

Aplicación de Enfriadores de Líquido en Sistema Indirecto

En la literatura especializada en termodinámica, se leen últimamente los comentarios que no tienen fundamento y que arguyen que el sistema de "refrigeración indirecta" tiene menor rendimiento termodinámico que el sistema directo, poniendo como argumento la mayor diferencia de temperatura, debido al líquido intermediario, por lo cual el intercambio térmico se efectúa dos veces (refrigerante líquido-aire). Ese argumento es válido solamente para las construcciones erróneas y no para las construcciones termodinámicamente analizadas y realizadas. Las afirmaciones mencionadas ponen de manifiesto a quienes no saben efectuar un análisis termodinámico correcto. Por esa razón, debemos demostrar que eso no siempre es así, y para ello brindamos el resumen del análisis de una instalación efectuada en el año 1985.

Análisis Termodinámico Funcional, Comparativo

Un cliente debía mudar un negocio mayorista/minorista de productos lácteos y fiambres; a tal efecto encargó a un fabricante de muebles de refrigeración varios mostradores, parte de ellos para platos fríos. También quería aprovechar todo el material posible de su anterior instalación.

Por otra parte, construyó dos cámaras frigoríficas fijas, de mampostería con aislación de poliéster expandido.

Detalles que debían ser respetados:

1. Debía utilizarse en todo lo que fuera posible el material existente.
2. Los equipos de refrigeración debían ser instalados en una sala ubicada en la terraza.
3. La instalación de interconexión debía ser lo más flexible posible, para poder realizar futuras modificaciones.
4. Debía asegurarse la refrigeración de 20 toneladas de mercadería (un camión), que a veces entra sin ser refrigerada, una vez por semana.
5. Se necesitaba la climatización del salón y de la oficina.

En conjunto, se ubicaron 4 mostradores en línea, con un largo de 15m y en la parte superior 10 m para platos fríos. De acuerdo con las indicaciones del fabricante, se necesitaban equipos de:

	Total
Un motocompresor de 0,552 kW.	0,552 KW
Dos motocompresores de 0,736 kW	1,472 KW
Tres ventiladores condensadores de 0,090kW.	0,270 KW
 Cámara (1) para queso cremoso	
Motocompresor de 1,104 kW	1,104 KW
Ventilador de condensador de 0,150 kW	0,150 KW
 Cámara (2) fiambre y/o	
Motocompresor de 2.208 kW	2,208 KW
Ventilador de condensador de 0,220 kW	0,220 KW
Ventilador cámara (1) de 0,552 kW	0,552 KW
Ventilador cámara (2) de 0,736 kW	0,736 KW
Capacidad total nominal a instalar, sin climatización	7,264 KW

Los mostradores venían equipados con evaporadores-enfriadores y debían ser utilizados en cualquier forma, pero se analizó el comportamiento al usar sistema directo o indirecto.

Sistema directo

La distancia entre los equipos de refrigeración y los mostradores es de 50 m lineales.

Respetando las velocidades del refrigerante para asegurar el retorno del aceite migratorio y la longitud a recorrer y agregar las curvas mínimas, equivalentes a 5 m de caño recto, nos da la caída de presión mínima 0,55 kg/cm². Si el equipo succiona la presión equivalente a la evaporación de $t_o = -10^{\circ}\text{C}$, la temperatura real de evaporación en los evaporadores sería, en ese caso, $t_o = -6^{\circ}\text{C}$, utilizando R22; si en lugar de R22 se usara R12, lo que en ese tiempo sería seguro, la evaporación real sería $t_o = -4^{\circ}\text{C}$. El aire recirculante dentro de los ambientes refrigerados debería ser:

Aire saliente del enfriador 0°C

Aire entrante al enfriador: $+4^{\circ}\text{C}$

La temperatura diferencial media, dtm, entre el refrigerante y el aire recirculante en el enfriador es de tipo "contracorriente cruzado", y nos da los siguientes resultados:

R22 dtm: $4,5^{\circ}\text{C}$

R12 dtm: $3,6^{\circ}\text{C}$

Es evidente que con ese diferencial medio, dtm, deben pedirse los enfriadores especiales, pues los normales son indicados para dtm -10°C . Para poder enfriar deberá succionar el refrigerante ca- 17°C y con esa diferencia de succión el compresor pierde alrededor de 22% de rendimiento. Eso significa mayor costo de instalación, como también mayor consumo de energía.

Para adaptarse a los puntos exigidos, se compara lo propuesto con el sistema indirecto, con enfriador de líquido tipo ETT.

Para comparar los sistemas se toma el dtm $4,5^{\circ}\text{C}$ del sistema directo y se busca las correspondientes temperaturas de entrada y salida del medio enfriador pasante por los enfriadores; se encontró para dtm $= 4,64^{\circ}\text{C}$ la temperatura entrante $t_1 = -4^{\circ}\text{C}$ y salida de $t_2 = -2^{\circ}\text{C}$.

