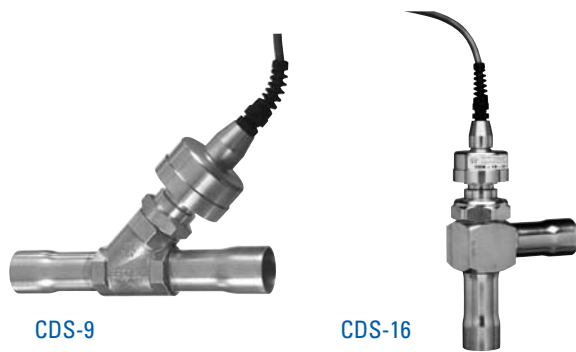


AHORROS DIRECTOS E INDIRECTOS USANDO VÁLVULAS CON MOTOR DE PASO

Por BRIAN DOLIN, Gerente de Producto, Productos Electro-mecánicos, División Sporlan, Parker Hannifin Corporation

Las válvulas de expansión termostáticas mecánicas han servido bien a la industria del aire acondicionado y la refrigeración por muchos años. Con la trayectoria de la industria hacia una mejor eficiencia y con el uso de diferentes refrigerantes, los controles electrónicos y las válvulas eléctricas están siendo utilizados con mayor frecuencia. Los beneficios de las válvulas eléctricas pueden apreciarse en casi todas las partes del sistema, no solamente con las válvulas de expansión. Beneficios directos resultan de la habilidad de las válvulas de operar con presiones de condensador y de succión variables. Beneficios indirectos resultan al alargar la vida del producto en el espacio refrigerado.

AHORROS DIRECTOS REGULADOR DE PRESIÓN DE EVAPADOR ELÉCTRICOS



Muchos de los ahorros directos atribuidos al uso de válvulas de control de refrigerante de motor de paso pueden ser resultado de la eficiencia energética. Ahorros significativos pueden realmente obtenerse de una fuente sorpresa – Reguladores de Presión de Evaporador Eléctricos, EEPRs. Si pensamos de manera convencional, está dicho que los Reguladores de Presión de Evaporador (EPRs) causan una caída de presión adicional en la línea de succión y por ende son menos eficientes. Caídas de presión en la línea de succión son, de hecho, costosas en términos del uso de energía de los compresores. La Tabla 1 muestra que una caída de presión de 2 psi (0.13 bar) en la línea de succión se traduce en una pérdida de capacidad del 3.6% a 15°F (9.4°C) de temperatura de saturación de succión con R-404A. En EPRs mecánicas es un factor significativo ya que todas las EPRs mecánicas utilizan la presión del sistema para operar y contribuyen a la caída de presión en la línea de succión. EEPRs de motor de paso, por otro lado, pueden seleccionarse para que no contribuyan en la caída de presión en la línea de succión ya que son operadas por una fuente externa en vez de ser operadas por el sistema. Al seleccionarse apropiadamente, la EEPR puede tener una caída de presión igual a una sección de tubería del mismo diámetro que sus conexiones. Las EEPRs pueden aplicarse en ramales operando a, o muy cerca, a la presión de la succión común sin incurrir en una penalización operativa.

El bajar rápidamente la temperatura del mueble después del descarche es otra contribución de las EEPRs a la eficiencia del sistema. Tal como se muestra en la Figura 1, las cargas térmicas después del descarche son típicamente tres veces más grandes que la carga térmica sostenida de diseño de un mueble refrigerado. Las válvulas de expansión eléctricas (EEVs) pueden también contribuir a una

bajada rápida de temperatura después del descarche. Cubriremos este tipo de válvulas en forma más detallada en una sección posterior.

Durante el descarche, la EEPR y la EPR mecánicas están cerradas y la presión del evaporador es alta. Al terminar el descarche, la EEPR o EPR comienza a abrir, reduciendo rápidamente la presión en el evaporador pero no así la temperatura del aire pasando a través del evaporador. La EPR mecánica responderá a la presión y comenzará a abrir pero al caer la presión en el evaporador al punto de ajuste, esta dejará lentamente de abrir. Esta reacción extenderá el tiempo que toma la temperatura para bajar al punto de diseño.

