de la presión intermedia es ahorrada y la temperatura de descarga del compresor de alta etapa que es más baja.

De esta manera, el sistema de dos etapas es especialmente adecuado para sistema de refrigeración de baja temperatura, por el alto rendimiento y temperatura de baja descarga.

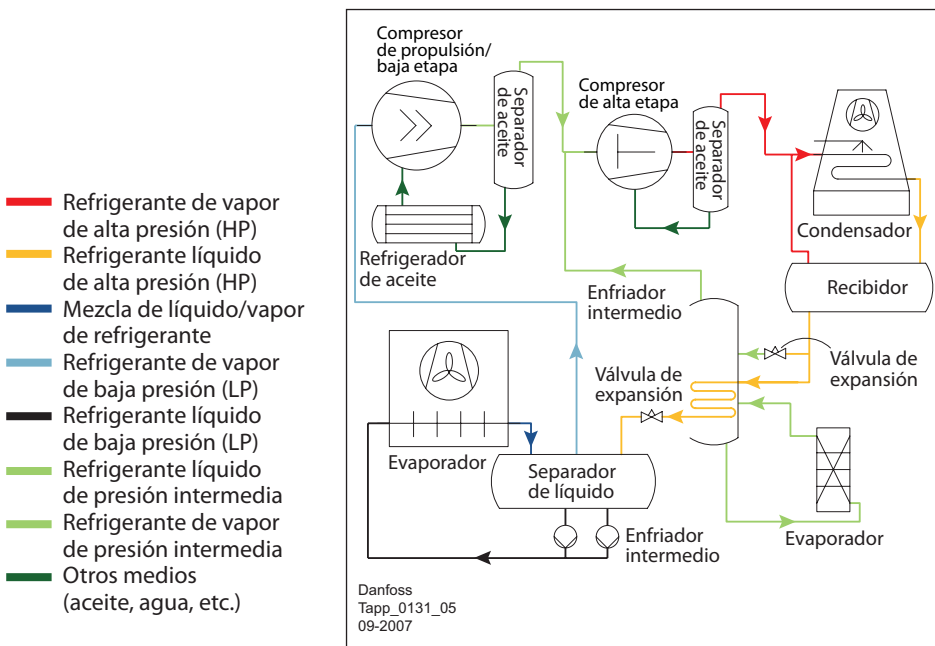
El enfriador intermedio también puede suministrar refrigerante en los evaporadores de temperatura intermedios. En la figura 10.3, el refrigerante de suministro intermedio en el evaporador tipo placa por circulación de gravedad.

Comparado con la circulación de la bomba, la circulación de la gravedad es conducida por el efecto del termosifón en el evaporador, en vez de la bomba. La circulación natural es sencilla y más confiable (en falla de la bomba), pero la transferencia de calor no es generalmente tan buena como la circulación de la bomba.

El sistema de dos etapas puede ser teóricamente efectivo. Sin embargo, es difícil encontrar un tipo de refrigerante que sea adecuado para ambos, la alta temperatura y la baja temperatura en sistemas de refrigeración de baja temperatura.

En altas temperaturas, la presión del refrigerante será muy alta, presentando alta demanda en el compresor. En bajas temperaturas, la presión del refrigerante puede ser al vacío, lo cual induce a más fuga de aire dentro del sistema (el aire en el sistema reducirá la transferencia de calor del condensador, vea la Sección 9.4). Por consiguiente, el sistema de cascada puede ser una elección mejor para sistema de refrigeración.

Fig. 10.3 Sistema de refrigeración de dos etapas



Sistema cascada

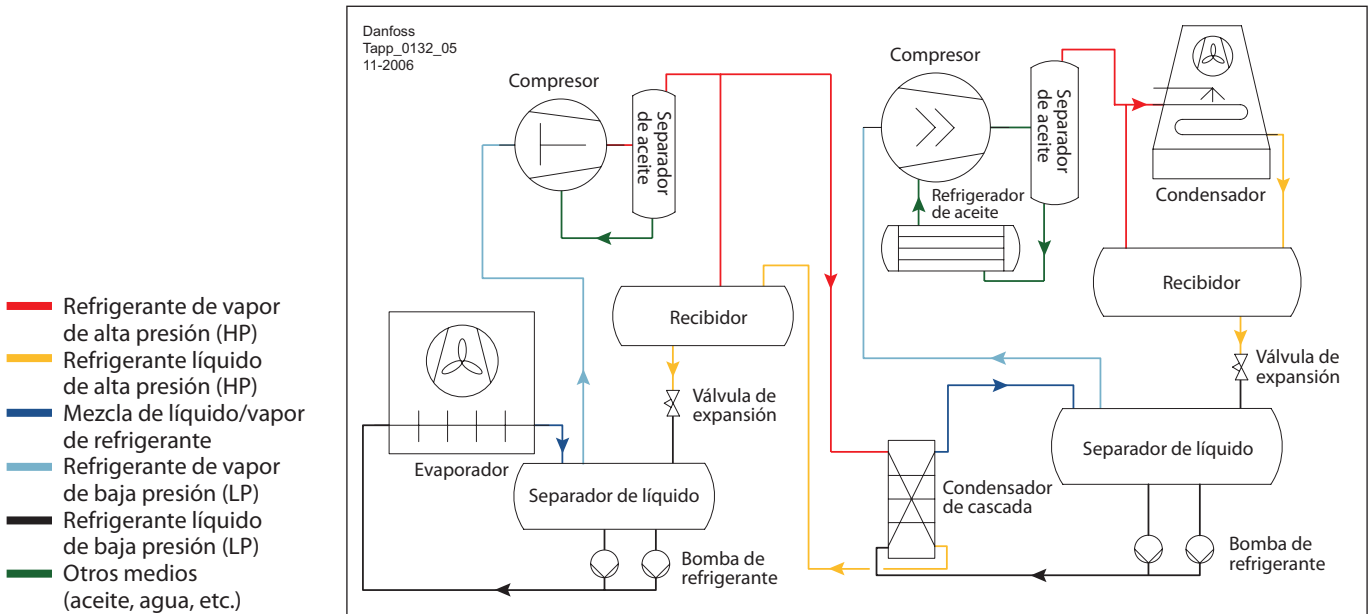
Un sistema de cascada consiste en dos circuitos de refrigeración separados, como se muestran en la figura 10.4. Un condensador interconectará los dos circuitos actuando como ambos, el condensador de circuito de alta temperatura y el evaporador de circuito de baja temperatura.

ejemplo, el refrigerante puede ser NH₃ para circuito de alta temperatura y CO₂ para circuito de baja temperatura.