Si fijamos para el enfriador de líquido un diferencial de temperatura media de dtm $= 5^{\circ}\text{C}$ correspondiente entre el refrigerante y el líquido, para eso debe mencionar el compresor con la presión equivalente a $t_1 = -8,5^{\circ}\text{C}$; en esa condición ganamos en el compresor 11% de rendimiento comparado con $t_1 = -10^{\circ}\text{C}$, que es el valor nominal del sistema directo o sea la temperatura de la succión del compresor. Los equipos propuestos para el sistema directo son refrigerados por aire, en cambio el enfriador de líquido es conveniente que sea refrigerado con agua. La ganancia en el rendimiento del equipo, si es refrigerado con agua es de 55%; sumando los dos aumentos del rendimiento nos da 66% mejor rendimiento, o sea: el equipo puede ser casi la mitad de lo propuesto, para tener el mismo resultado. De la capacidad propuesta en los motocompresores, en conjunto, de 5,236 kW, se necesita en conjunto 3,154 kW.

Instalación

De acuerdo al resumen del análisis termodinámico funcional, se decidió instalar el sistema indirecto, con enfriador de líquido tipo ETT, cumpliendo además con los puntos exigidos, a saber:

1. Se utilizaron dos motocompresores semiherméticos existentes, de capacidad 3,680kW de consumo eléctrico,

uno para el funcionamiento normal y otro para reserva, más los evaporadores enfriadores existentes, los que se modificaron para ser utilizados con el líquido.

2. Las cañerías para el líquido son de plástico y deben ser aisladas, pero el precio es menor que el de los caños de cobre usados en la refrigeración directa.

3. Las conexiones a los muebles se realizaron con mangueras de goma, logrando así la flexibilidad exigida. La parte de líquido enfriado es interconectada entre sí, para poder usar cualquier equipo, para cualquier tipo de consumidor, con simple mando de válvulas de paso, dando así a la instalación la flexibilidad y seguridad total.

4. Para el funcionamiento normal se necesitaba un equipo de 3,15 kW; el motocompresor disponible es de 3,680kWc/u. Se instalaron dos equipos, independientes en el sistema de refrigerante y en la parte del líquido interconectados en tal forma de poderlos usar como emergencia en el caso de entrar mucha mercadería para enfriar, o si se descompusiera el equipo de turno, o bien si se usa para la climatización.

El líquido enfriado es con la concentración heterogénea, de manera de mantener la temperatura casi constante en el pasaje por los enfriadores, lo que aumenta notablemen

te el intercambio de calor de líquido-aire, y, por otra parte, disminuye el caudal de la recirculación del líquido heterogéneo por disponer de la energía sensible más la latente. La capacidad eléctrica instalada con sistema indirecto, es:

Motocompresor de turno y auxiliar	3,680 kW c/u.
Bomba de agua para el condensador	0,245 kW
Ventilador de la torre difusora	0,150 kW
Bomba recirculadora de líquido heterogéneo	0,092 kW c/u.
Ventilador cámara 1.	0,150 kW
Ventilador cámara 2	0,300 kW.

Capacidad total instalada, equipo de turno 4,625kW+3,772kWaux.

El ahorro sobre el sistema directo es de 2,639kW

Capacidad total instalada con equipo auxiliar 8,397kW

Los costos de la instalación, los materiales y la mano de obra es menor que el del sistema directo, debido a que se utilizan caños plásticos, que abaratan el costo del material y la mano de obra, y no hace falta la deshidratación del sistema; el equipo enfriador de líquido está completamente terminado en fábrica, lo que también disminuye los costos y mejora la calidad del equipo□

HELIO THERM S.R.L.

¡IMPORTANTE!

Este material fue procesado por **EDIGAR S.A.**, conforme al trabajo original, consta de 2 páginas y fue suministrado por la firma **ELIOTHERM S.R.L.**

En caso de no recibir la totalidad de las páginas citadas o encontrar problemas de reconocimiento del texto, requiera del remitente la reposición de la página faltante o no legible.

Su reproducción total o parcial por otros medios está autorizado sólo si se menciona la fuente.

Muchas Gracias

Enfriadores de líquidos ecológicos y su aplicación

Introducción

Los enfriadores de líquido son el sistema más antiguo de la refrigeración. En el correr de los años han perdido, en muchos países, su liderazgo y, en otros, prácticamente han desaparecido de los frigoríficos.

Donde más se emplea este sistema es en la climatización central. Ahora, en la era de sistemas **pro ecológicos**, están recobrando su importancia térmica también en la conservación de elementos perecederos y procesos.

