

application note



Aproximación científica aplicada a la intuición

dónde

Prueba en laboratorio

- Carter Retail Equipment (UK)

Prueba en campo

- Supermercado Eurospar Azzano X (ITA)

qué

Comparación entre válvulas proporcionales y PWM:

- Calidad de la regulación
- Ahorro energético

por qué

- Tener una comparación cuantitativa y cualitativa de las diferentes características de regulación de los dos órganos de laminación con comentarios prácticos en campo y en laboratorio

E²V y PWM:

comparación entre válvulas de expansión proporcionales y por impulsos

La válvula de expansión se utiliza en el ámbito de la refrigeración comercial para alimentar el evaporador de mostradores y cámaras frigoríficas.

La función del órgano de laminación es garantizar un correcto recalentamiento a la salida del evaporador.

También desde un punto de vista intuitivo, una mayor precisión en la regulación lleva a ventajas de tipo energético, de calidad de la regulación y de estabilidad/seguridad del circuito de refrigeración completo.

Dando cuerpo a la intuición y con rigor científico CAREL tiene recogido una serie de hechos y consideraciones útiles para comprender los efectos positivos reales de una regulación proporcional respecto a una regulación por pulsos.

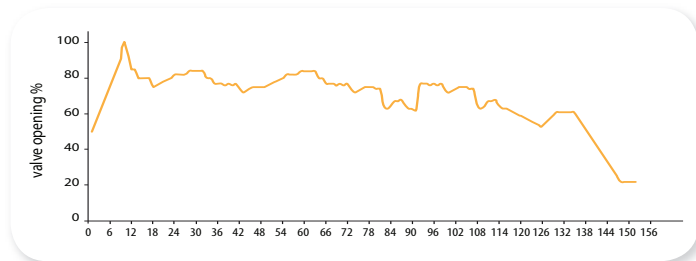
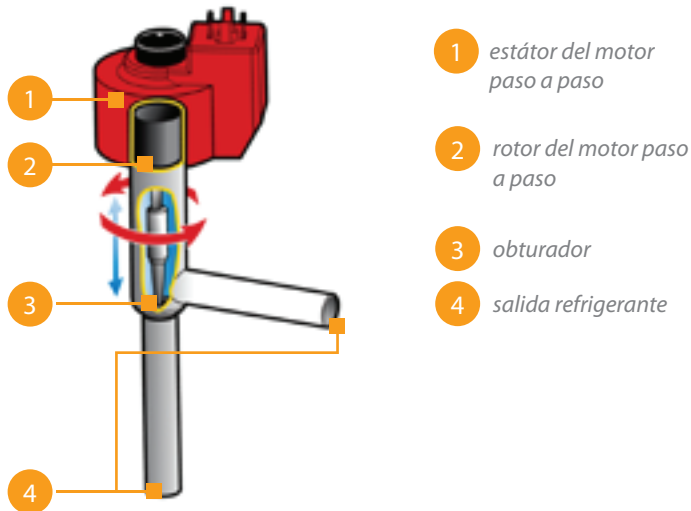
En este documento informamos de los éxitos encontramos en nuestros laboratorios, en instalaciones reales y con el aval de algunas pruebas realizadas también independientemente por terceros.



Válvula stepper E²V

modulación del caudal continua

- El driver de la válvula electrónica proporciona al estátor una señal de baja tensión a la válvula para hacer girar el rotor en sentido horario o antihorario
- El mecanismo interno convierte el movimiento giratorio en desplazamiento axial del obturador
- La posición del obturador varía el área de paso del refrigerante;
- El caudal de refrigerante es modulado con precisión y continuidad.