Este sistema CO₂ /NH₃ necesita menos carga de amoníaco y demuestra ser más eficiente en refrigeración de baja temperatura que un sistema de dos etapas de amoníaco similar.

El refrigerante para los dos circuitos puede ser diferente y optimizado para cada circuito. Por

Fig. 10.4 Sistema de refrigeración de cascada



**10.2
ON/OFF y controles
de modulación**

Este documento describirá una teoría muy básica para ON y OFF y el control de la modulación. Su finalidad es proporcionar un entendimiento básico sobre la teoría de control, sin que por eso

sea necesario tener un nivel académico teórico de educación, dentro de la ingeniería de control. Aún, se brindarán algunas sugerencias prácticas.

Abreviaciones y definiciones

P	Proporcional
I	Integración
D	Derivativo
PB	Banda Proporcional [%] en a p. PI o PID controlador. Número en porcentaje, que PV tiene que cambiar para que el controlador cambie la salida (y) del 0 para el 100%.
K_p	Factor de amplificación en un controlador P. PI o PID
T_i	Tiempo de integración [s] en un controlador PI o PID
T_d	Tiempo diferencial [s] en un controlador PID
PID	Un controlador típico que incluye ambas funciones P. I y D
SP	Set point
PV	Proceso Variable (el parámetro controlado: temperatura, presión, nivel líquido, etc.)
offset (x)	Diferencia entre SP y PV
y	Salida calculada de un controlador
dead time	Si se monta el físico de la medición de PV, por lo tanto la señal está siempre atrasada en el tiempo comparada a si la medición de PV fue instalada directamente cerca / en el PV.

Referencias

[1] Reguleringsteknik, Thomas Heilmann / L Alfred Hansen

10.2.1
Control ON/OFF

En algunos casos, en práctica, la aplicación del control se puede hacer con el control ON / OFF. Esto significa que el dispositivo de regulación (válvula, termostato) puede tener solamente dos posiciones. Como totalmente abierto/cerrado o contacto cerrado (ON)/abierto (OFF). Este principio de control se llama control ON/OFF.

Históricamente el ON / OFF fue ampliamente usado en refrigeración, especialmente en refrigeradores equipados con termostatos.

Sin embargo los principios ON/OFF también pueden ser usados en sistemas avanzados donde son usados principios PID. Por ejemplo es una válvula ON/OFF (es decir, tipo Danfoss AKV / A) usada para controlar recalentamiento con parámetros disponibles PID en el controlador electrónico dedicado. (tipo Danfoss EKC 315A)

Un controlador ON/OFF sólo reaccionará dentro de algunos valores definidos, como por ejemplo Max y Min. Fuera de estos valores límites, un controlador ON/OFF no puede realizar ninguna acción.

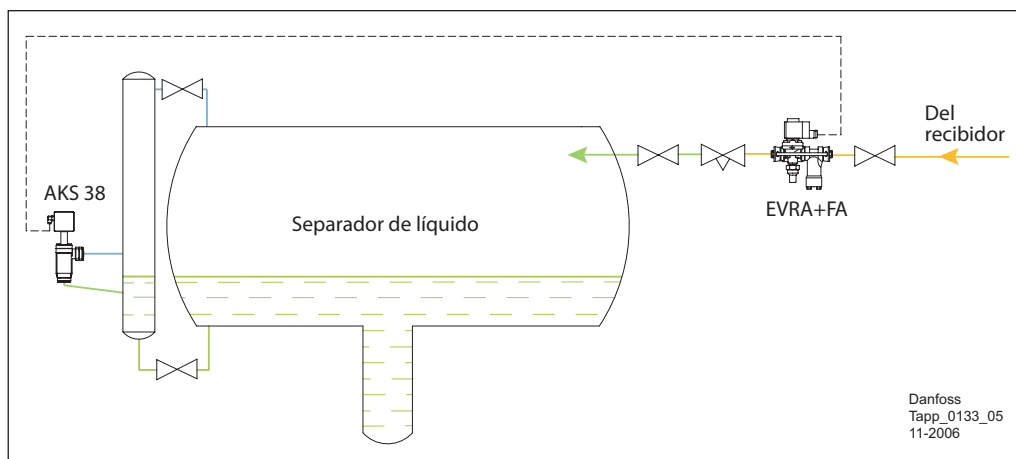
Normalmente ON/OFF es usado porque:

- Precio bajo, sistema menos complicado, ningún lazo de realimentación.
- Puede ser aceptado que PV varíe un poco de SP, junto con lo que el dispositivo ON / OFF está operando.
- El proceso tiene gran capacidad que la operación ON/OFF no tiene ninguna influencia en PV
- En sistemas con tiempo muerto, el control ON/OFF puede ser ventajoso

En sistemas ON/OFF usted tendrá una realimentación, como sistemas de modulación, pero, la característica de los sistemas ON/OFF es que PV varía y el sistema no es capaz de eliminar ningún offset.

Un ejemplo de control ON/OFF

Para controlar el nivel líquido entre un nivel mínimo y máximo, un dispositivo ON/OFF puede ser usado como tipo Danfoss AKS 38. AKS 38 es un interruptor de flotador que puede controlar el interruptor de las válvulas solenoides ON/OFF.



- Refrigerante líquido de alta presión (HP)
- Refrigerante de vapor de baja presión (LP)
- Refrigerante líquido de baja presión (LP)