Las EEPRs, al contrario, usualmente están ajustadas a responder a la temperatura del aire en vez de la presión. Después del descarche, la EEPR abrirá completamente permitiendo que el refrigerante se evapore a la condición de saturación de la succión común a la cual está conectada. Esto resulta en una disminución de temperatura rápida mostrada en la Figura 2. Entre más rápido baje la temperatura, el compresor emplea menos tiempo operando en reestablecer la temperatura del mueble y por ende el producto no se calienta. Con las EEPRs, la temperatura de diseño se alcanza de 3 a 4 veces más rápido que con las EPR mecánicas.

Otra remota ventaja y generalmente no tomada cuenta de las EEPRs es posiblemente la naturaleza de los controladores utilizados con ellas. Las EEPRs de motor de paso, mientras más precisas que la tecnología de los modelos anteriores de válvulas eléctricas, todavía requieren de controladores electrónicos y sensores.

Temperatura de Evaporador °F (°C)	R-22	R-404A	R-404A
	Caída de Presión en Línea de Succión		
	2 psi	2 psi	1 psi
	Porcentaje de Pérdida de la Capacidad del Compresor		
40 (5)	3.1	—	—
15 (-10)	5.1	3.6	1.8
-25 (-32)	17.6	8.8	4.4

Tabla 1

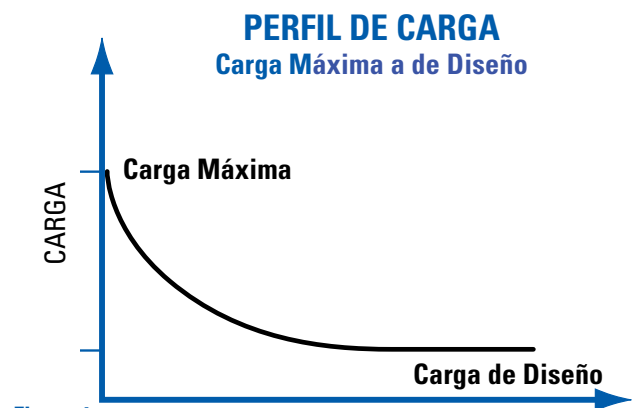


Figura 1

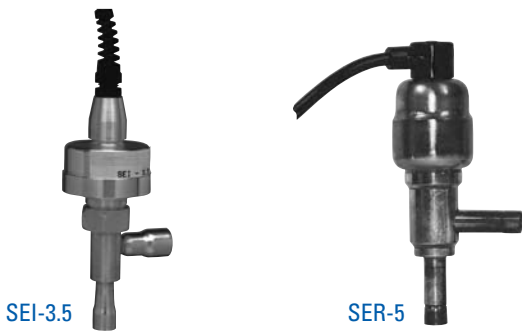
Página 2

Estos controladores y sensores pueden ser independientes, pero son muy a menudo parte de un sistema de manejo energético central que controla todos los aspectos de la instalación de refrigeración, incluyendo el control del compresor y del condensador. Este sistema de manejo energético captura las temperaturas de cada mueble y ramal y la posición de apertura de cada EEPR. Dado el algoritmo apropiado, el sistema puede permitir que la presión de succión aumente si todos los muebles han alcanzado su temperatura de diseño y las EEPRs están en una posición más cerrada. Este aumento en la presión de succión reduce la relación de compresión y aumenta considerablemente la eficiencia del compresor. Las ganancias calculadas son más del 10% para un aumento de temperatura equivalente a 5°F (3°C) de aumento en la presión de succión.

La Figura 3 fue generada de la data de un compresor representativo e ilustra estas ganancias. Aunque no se ha comprobado, la teoría sugiere que las EEPRs que responden a la temperatura pueden actuar para demorar o eliminar la necesidad de descarches al reducir la diferencia de temperatura entre la temperatura de saturación de la superficie del serpentín y la temperatura del aire saliendo del serpentín. Acercamientos en la temperatura conllevan a una menor de-humidificación del aire y una menor acumulación de escarcha en el serpentín. Los descarches son costosos del punto de vista del consumo energético necesario para derretir el hielo y el tiempo adicional de operación del compresor requerido para bajar la temperatura del gabinete a la temperatura de diseño. Menos escarcha y menos ciclos de descarche aumentan considerablemente la eficiencia global del sistema.