En el pasado se ha impuesto la refrigeración directa, donde el refrigerante en estado de evaporación fluye directamente en los caños del intercambiador térmico, por afuera del caño, casi siempre aletado, pasa el aire de la cámara frigorífica o de aire acondicionado. Esta técnica se ha impuesto por ser más barata y, también, con la técnica constructiva aplicada el equipo frigorífico tiene mejor rendimiento. La desventaja principal de la refrigeración **directa** es la enorme cantidad relativa de refrigerante recirculante en el sistema, la carga de **gas** es muy grande y la resistencia del flujo del refrigerante hace que la presión de aspiración tenga mayor diferencia entre el evaporador y el compresor disminuyendo la dt efectiva. En los sistemas **ecológicos** debe mantenerse la carga de refrigerante en la menor cantidad posible; eso puede hacerse solamente en un sistema muy compacto y especialmente diseñado para eso. La transmisión de calor de los enfriadores de líquidos es **indirecta** pues tiene, entre el aire a enfriar y el refrigerante, un líquido que actúa como vehículo térmico. Los enfriadores de líquidos pueden construirse muy compactos y también de muy bajo contenido de refrigerante. Aparte del poco contenido de refrigerante, la transmisión térmica es mucho mejor que en los directos, si se aplica la técnica correcta. La principal ventaja de los enfriadores de líquido es que puede regularse exactamente la humedad del ambiente refrigerado, que tanto puede acercarse a los 100%h.r., como también a los 10%h.r. si eso es necesario. En la mayoría de los productos comestibles debe mantenerse muy alta la humedad en el ambiente refrigerado para mantener inalterada la calidad de los productos, como también es beneficioso no tener mermas en los productos.

Los enfriadores de líquido

En Heliotherm SRL hemos desarrollado, para el sistema a compresión o sea para la termomecánica, dos tipos de enfriadores de líquido.

1. Para enfriar líquidos sobre la temperatura de cristalización (congelación) (ESC) (Enfriamiento Sobre Cristalización)
2. Para enfriar líquidos en todas temperaturas deseables, sobre el punto de cristalización, en el mismo punto o por debajo del punto de cristalización, para los líquidos heterogéneos (ETT) (Enfriamiento Toda Temperatura).

En el tipo ESC, todas las superficies de intercambio térmico son construidas con acero inoxidable AISI304 o AISI316. El equipo se compone con: Motocompresor, condensador enfriado a agua, el evaporador enfriador de líquido, filtro, válvula solenoide, válvula de expansión termostática, llaves de cierre y recuperador de energía interna. La construcción es supercompacta pero muy accesible para el mantenimiento. Puede funcionar con

R22, R290 y, a pedido, también con R717.

Todo está montado en un gabinete metálico que incluye el tablero eléctrico y de control.

El equipo para capacidades térmicas nominales, con R22 o R290:

$Q_o = 23.990 \text{ kfrig/h (27895Watt/h)}$ $t_o = +10^\circ\text{C}$, $t_c = +40^\circ\text{C}$ (agua de torre).

$Q_o = 10.169 \text{ kfrig/h (11825Watt/h)}$ $t_o = -10^\circ\text{C}$, $t_c = +40^\circ\text{C}$.

$Q_o = 6.041 \text{ kfrig/h (7025Watt/h)}$ $t_o = -20^\circ\text{C}$, $t_c = +40^\circ\text{C}$.

Medidas del gabinete metálico:

Frente 530mm

Fondo 350mm

Alto 1.100mm

Para capacidades mayores, cambian las medidas.

El enfriador de líquido tipo ETT tiene el condensador de AISI304 ó 316, el evaporador se fabrica normalmente en cobre electrolítico, a pedido, y para el R717 se construye en AISI304 ó 316. El evaporador está equipado con un recuperador de energía cinética y potencial interna, lo que permite aumentar dinámicamente la transmisión térmica interna. El evaporador de ETT fue construido para poder operar con líquidos heterogéneos empleados en acumulación térmica (es el sistema generalmente denominado en la literatura, erróneamente: "**el hielo bombeable**" o **Ice Flo**), en líquidos con cristales bajo $<-0^\circ\text{C}$, que son en realidad líquidos heterogéneos. Además, tiene el recuperador de energía interna, recipiente amortiguador de expansión del líquido enfriado y, además, todos los elementos descritos en ESC.

Las medidas del mueble son de mayor tamaño para evaporaciones y capacidades mencionadas en el sistema ESC.

Frente: 1300mm

Fondo: 480mm

Alto: 2000mm

En ambos casos, si hay agua de refrigeración de condensador con muchas durezas, alcalina o sucia, se cambia el condensador incorporado en el mueble por el condensador a distancia, autolimpiante, que está montado directamente en la torre de difusión. El agua recirculante en la torre no está pulverizada o atomizada, sino que está regada en forma laminar (film) para no procrear los "microbios de climatización" (Legionela) ☐

HELIO THERM S.R.L.

¡IMPORTANTE!

Este material fue procesado por **EDIGAR S.A.**, conforme al trabajo original, consta de 1 página y fue suministrado por la firma **HELIO THERM S.R.L.**

En caso de no recibir la totalidad de la página citada o encontrar problemas de reconocimiento del texto, requiera del remitente la reposición de la página faltante o no legible.

Su reproducción total o parcial por otros medios está autorizado sólo si se menciona la fuente.

Muchas Gracias