Danfoss
Tapp_0133_05
11-2006

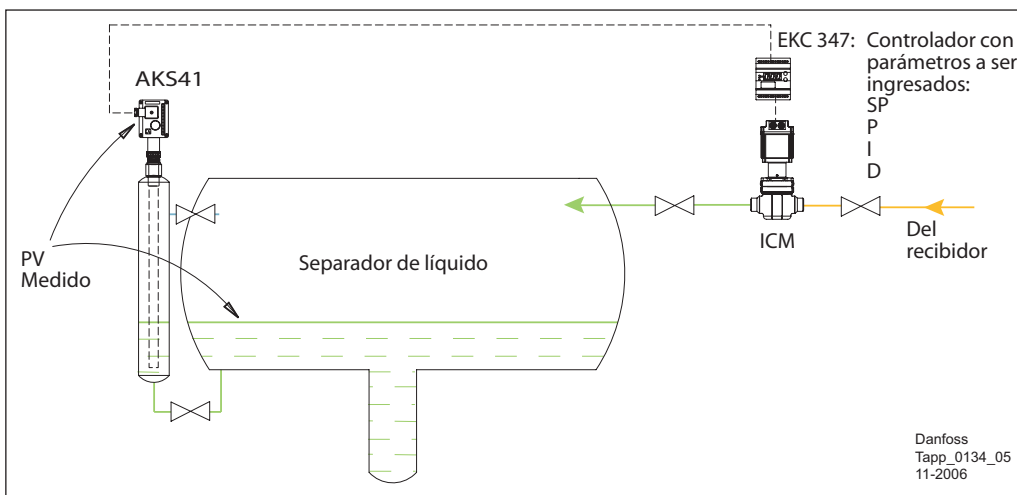
10.2.2
Control de modulación

La diferencia principal entre los controles de modulación y los sistemas ON / OFF es que los sistemas de modulación reaccionaran constantemente cuando hay un cambio en el PV.

de control fáciles de cambiar, como el P, I y D. Esto proporciona mayor flexibilidad lo que, de nuevo, es muy útil, porque el controlador puede ser ajustado en diferentes aplicaciones.

Aún, lo normal es que el controlador electrónico ofrezca la posibilidad, a los diferentes parámetros

Un ejemplo de control de modulación



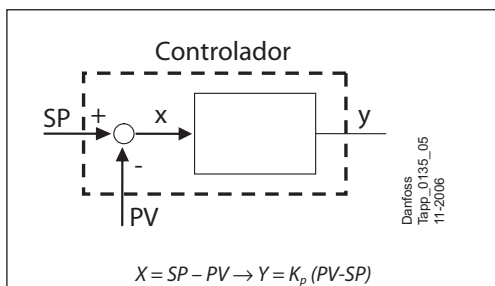
P básico, I y principios D

En los controladores más comunes es posible ajustar los parámetros en los controladores P, PI o PID.

- En un controlador P es posible ajustar: PB o K_p ;
- En un controlador PI es posible ajustar: PB o K_p y T_i ;
- En un controlador PID es posible ajustar: PB o K_p y T_i y T_d .

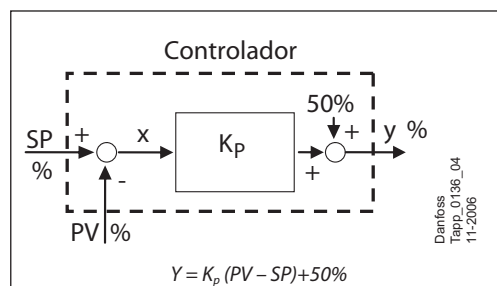
Controlador P

En cada controlador, existe un componente P. En un controlador P, hay una relación lineal entre entrada y salida.



En la práctica, los controladores proyectados son los P, para que cuando $SP = PV$, el controlador pueda ofrecer la salida que corresponde a la carga normal del sistema.

Normalmente, esto significa que la salida será 50 % de la salida máxima. Por ejemplo una válvula motorizada correrá con el transcurso del tiempo en 50 % abriendo grado, con el fin de mantener SP.

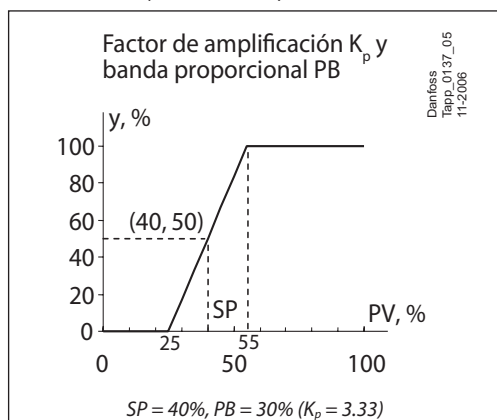


Algunos controladores no usan PB, pero K_p . La relación entre PB y K_p es: $PB[\%] = 100/K_p$

Por favor observe, que PB puede ser más grande de 100%, siendo propio que K_p es menor que 1.

10.2.2
Control de modulación
(Continuación)

Controlador P (continuación)



Cuando PV = SP = 40% el regulador proporciona una salida (y) del 50%. (Esto significa que la válvula tiene un ángulo de apertura del 50%)

Si el PV aumenta hasta el 46%, hay una desviación entre el PV y el SP del 6%. Como K_p se asume que es 3,33, una desviación del 6% significa que la salida aumenta un $6\% \times 3,33 = 20\%$, es decir, si el PV sube hasta el 46%, la salida aumenta en un $50\% + 20\% = 70\%$.

La desviación del 6% es una desviación que un regulador P no puede superar. La desviación resultante procede de la función básica de un regulador P.

Para conseguir una desviación mínima es importante que el dispositivo de regulación (la válvula) esté conformada de forma que la salida (y) del regulador pueda controlar el proceso para que equivalga a la carga media estándar. Entonces la desviación siempre será lo más pequeña posible y con el tiempo se aproximará a cero.

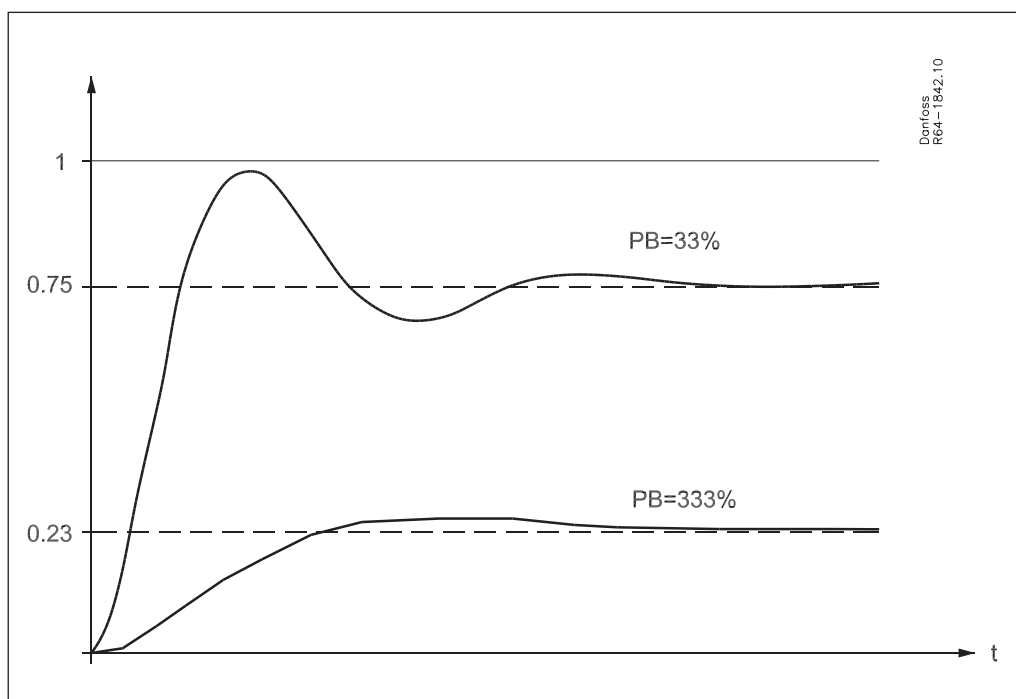
Características de ajuste del controlador p
P es el componente control primario. En más casos, P creará un desbalance permanente que puede ser pequeño e insignificante, pero también muy inaceptable. Sin embargo, un control P es mejor que ninguno (sin realimentación, sin circuito cerrado).