Al madurar la tecnología de los motores de paso, los costos de implementación de esta tecnología disminuyen. La disminución del costo es primero, debido a un menor precio del equipo, o segundo, como resultado de una mejor funcionalidad a un costo similar. En la actualidad, las EEPRs de motor de paso son competitivas en el costo de instalación comparado con las instalaciones con EPRs mecánicas.

VÁLVULAS DE EXPANSIÓN ELÉCTRICAS



Comentarios anteriores han señalado los ahorros realizables con la tecnología emergente de las EEPRs. Las Válvulas de Expansión Eléctricas (EEVs) han estado disponibles por algunos años y están basadas en una variedad de tecnologías; magnética análoga, motor de calor y motor de paso, entre otras.

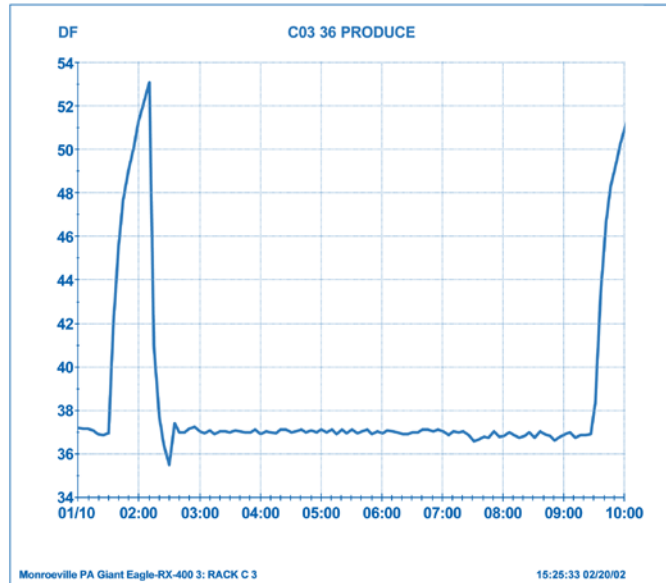


Figura 2

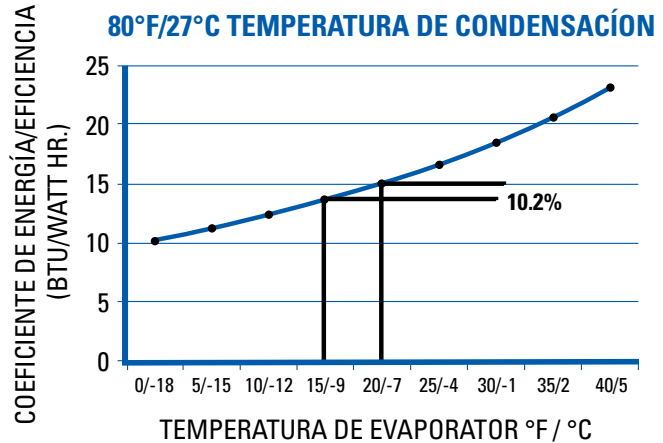


Figura 3

Al utilizarlas sin EEPRs o con EPRs mecánicas en los muebles refrigerados en supermercados, las EEVs pueden que no sean la tecnología más eficiente. A menudo usadas en sistemas de circuito cerrado en los cuales una succión común grande opera a la temperatura de saturación de succión menor requerida, las EEVs funcionarán bien como dispositivos de control de recalentamiento. Sin embargo, al operar como controles de temperatura en la misma aplicación, las EEVs pueden que utilicen más energía al requerirse descarches más largos y más frecuentes. Cuando son requeridas para controlar temperatura, las EEVs lo hacen aumentando el recalentamiento. Este recalentamiento más alto causa que en los pases iniciales del serpentín se evapore el refrigerante a la presión de la succión común, la cual puede ser considerablemente más frío que lo requerido para satisfacer la temperatura del aire saliendo del evaporador. Esta sección más fría acumula una mayor cantidad de escarcha y de mayor dureza. Al disminuir la habilidad de transferir calor en las partes del serpentín con más escarcha, la escarcha continúa formándose en los pases de tubería más adentro del serpentín. Sin descarches largos y más frecuentes, el serpentín eventualmente puede bloquearse totalmente.