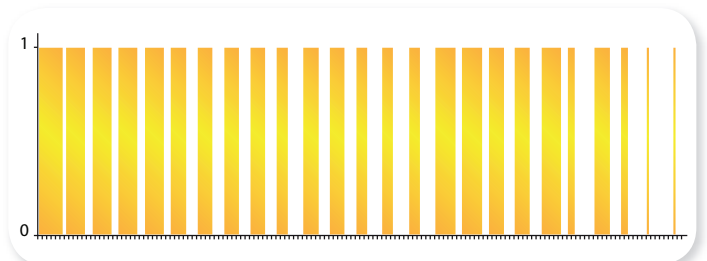
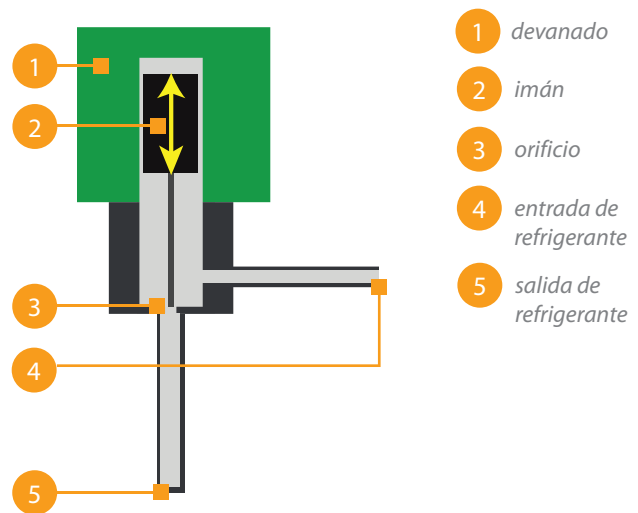


Esquema de principio de funcionamiento de una válvula de expansión proporcional genérica. Una característica de calidad de las válvulas proporcionales CAREL E2V es el movimiento sólo axial y no giratorio del obturador de regulación. La válvula paso a paso puede modular de forma precisa y continua el caudal de refrigerante de acuerdo en cada momento con la cantidad necesaria para la instalación.

Válvula PWM (Pulse Width Modulation)

modulación del caudal por pulsos

- El driver proporciona al devanado un comando en tensión modulando la duración de los impulsos (segundos)
- El imán se mueve en función de la excitación del devanado
- El obturador conectado al imán abre o cierra completamente el orificio de paso
- La modulación de un "caudal medio" se produce regulando la duración de los periodos de apertura y cierre



Esquema de principio de funcionamiento de una válvula de expansión genérica PWM. Una válvula PWM puede obtener sólo una variación del "caudal medio" en una ventana temporal de varios segundos. El caudal instantáneo puede ser sólo 100% ó 0%.

Ventajas de la regulación proporcional



control del recalentamiento más estable: es posible trabajar con punto de consigna inferiores obteniendo también un mejor rendimiento del evaporador. Esto implica una posible mayor presión de evaporación y como consecuencia un ahorro de la energía de compresión;



mayor campo de regulación: una EEV proporcional puede hacer frente mejor a los cambios de presión de condensación y evaporación, y adaptarse a las variaciones de carga. El mismo modelo de válvula puede funcionar en unidades de distintas capacidades y distinto refrigerante, haciendo menos crítico el proceso de selección y sustitución;



menores vibraciones en las tuberías: la válvula PWM puede inducir en las tuberías y en el caudal de refrigerante mismo las vibraciones que pueden llevar a roturas o malos funcionamientos en la instalación, o que obligan a la adopción de tubos de espesor y coste mayores con anclajes específicos;



ningún ruido en la instalación: a diferencia de las válvulas PWM, no generan ruido en funcionamiento normal;



bajas tensiones de trabajo: se reducen las precauciones necesarias para el mantenimiento y en caso de formación de hielo.

Prueba de laboratorio

Carter Retail Equipment tiene realizado las pruebas de laboratorio para comparar una válvula proporcional CAREL E2V18 con una válvula de tipo PWM.

Las pruebas han sido efectuadas utilizando un mostrador mural de temperatura media modificado para permitir la laminación alternativamente en las dos válvulas: cuándo es seleccionada una válvula, el ramal sobre el que está instalada la otra por medio de una válvula solenoide. En este modo se garantiza la perfecta igualdad de condiciones para las pruebas.