El diseño presentado a continuación es de validez universal para un lazo P controlado.

Esto muestra las respuestas diferentes por un lazo que tiene $PB = 33\%$ y $PB = 333\%$ cuando el lazo P controlado es influenciado por SP es cambiado por + 1 unidad.

El cambio de PB tiene dos efectos importantes:

- PB Más pequeño (amplificación más pequeña) da menos desbalance, es decir, mejor efecto contra cambios de carga, pero también tendencia incrementada a fluctuaciones.
- Banda P más grande (amplificación más pequeña) da más desbalance, pero menos tendencia a fluctuaciones.
- PB más pequeño, significa teóricamente, el control está llegando a la operación ON/OFF.



10.2.2
Control de modulación
(Continuación)

Controlador I

La característica más importante de un controlador es que éste elimina el desbalance y es muy utilizado el controlador I continua para cambiar su salida, siempre y cuando exista desbalance. Sin embargo, la capacidad de retirar completamente el desbalance, es vinculada para que en la práctica esté correctamente proporcionada.

Esta buena propiedad del controlador I para retirar el desbalance, también tiene una acción negativa:

Aumentará la tendencia a fluctuaciones en un lazo de control.

Básicamente la tendencia de fluctuaciones es peor para un controlador I que para un controlador P.

La capacidad para neutralizar sobre los cambios de carga es más lento para un controlador I que para un controlador P.

Controlador PI

La combinación de las ventajas y desventajas para ambos, P e I, permite que sea ventajoso para combinar P e I dentro de un controlador PI.

En un controlador PI, es posible ajustar: PB y T_i . T_i es normalmente ingresado en segundos o minutos.

Cuando T_i tiene que ser ingresado, esto tiene que ser un término medio entre estabilidad y eliminación del desbalance.

El T_i disminuido (influencia de integración más grande) significa eliminación más rápida del desbalance, pero también tendencia de aumento a fluctuaciones.

Controlador D

La característica más importante para un controlador D (derivativo) es que puede reaccionar en cambios. Esto también significa que si está presente un desbalance constante, un controlador D no será capaz de realizar ninguna acción para retirar el desbalance. El componente D hace que el sistema responda rápidamente ante cambios de carga.

El D efecto mejora la estabilidad y permite rapidez al sistema. Esto no tiene ningún significado para el desbalance, pero trabaja para generar tendencia de fluctuaciones más pequeñas. D reacciona sobre cambios de error y el lazo reacciona más rápido contra cambios de carga sin D. La reacción rápida en cambios, significa un amortiguamiento de todas las fluctuaciones.

En controladores con influencia D, el T_d puede ser ajustado. T_d es normalmente ingresado en segundos o minutos.

Esto tiene que observarse para que el T_d no sea demasiado grande, así como la influencia; cuando por ejemplo, se cambie el SP, será demasiado drástico. Durante el inicio de las fábricas, puede ser ventajoso retirar simplemente la influencia D. ($T_d=0$)

Por lo mencionado anteriormente, significa que un controlador D nunca será usado aisladamente. Es típico usar en una combinación como PD o PID su capacidad de amortiguar fluctuaciones.

Controlador PID

La combinación de los tres componentes dentro de un controlador PID ha llegado a ser de uso general.

Las guías generales / propiedades para un controlador PID son:

- PB disminuido mejora el desbalance (menos desbalance), pero se perjudica la estabilidad.
- Componente I elimina el desbalance. I más grande (menos T_i), genera eliminación rápida del desbalance.

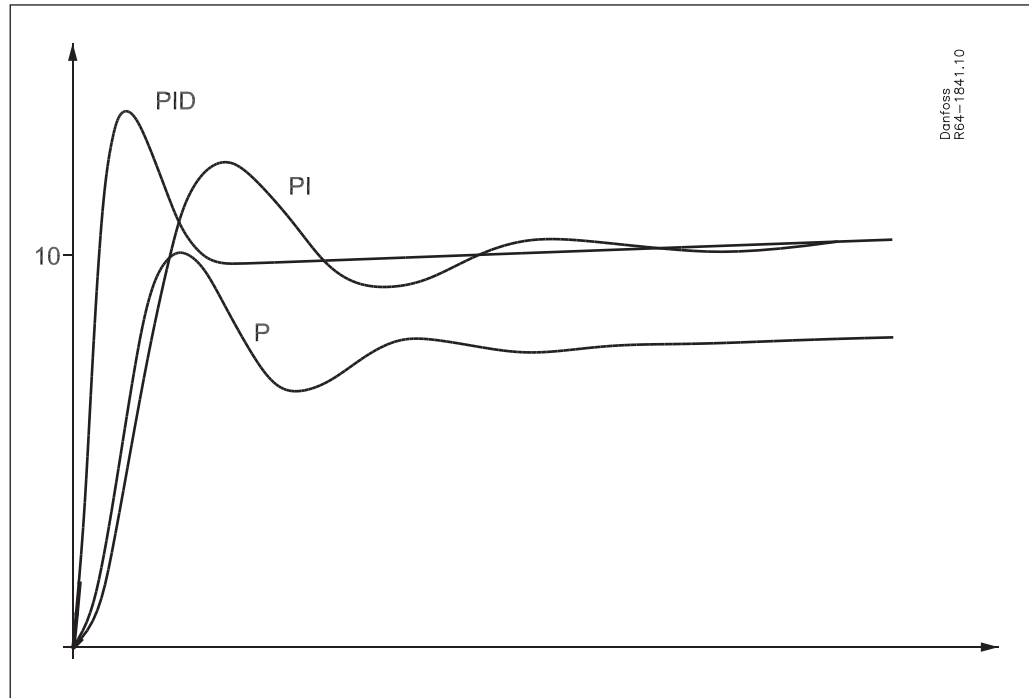
- Componente I aumenta la tendencia de fluctuaciones.
- Componente D amortigua la tendencia a fluctuaciones y hace el control más rápido. D más grande (T_d más grande) aumenta la influencia en lo mencionado anteriormente, sin embargo, hasta un límite específico. Un T_d demasiado grande significa que reacciona demasiado fuertemente en cambios repentinos y el lazo de control llega a ser inestable.