En balance, las EEVs de motor de paso pueden utilizarse eficazmente en algunas aplicaciones independientes o en sistemas con temperaturas de saturación de succión cercanas a las temperaturas de evaporación del serpentín. En estos casos, un control uniforme y la habilidad de seguir a los cambios de cargas térmicas resultan en una mayor integridad del producto y pudiera reducir el ciclado de compresores. Las EEVs con pulso modulado en sistemas de menor capacidad puedan que no produzcan la uniformidad necesaria en la presión de succión para prevenir un ciclado excesivo de compresores.

Tal como hemos indicado anteriormente, las EEVs pueden contribuir a una disminución rápida de la temperatura después del descarche. Válvulas de expansión termostáticas convencionales no deben ser sobredimensionadas debido a su limitada habilidad de controlar bien bajo condiciones de baja carga térmica. Una excepción reciente a esto son las válvulas de expansión de capacidad múltiple (EMC). Las válvulas del tipo EMC tienen tanto un puerto para bajar la temperatura rápidamente como también un puerto para mantener la temperatura de diseño y debido a esto pueden acoplarse mejor a cambios en la carga térmica que las VETs tradicionales. La Figura 4 muestra una vista interna representativa de estas válvulas de capacidad múltiple.

Las EEVs, sin embargo, debido a su precisión, curva lineal de flujo y su habilidad de repetir posiciones anteriores pueden ser muy sobredimensionadas y aún mantener el recalentamiento durante los períodos de baja cargas térmicas. Ver en la Figura 5 una curva típica de flujo de una EEV de motor de paso. En la práctica, válvulas con capacidades nominales de 1-1/2 a 3 veces más que la requerida para una carga térmica sostenida pueden aplicarse sin ninguna preocupación. Después del descarche, las válvulas pueden llevarse a la posición casi completamente abierta o completamente abierta, dando entrada al volumen mayor de refrigerante líquido requerido para poder hacer frente a la alta carga térmica existente. Una vez que se alcance el punto de ajuste de temperatura, la EEV puede modular hacia la posición necesaria para un menor flujo másico.

Más allá de cualquier pregunta están los ahorros que pueden alcanzarse con las EEVs como resultado de una presión de condensador flotante. Numerosos reportes han sido publicados, incluyendo los de Carel SPA en Italia y ARS (Arizona Power System) en USA, que citan ahorros promedios de hasta el 20% a través del tiempo como resultado de una presión de condensador menor. Un número utilizado a menudo es el de 2% de ahorro por cada grado de reducción en la temperatura de condensación. Retornos en la inversión de 4 meses a 3 años son estimados por el Departamento de Energía de USA. Mientras que es fácil de entender esta relación debido a su efecto en la relación de compresión y en el coeficiente de desempeño (COP), es posible que los sistemas convencionales que utilizan Válvulas de Expansión Termostáticas (VETs) no puedan capitalizar estos ahorros. Las VETs son seleccionadas generalmente a una caída de presión específica o la diferencia entre la presión de condensador y la presión de succión. Grandes reducciones en la presión de condensación efectivamente causan que la VET pierda capacidad y posiblemente no pueda hacer frente a la carga de refrigeración. A la inversa, una VET seleccionada para la condición de baja presión de condensador estará sobredimensionada a la presión de condensador más alta y puede modular erráticamente o sobre alimentar, enviando refrigerante líquido al compresor. Debido a que las EEVs son accionadas a una posición electrónicamente tienen la habilidad de modular dado un rango amplio de cambios en la caída de presión y carga térmica.