El objeto de las pruebas ha sido la medida del coeficiente de extracción a igualdad de temperatura del producto. Esto equivale a la medida del rendimiento frigorífico necesario para obtener el mismo efecto sobre el producto a mantener a baja temperatura, o también equivale a la cantidad de refrigerante necesaria para obtener el mismo efecto frigorífico. Las pruebas han sido realizadas haciendo funcionar el mostrador alternativamente con la válvula proporcional y la válvula PWM cada 24 horas. La medida del caudal de refrigerante ha sido efectuada con un caudalímetro con efecto Coriolis.

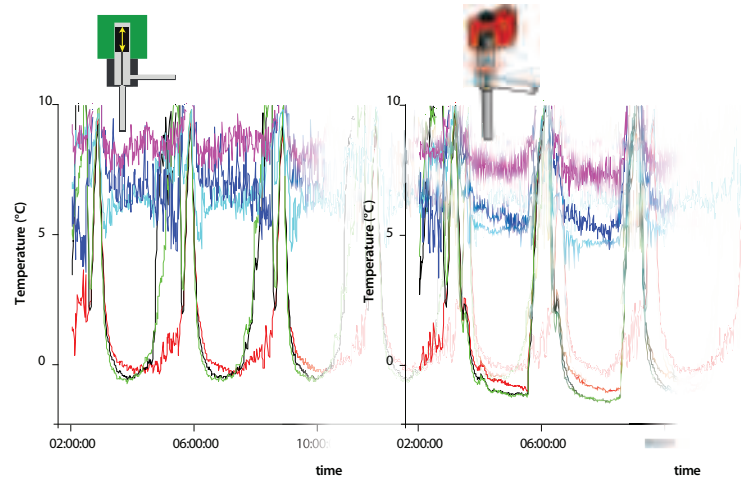


la unidad frigorífica usada para las pruebas en los laboratorios CARTER Refrigeration

Formación de hielo

En los registros se nota un diferente comportamiento de las temperatura del aire reconducible también a una probable distinta formación de hielo sobre la batería.

Durante el funcionamiento de la válvula proporcional no se notan particulares derivas o aumentos de temperatura regulados o aumentos de los tiempos de desescarche.

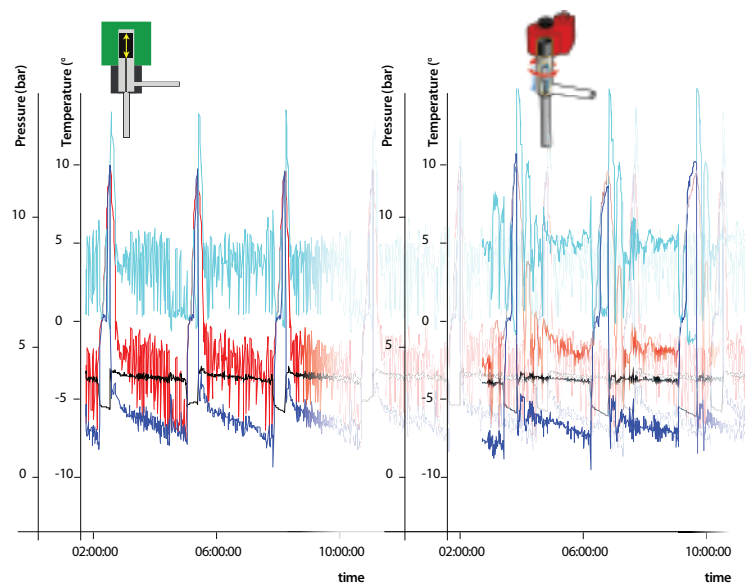


Red	Air off left	Black	Air off center	Green	Air off right
Cyan	Air on left	Blue	Air on center	Purple	Air on right

Estabilidad en el control del recalentamiento

La válvula proporcional es capaz de mantener un recalentamiento estable y sin amplias pendulaciones.