10.2.2
Control de modulación
(Continuación)

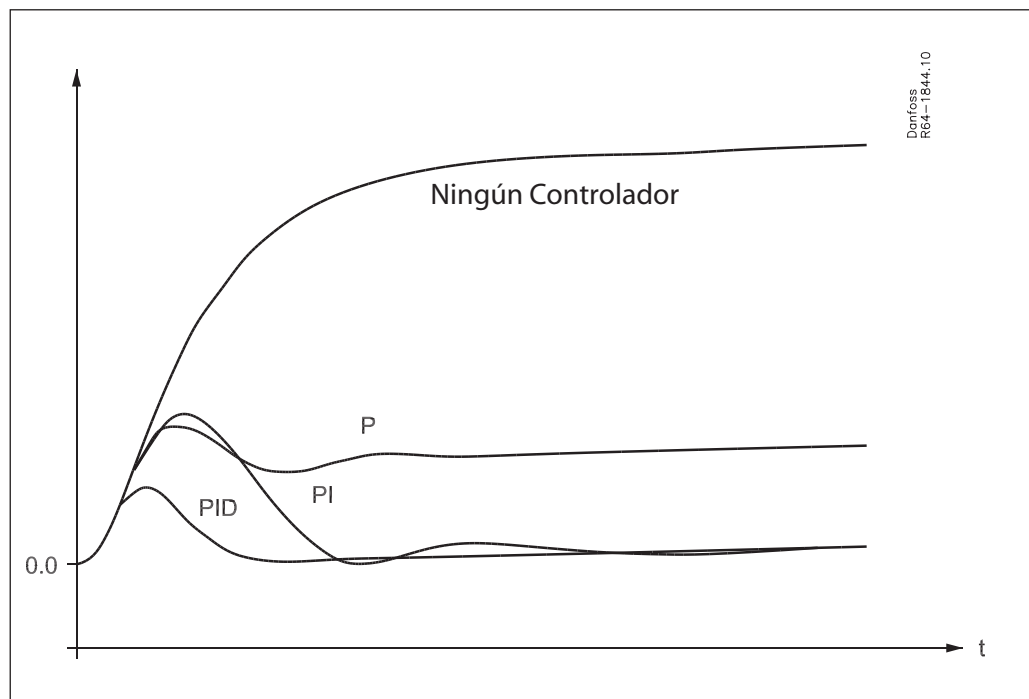
Curvas de estado transitorio típicas PID 1: configuraciones óptimas PID

Las configuraciones:

	PB	T _i	T _d
P	66,7 %	-	-
PI	100 %	60 s	-
PID	41,7 %	40 s	12 s



Lo mencionado anteriormente, exhibe los principios de controles diferentes, cuando es influenciado por SP es cambiado por + 1 unid.



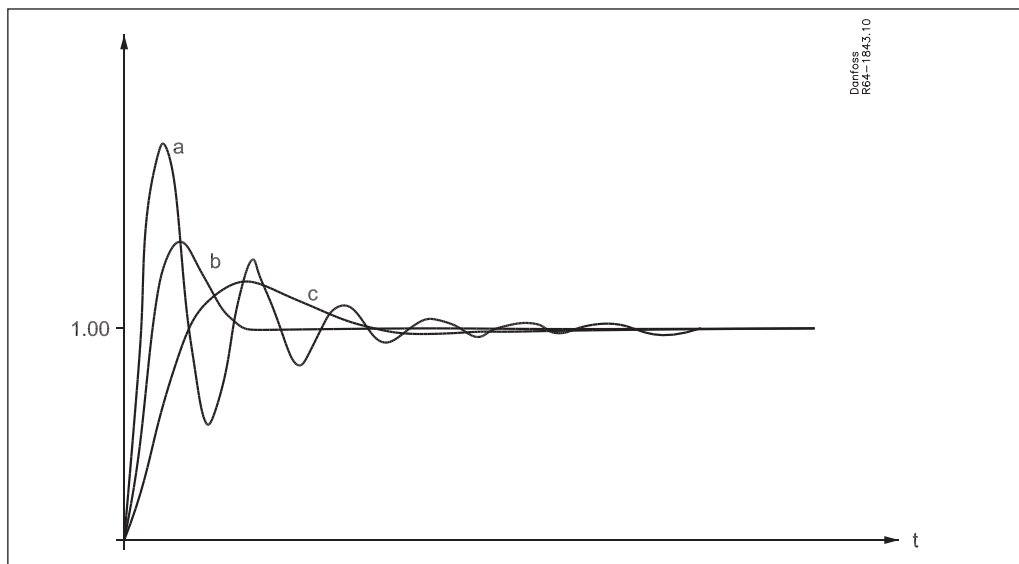
Las mismas configuraciones como las anteriores. Expuesto a cambio de carga de 1.