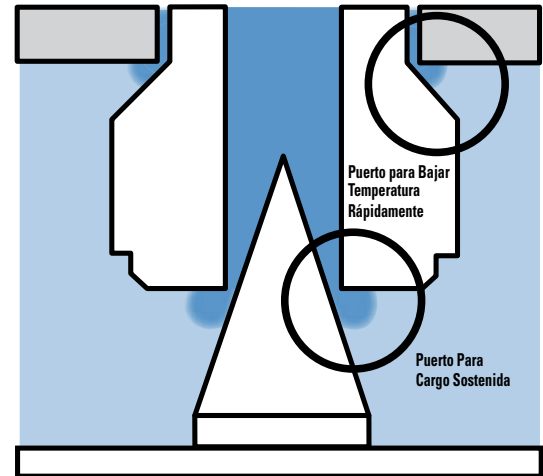


Figura 4

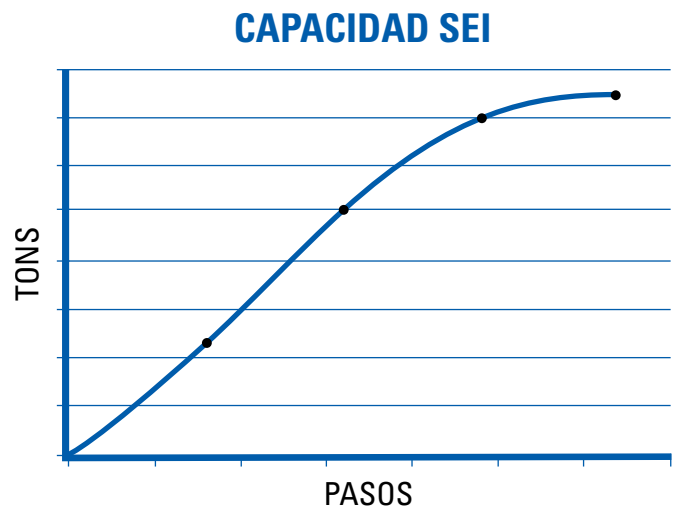


Figura 5

Otra complicación más cuando se tienen presiones y temperaturas de condensación muy bajas es la creciente posibilidad de la pérdida de sub-enfriamiento y la formación de gas en la línea de líquido. Las EEVs pueden ser sobredimensionadas para tomar ventaja en estos casos al permitir que el gas sea purgado rápidamente debido al puerto más grande, la cual puede modularse retornando a la posición que le permita manejar el flujo de masa requerido.

Tal como sugerimos arriba, la data recopilada de los sensores inherente en un sistema con EEPRs puede ser utilizada con un algoritmo para que la presión de succión fluctuara para lograr ahorros de energía. En igual forma, la data recopilada de los controladores de las EEVs puede procesarse para crear un algoritmo de demanda de descarche. Al comenzar a formarse la escarcha en el evaporador, el flujo de aire se interrumpe, pero la válvula tratará de mantener el recalentamiento constante. Debido a que el evaporador pierde la habilidad de transferir calor, la válvula modulará hacia la posición cerrada para prevenir retorno de líquido. La data de la posición de la válvula, junto con la data de la temperatura y presión del sistema puede suministrar suficiente información para permitir que el sistema de control tome decisiones si es necesario un descarche. Al cabo del tiempo, los ahorros en uso de energía eléctrica al brincar o demorar un descarche puede contribuir eficazmente a un ahorro energético total del sistema.

AHORROS INDIRECTOS

Los caminos a los ahorros directos citados anteriormente están basados en la reducción de los costos de operación o instalación mientras que los ahorros indirectos se basan en la prevención de pérdidas. La falta de reclamos de responsabilidad o disminución en la pérdida del producto representa un ahorro actual significativo.

Como se demuestra arriba, las EEVs y EEPs pueden contribuir significativamente al ahorro energético en un sistema de refrigeración de un Supermercado. Las válvulas eléctricas no son dispositivos de control independientes pero, por lo contrario, son parte de un sistema de control electrónico. El sistema está compuesto de válvulas junto con sensores y microprocesadores con algoritmos y elementos de memoria. Todos estos componentes pueden, y deben, ser usados para más que un control de válvula y ahorro energético. El control preciso, repetitivo y constante de la temperatura que ofrecen estos sistemas pagará dividendos continuos en la integridad y vida útil del producto.

De acuerdo a ASHRAE el deterioro del producto refrigerado se agiliza por tres factores: temperatura de almacenamiento por encima de la óptima, variaciones de temperatura durante el almacenamiento y la humedad relativa.