Esto es debido a un caudal del refrigerante estable y lleva a una buena regulación de la temperatura del mostrador y eficiencia

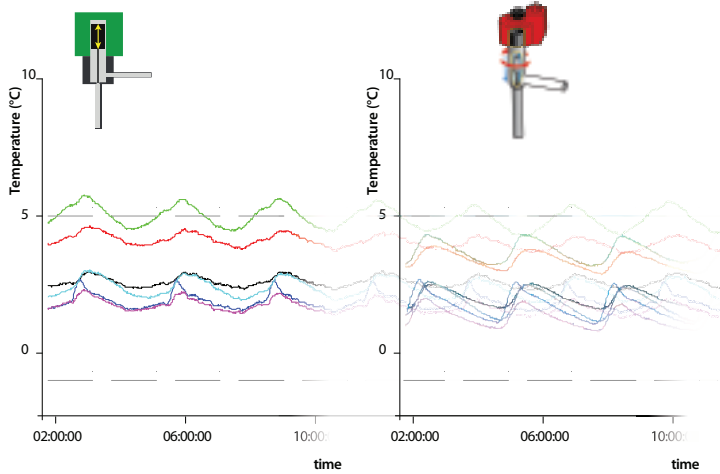


Red	suction temperature	Black	suction pressure
Cyan	superheat	Blue	evaporator temperature



Temperatura de conservación de los productos

Se observa en el gráfico que con la regulación proporcional las temperaturas medias de los productos en el mostrador frigorífico están en el campo de regulación óptima



■	Air off left	■	Air off center	■	Air off right
■	Air on left	■	Air on center	■	Air on right

Análisis de los resultados

Descripciones	PWM	CAREL E2V-18
Máxima temperatura de producto	6,2 °C	6,4 °C
Relación de extracción	2,59 kW	2,34 kW
Temperatura de evaporación	-6,6 °C	-6,7 °C
Consumos (100%= PWM)	100%	90%
Ahorro con E²V	10%	

Estas pruebas de laboratorio indican una mayor eficiencia de las válvulas proporcionales respecto a las válvulas PWM en las condiciones específicas del entorno.

Además proporcionan interesantes ideas de reflexión cualitativa sobre el tipo de control, la calidad de la regulación y la conservación de los alimentos.

Prueba en campo

Con objeto de evaluar el diferente comportamiento de la válvula proporcional CAREL E²V y de una válvula PWM, se tiene procedido a instalar en un supermercado real una instalación "de tecnología doble".

El punto de venta ASPIAG, sito en Azzano X (PN) tiene una superficie de 1500 m², una potencia instalada de 100 kW a temperatura media y 50 kW a baja temperatura. Están presentes 21 equipos de media y 13 de baja temperatura.

Ha sido posible conducir la prueba alternando cotidianamente la válvula de expansión utilizada, en igualdad de condiciones externas e internas del punto de venta.



Instalación en paralelo de las válvulas E2V y PWM



Todas las sondas duplicadas han sido instaladas para medir el mismo valor de temperatura/presión



el cuadro eléctrico ha sido preparado para permitir el cambio de tecnología entre PWM y E²V manualmente o vía supervisor PlantVisorPRO

Con el fin de obtener resultados perfectamente comparables se ha procedido a duplicar el ramal sobre el que se instala la válvula de expansión. Dos válvulas solenoides controlables vía PlantVisorPRO excluyen alternativamente uno de los dos ramales, permitiendo cambiar de vez en cuando la tecnología para la expansión. En cada mostrador están instaladas las sondas para cada uno de los dos controladores, en posiciones muy próximas, para evitar posibles incongruencias en las medidas. Están presentes en cada mostrador los siguientes pares de sondas:

- temperatura de impulsión de aire;
- temperatura de retorno de aire;
- temperatura de desescarche;
- presión de aspiración;
- temperatura de aspiración.

Metodologías de prueba

Las pruebas se realizan para obtener datos comparables. Todos los parámetros de los controladores de las válvulas han sido establecidos de forma coherente (punto de consigna, alarmas, desescarches) para garantizar un funcionamiento en condiciones análogas. Los parámetros de regulación de las centrales frigoríficas han sido mantenidos idénticos durante el funcionamiento con las dos tecnologías. El cambio de tecnología ha sido efectuado a intervalos de 24 horas, de forma tal para garantizar lo máximo posible condiciones climáticas similares. La toma de muestras de los datos ha sido efectuada cada 5 minutos.