10.2.2
Control de modulación
(Continuación)

Curvas de estado transitorio típicas PID 2: cambio de PB

Las configuraciones:

	PB	T _i	T _d
PID-a	25,0 %	40 s	12 s
PID-b	41,7 %	40 s	12 s
PID-c	83,3 %	40 s	12 s



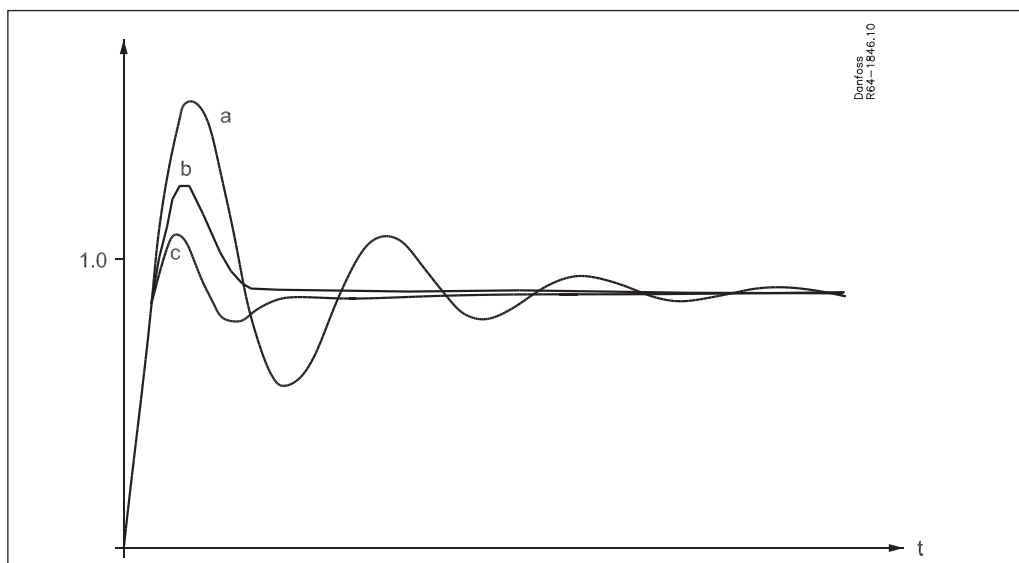
Lo mencionado anteriormente, muestra variación de PB para control PID cuando es influenciado por SP es cambiado por + 1 unidad. De lo mencionado anteriormente, está claro cuando

PB es demasiado pequeño, los sistemas llegan a ser más inestables (oscilatorio). Cuando PB es demasiado grande, éste llega a ser demasiado lento.

Curvas de estado transitorio típicas PID 1: configuraciones i optimas PID

Las configuraciones:

	PB	T _i	T _d
PID-a	41,7 %	20 s	12 s
PID-b	41,7 %	40 s	12 s
PID-c	41,7 %	120 s	12 s



Se muestra la variación de T_i para control PID cuando es influenciado por SP es cambiado por + 1 unidad. De lo mencionado anteriormente, está claro cuando T_i es demasiado pequeño,

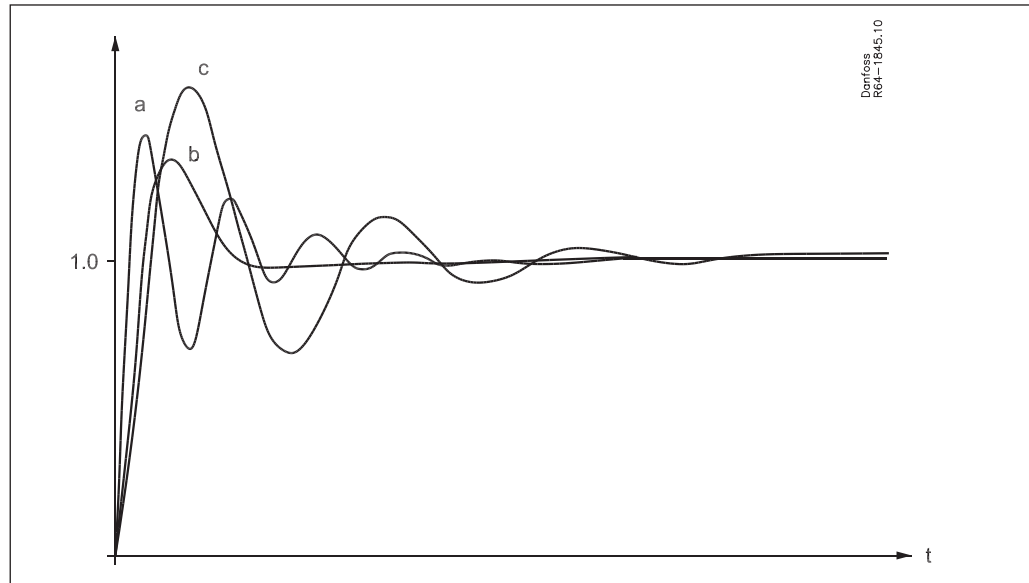
los sistemas llegan a ser más inestables (oscilat). Cuando T_i es demasiado grande, esto toma mucho tiempo para eliminar el último desbalance.

10.2.2
Control de modulación
(Continuación)

Curvas de estado transitorio típicas PID 4: cambio i de T_i

Las configuraciones:

	PB	T_i	T_d
PID-a	41,7 %	40 s	24 s
PID-b	41,7 %	40 s	12 s
PID-c	41,7 %	40 s	6 s



Se muestra la variación de T_i para control PID cuando es influenciado por SP es cambiado por + 1 unid. De lo mencionado anteriormente, está claro que cuando T_d es cualquiera demasiado