Temperaturas óptimas de almacenamiento para varios productos pueden encontrarse en un número plural de fuentes pero el Manual de ASHRAE, Refrigeración, Capítulo 10, lista las temperaturas óptimas de almacenamiento de muchos productos, incluyendo carnes y vegetales, en el rango de 32 a 36°F (0 a 2.2°C). Obviamente, estas temperaturas están cercanas al punto de congelamiento y muchos productos están sujetos a daños por congelamiento si las temperaturas bajan demasiado. Las temperaturas muy altas también son dañinas para el producto. La velocidad de deterioro de las frutas y vegetales puede doblarse con solamente un aumento de 7°F (4°C) en la temperatura de almacenamiento. Ablandamiento, pérdida de sabor, cambios de color y deterioro de los tejidos como resultado de cambios en la temperatura hacen que el producto sea invendible. En adición, de acuerdo a ASHRAE, variaciones de 2-3°F (1-2°C) son suficientes para dañar la mayoría de los productos.

La carne no es una excepción a lo indicado y puede ser más afectada por la humedad relativa. El almacenamiento óptimo para la carne de res, de puerco y de cordero es bajo condiciones de humedad relativa entre 85% y 90% @ 32°F (0°C). Un aumento en la temperatura de almacenamiento también necesitaría un aumento en el nivel de humedad relativa para evitar desecamiento y pérdida del peso de venta del producto.

Los productos alimenticios sujetos a cualquiera de estas tres condiciones seguramente perderán su atractivo y serán desagradables al paladar. Pérdidas de ingresos y aumento en los costos de desechar la basura es el resultado de alimentos perecederos no vendidos. En el caso de la carne, leche y flores, esto será en detrimento en los márgenes de ganancia, ya de hecho muy bajos, en este tipo de mercadería.

Junto a la pérdida de la integridad del producto como resultado de los factores citados, variaciones en la temperatura o elevación llevará a un aumento en la posibilidad de putrefacción. En los Estados Unidos, el

Food Marketing Institute (FMI) / Instituto de Mercadeo de Alimentos, en su encuesta anual de las actitudes y preocupaciones de los consumidores, pregunta sobre un número plural de asuntos. Respuestas en cuanto a la seguridad de los alimentos han mantenido un 70% de constancia relativa en el listado de respuestas como un aspecto muy importante.

Casos de enfermedades y muertes como resultado de patógenos alimenticios son muy costosos en litigios y pérdidas por reclamos. La Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas (FAO), por sus siglas en inglés, establece que el número de días antes de que la formación de baba en la carne disminuya de 10 días, para productos mantenidos a una temperatura de 32°F (0°C), a solo 3 días al mantenerse a una temperatura de 5°F (3°C) más.

La tecnología usada para controlar y monitorear válvulas de refrigeración eléctricas puede adaptarse o extenderse para trazar el comportamiento de la temperatura. Al adoptar muchos países las regulaciones de HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point / Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control) significa que el monitoreo de temperatura deberá ser incorporado a los equipos de refrigeración. El costo de agregar esta característica a los controladores de válvulas eléctricas se incrementa. Los ahorros debido a la prevención de pérdidas pueden ser considerables. Un estudio realizado por una Universidad estatal en Colorado para la Fundación del Instituto Americano de la Carne predice que la implementación de las regulaciones de HACCP resultará en ahorros en beneficios de la salud de más de 26 billones de dólares en los Estados Unidos solamente.

CONCLUSIÓN

La refrigeración es responsable del 15% del consumo de energía eléctrica en los Estados Unidos y presuntamente en muchos de los países desarrollados. Entonces, pequeñas mejoras en la eficiencia tendrán un efecto total significativo en la demanda de energía eléctrica. Los Supermercados, en particular, son consumidores concentrados de energía pero están bajo una supervisión estricta y tienen buenos programas de mantenimiento. Ahorros directos en energía y costos de instalación son fáciles de cuantificar. Menos fácil de medir son los ahorros indirectos debido a una alargada vida útil de los productos, menos pérdidas y descomposición de productos, y menos dinero pagado en reclamos por enfermedades debido a alimentos contaminados. Sin duda, ambos tipos contribuyen al bienestar de la cadena de distribución de alimentos y la economía.

El nuevo milenio ha exacerbado los desafíos en nuestra industria. Nos piden reducir el consumo energético y al mismo tiempo asegurar la cadena alimenticia. Pero el nuevo milenio también ha traído el progreso en la tecnología para poder hacer frente a estos desafíos. Controles electrónicos y válvulas operadas por motores de paso como parte de un sistema ayudan a proveer alimentos en abundancia y de forma segura mientras minimizan el consumo energético.