Supermercado Eurospar (ASPIAG) de Azzano X

Características de la instalación

- Superficie: 1500 m²
- Mostradores de temperatura media: 15
- Mostradores de baja temperatura: 11
- Cámaras de temperatura media: 6
- Cámaras de baja temperatura: 2

Central de temperatura media:

- 3 compresores en total
- 1 compresor con inverter (35 – 100%)
- Potencia total 100 kW
- Batería de condensación de 6 ventiladores con inverter

Central baja temperatura:

- 3 compresores en total
- 1 compresor con inverter (35 – 100%)
- Potencia total 50 kW
- Intercambiador para subenfriamiento
- Batería de condensación de 4 ventiladores con inverter

Controladores CAREL

Centrales frigoríficas: pRack pR100
 mostradores/cámaras frigoríficas: MPXPRO step3
 válvulas de expansión: E²V
 supervisión: PlantVisorPRO Touch Hyper



Metodologías de prueba

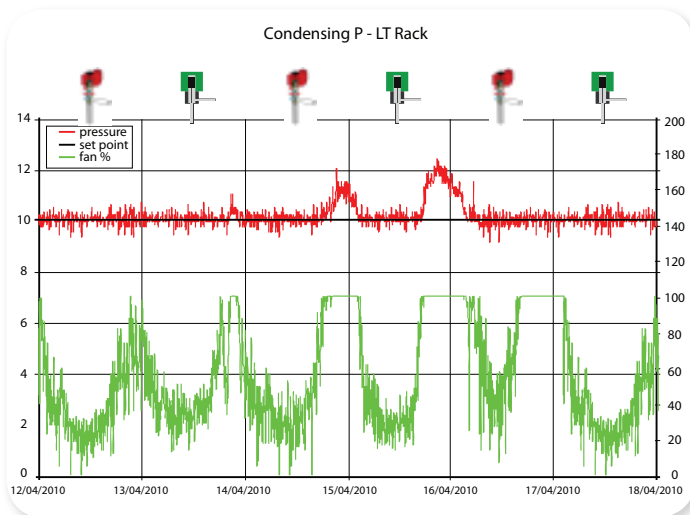
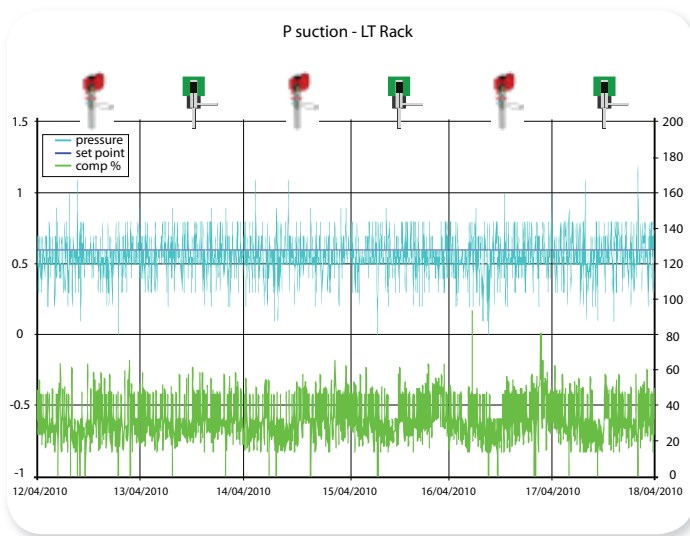
La duración total de las pruebas en el supermercado de Azzano X ha sido de diez meses, algunos de los cuales dedicada a la comparación entre válvulas E²V y PWM.

Sin embargo los gráficos corresponden a las pruebas con duración de algunos días en los que ha habido condiciones climáticas prácticamente constantes.