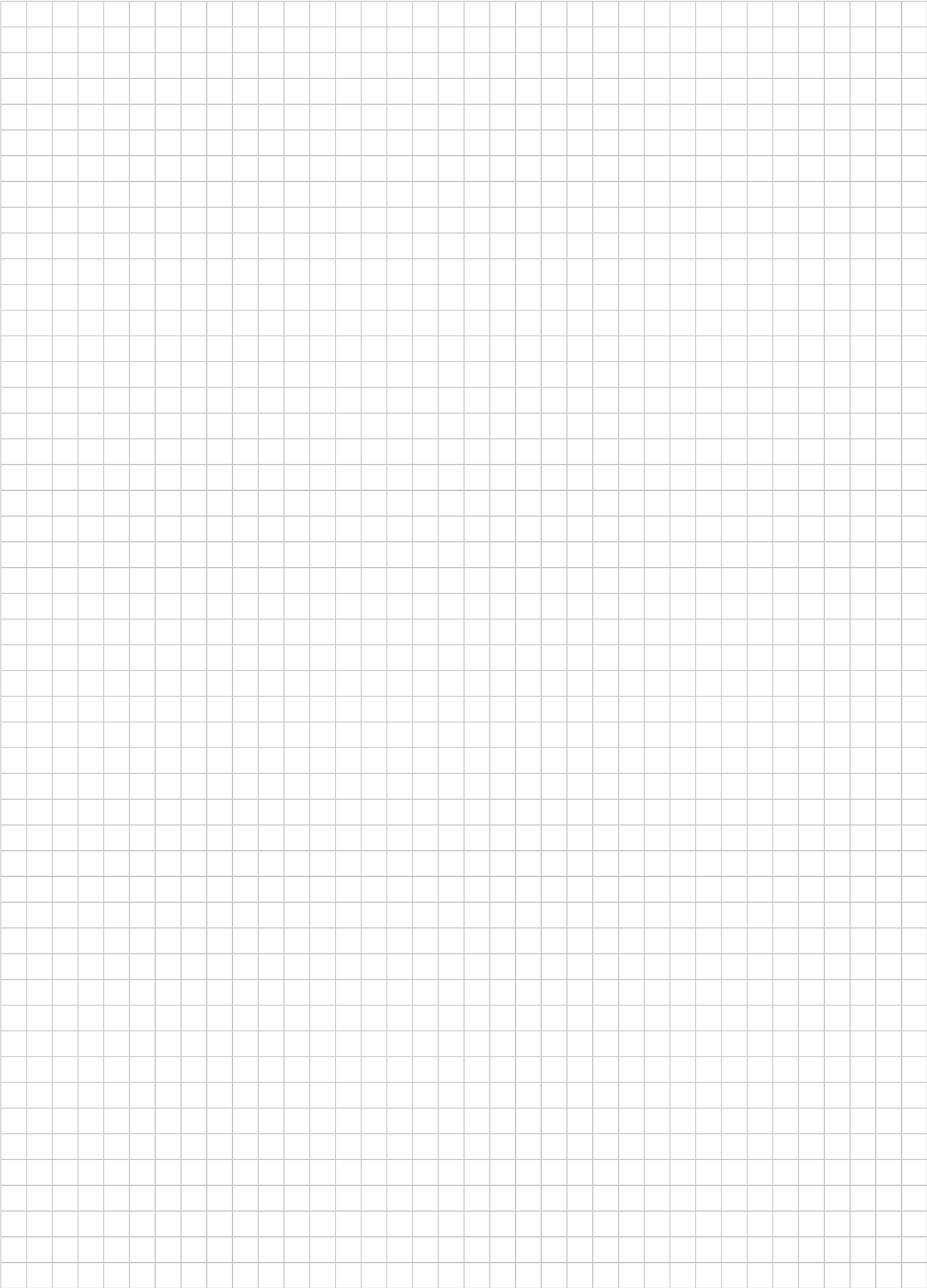
pequeño o demasiado grande, comparado a lo óptimo ($T_d= 12$) los sistemas llegan a ser más inestables (oscilatorio).