Condiciones de prueba comparables

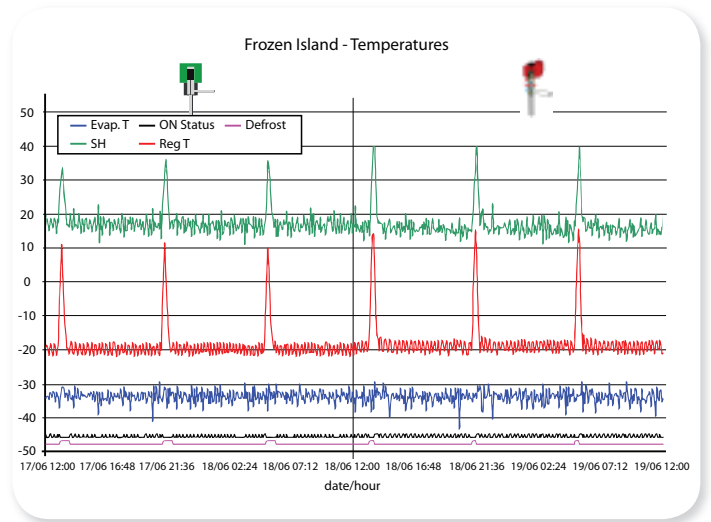
En el gráfico se puede observar cómo las condiciones de presión permanecen prácticamente idénticas en los días de funcionamiento PWM y de funcionamiento E²V.

La tendencia de la potencia de los compresores y de los ventiladores es igualmente estable en las distintas jornadas.



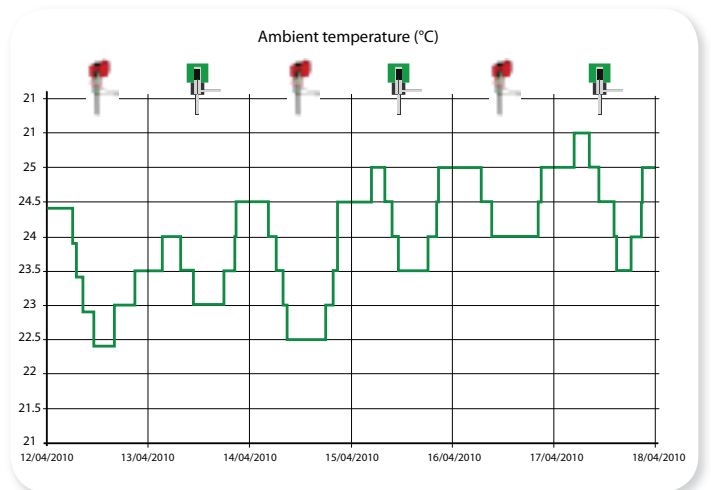
Parámetros

Viendo el gráfico resulta evidente cómo los puntos de consigna correspondientes al aire de impulsión del mostrador y al recalentamiento se han mantenido idénticos en el controlador de la válvula E²V y de la PWM. También es posible observar que las temporizaciones de desescarche no varían con las dos tecnologías.



Temperatura ambiente

En el intervalo de tiempo considerado se puede observar que la temperatura media es mantenida casi constante.



Resultados de las pruebas

Para obtener datos comparables se han tenido en cuenta sólo los periodos de tiempo en los que la temperatura exterior era suficientemente estable.

Han sido descartados también los datos correspondientes a periodos en los que se han realizado pruebas de tipo distinto (ref. Success story Azzano X).

El análisis de los datos lleva a una confirmación genérica de los resultados obtenidos por Carter Refrigeration en laboratorio.

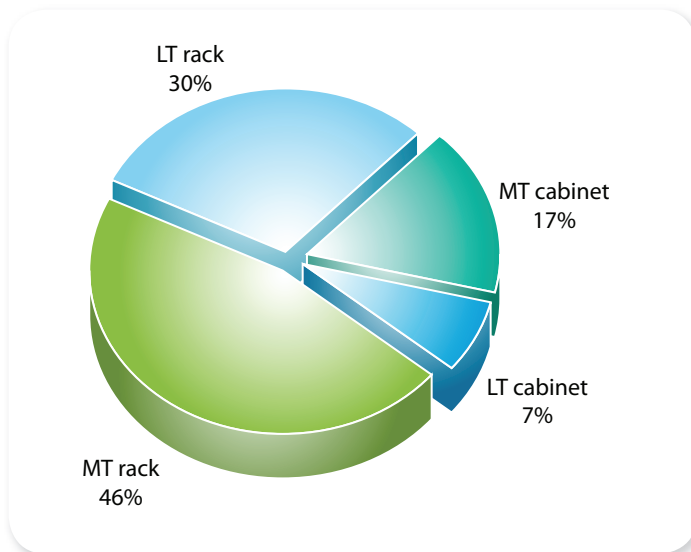
Una regulación más precisa y continua del caudal en los evaporadores reduce las ineficiencias y permite utilizar menos refrigerante a igualdad de efecto frigorífico.