Literatura de referencia - descripción alfabética

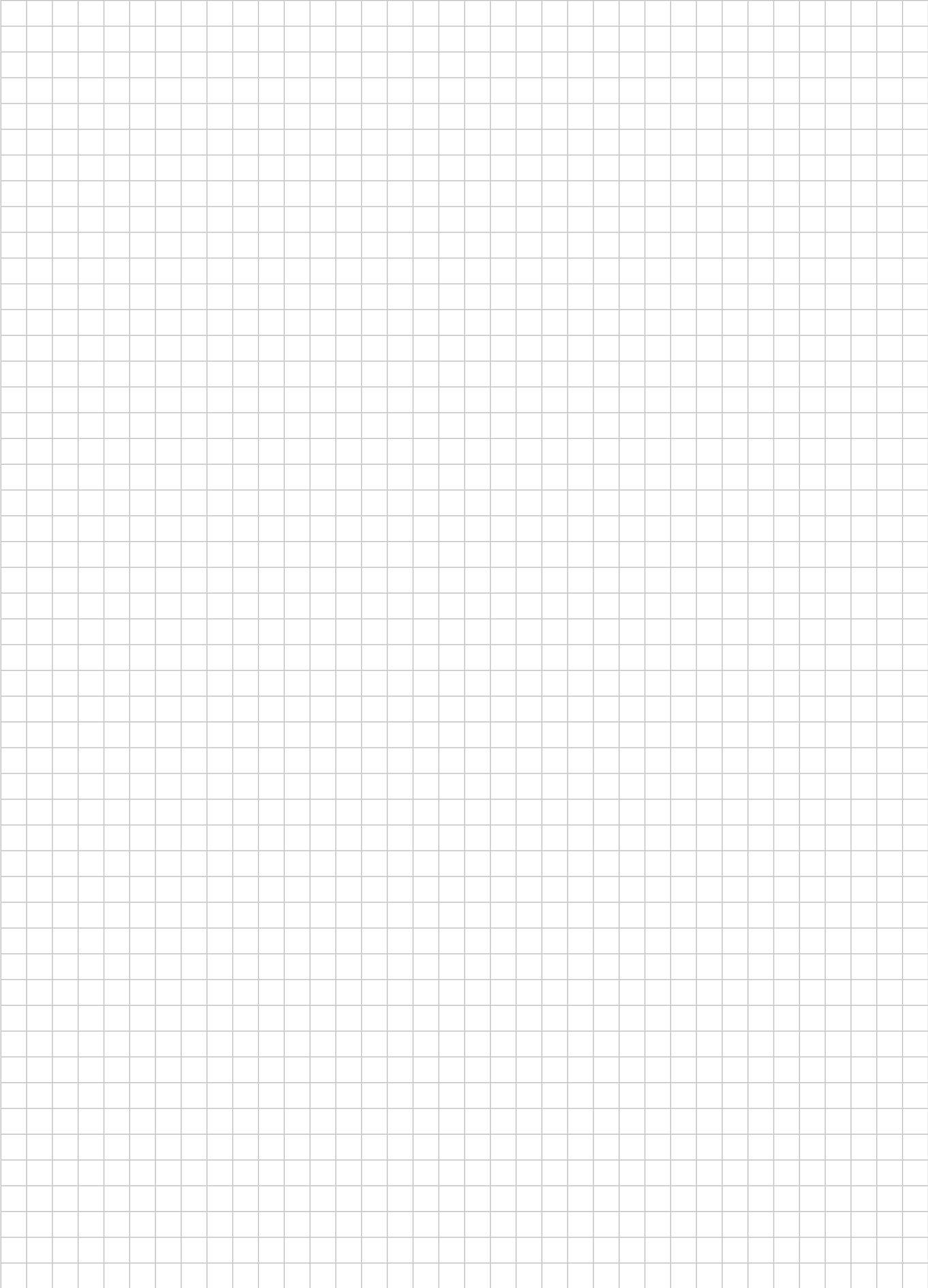
Tipo	Título	Hoja técnica / Manual	Instrucciones del producto
AKD	Accionamiento de velocidad variable	RB.8D.B	EI.R1.H / EI.R1.R
AKS 21	Sensor de temperatura	ED.SA0.A	RI.14.D
AKS 32R	Transmisor de presión	RD.5G.J	PI.SB0.A
AKS 33	Transmisor de presión	RD.5G.H	PI.SB0.A
AKS 38	Interruptor de flotador	RD.5M.A	RI.5M.A
AKS 41	Transmisor de nivel de líquido	PD.SC0.A	PI.SC0.A
AKVA	Válvula de expansión de mando eléctrico	PD.VA1.B	PI.VA1.C / PI.VA1.B
AMV 20	Actuador de control de tres vías	ED.95.N	EI.96.A
BSV	Válvula de alivio de seguridad	RD.7F.B	RI.7F.A
CVC	Válvula piloto para válvula principal servoaccionada	PD.HN0.A	RI.4X.L
CVP	Válvula piloto para válvula principal servoaccionada	PD.HN0.A	RI.4X.D
CVPP	Válvula piloto para válvula principal servoaccionada	PD.HN0.A	RI.4X.D
CVQ	Válvula piloto para válvula principal servoaccionada	PD.HN0.A	PI.VH1.A
DCR	Filtro deshidratador	PD.EJ0.A	PI.EJ0.B
DSV	Válvula de cierre doble (para válvula de seguridad)	PD.IE0.A	PI.IE0.A / RI.7D.A
EKC 202	Controlador para control de temperatura	RS.8D.Z	RI.8J.V
EKC 315A	Controlador para control de evaporador industrial	RS.8C.S	RI.8G.T
EKC 331	Controlador de capacidad	RS.8A.G	RI.8B.E
EKC 347	Controlador de nivel de líquido	RS.8A.X	RI.8B.Y
EKC 361	Controlador para control de temperatura de medio	RS.8A.E	RI.8B.F
EVM	Válvula piloto para válvula principal servoaccionada	PD.HN0.A	RI.3X.J
EVRA / EVRAT	Válvula solenoide	RD.3C.B	RI.3D.A
FA	Filtro	PD.FM0.A	RI.6C.A
FIA	Filtro	PD.FN0.A	PI.FN0.A
GPLX	Válvula de cierre accionada por gas	PD.BO0.A	RI.7C.A
HE	Intercambiador de calor	RD.6K.A	RI.6K.A
ICF	Solución de control	PD.FT0.A	PI.FT0.A
ICM / ICAD	Válvula motorizada	PD.HT0.A	PI.HT0.A
ICS	Válvula servoaccionada	PD.HS0.A	PI.HS0.A
KDC	Válvula de descarga del compresor	PD.FQ0.A	PI.FQ0.A
LLG	Visor de nivel de líquido	PD.GG0.A	RI.6D.D
MLI	Indicador visual	PD.GH0.A	
MP 55 A	Control de presión diferencial	RD.5C.B	RI.5C.E
NRVA	Válvula de retención para amoníaco	RD.6H.A	RI.6H.B
OFV	Válvula de descarga	PD.HQ0.A	PI.HX0.B
ORV	Válvula de regulación de aceite	PD.HP0.A	RI.7J.A
PMFL / PMFH	Regulador de nivel de líquido por modulación	RD.2C.B	PI.GE0.A / RI.2C.A
PMLX	Válvula solenoide de dos etapas on/off	PD.BR0.A	RI.3F.D / RI.3F.C
POV	Válvula de seguridad interna accionada por piloto	PD.ID0.A	PI.ID0.A
QDV	Válvula de purga de aceite de cierre rapido	PD.KL0.A	PI.KL0.A
REG	Válvula de regulación manual	PD.KM0.A	PI.KM0.A
RT 107	Termostato diferencial	RD.5E.A	
RT 1A	Control de presión, control diferencial de presión	PD.CB0.A	RI.5B.C
RT 260A	Control de presión, control diferencial de presión	PD.CB0.A	RI.5B.B
RT 5A	Control de presión, control diferencial de presión	PD.CB0.A	RI.5B.C
SCA	Válvula de cierre de retención / válvula de retención	PD.FL0.A	PI.FL0.A
SFA	Válvula de alivio de seguridad	PD.IF0.A	RI.7F.F
SGR	Indicador visual	PD.EK0.A	PI.EK0.A
SNV	Válvula de cierre de aguja	PD.KB0.A	PI.KB0.A
SV 1-3	Regulador de nivel de líquido por modulación	RD.2C.B	RI.2B.F
SV 4-6		RD.2C.B	RI.2B.B
SVA	Válvula de cierre	PD.KD0.A	PI.KD0.B
TEA	Válvula de expansión termostática	RD.1E.A	PI.AJ0.A
TEAT		RD.1F.A	PI.AU0.A
VM 2	Válvula de presión balanceada	ED.97.K	VI.HB.C
WVS	Válvula de agua	RD.4C.A	RI.4C.B
WVTS		RD.4C.A	RI.4D.A

Para descargar la más reciente versión de la literatura, por favor visite el sitio en Internet de Danfoss <http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

Notas



Notas



La gama de productos Danfoss para la industria de refrigeración y aire acondicionado

Danfoss Refrigeration & Air Conditioning es líder mundial en la fabricación y el suministro de productos y soluciones para instalaciones de refrigeración industriales, comerciales y de distribución alimentaria, así como para los sectores de aire acondicionado y climatización.

Nuestro objetivo se concentra en la producción de productos, componentes y sistemas de alta calidad dentro de nuestros negocios clave, que aumenten las prestaciones y que reduzcan los costes de ciclo de vida totales - clave para mayores ahorros.



Controles para Instalaciones de Refrigeración Comerciales



Controles para Instalaciones de Refrigeración Industriales



Controles y Sensores Electronicos



Industrial Automation



Compresores domésticos



Compresores comerciales



Unidades Condensadoras



Termostatos para aplicaciones domésticas

Ofrecemos un único proveedor para una de las más amplias gamas de componentes y sistemas innovadores para refrigeración y aire acondicionado del mundo.

También combinamos nuestras soluciones técnicas con soluciones comerciales para ayudar a su empresa a reducir costes, alinear procesos y conseguir los objetivos de su negocio.

Danfoss A/S • www.danfoss.com