La precisión y la continuidad en el control del caudal han llevado a un uso más eficiente del refrigerante con ahorros energéticos del orden del 5% sobre la instalación tomada en consideración.

Este se repercute directamente sobre el consumo eléctrico de las centrales frigoríficas, como se observa fácilmente en el gráfico de tarta.

Consumo total de la instalación/ Horas de funcionamiento		Ahorro energético
E ² V	PWM	
33,5 kW	35,1 kW	-4,5%

4,5% energy saving: distribution



Conclusiones

Las pruebas en laboratorio (Carter Refrigeration) y en campo (Interspar Azzano X) llevan a concluir que el uso de una válvula proporcional es generalmente preferible al de una válvula PWM, también en la refrigeración comercial.

Además de las ventajas asociadas al rango de regulación, al menor ruido y a la mejor calidad del control del recalentamiento, se tiene una ventaja en términos de ahorro energético que ha sido cuantificado en las pruebas analizadas aquí.

La válvula PWM no es capaz de garantizar en cada momento el caudal de refrigerante necesario para que el equipo mantenga el correcto valor de recalentamiento, probablemente debido a que la regulación es de naturaleza impulsiva.

Esto se traduce en un mayor factor de extracción, es decir, un mayor uso de refrigerante para la generación del efecto frigorífico. La válvula E²V, por el contrario, puede regular instante a instante el caudal de refrigerante de forma continua.



Soluciones CAREL retail sistema para la regulación proporcional del recalentamiento

La tecnología de expansión proporcional CAREL es utilizable con nuestra nueva generación de controladores y válvulas, fruto de un año de afinación también de la usabilidad.

MPXPRO STEP3 con tecnología Ultracap

Modulación continua también en la refrigeración comercial sin necesidad de válvulas solenoides y de alimentación externa.



EVD EVO

Las potencialidades de la regulación modulante también con solución independiente.



E²V SMART

La nueva generación de válvulas proporcionales E²V hasta a 40 kW inspeccionables para una instalación y mantenimiento también más sencillo, ahora también con mirilla de caudal y filtro mecánico interno.

EXV sistema simulador



Para una demostración práctica de las diferencias en la regulación. Disponible en nuestros stands en las principales ferias o en la filial CAREL más cercana.

El simulador es un simple circuito frigorífico dotado de intercambiadores transparentes y equipado con tres válvulas de expansión diferentes: E²V, PWM y termostática mecánica. Es posible "tocar con la mano" observando sobre el monitor, o directamente en los intercambiadores transparentes, los diferentes resultados de la acción de las válvulas, con sus efectos sobre el recalentamiento y el funcionamiento de la máquina.



Headquarters ITALY

CAREL INDUSTRIES HQs
Via dell'Industria, 11
35020 Brugine - Padova (Italy)
Tel. (+39) 0499 716611
Fax (+39) 0499 716600
carel@carel.com

Sales organization

CAREL Asia - www.carel.com
CAREL Australia - www.carel.com.au
CAREL China - www.carel-china.com
CAREL Deutschland - www.carel.de
CAREL France - www.carelfrence.fr
CAREL Iberica - www.carel.es
CAREL India - www.carel.in

Affiliates

CAREL HVAC/R Korea - www.carel.com
CAREL Russia - www.carelrussia.com
CAREL South Africa - www.carelcontrols.co.za
CAREL Sud America - www.carel.com.br
CAREL U.K. - www.careluk.co.uk
CAREL U.S.A. - www.carelusa.com

CAREL Czech & Slovakia - www.carel-cz.cz
CAREL Korea (for retail market) - www.carel.co.kr
CAREL Ireland - www.carel.com
CAREL Thailand - www.carel.co.th
CAREL Turkey - www.carel.com.tr