

The page features a decorative graphic on the right side consisting of three overlapping circles of varying sizes, each with a gradient from light blue to dark blue. Two thin blue lines intersect at the top left, forming a large 'V' shape that frames the text area.

Memoria Técnica – 02 COMPARACIÓN DE MAQUINAS ENFRIADORAS DE LÍQUIDO –MEL– TORNILLOS CONDENSADOS POR AIRE Vs CENTRÍFUGOS CONDENSADOS POR AGUA

Efectúa una comparación de estas dos máquinas desde el punto de vista energético, y su costo por tonelada de refrigeración

Daniel Rodrigo Magro
21/02/2012

Objeto de la memoria	3
Desarrollo	4
Tornillos condensados por aire	4
Principales características	4
Ventajas y desventajas	¡Error! Marcador no definido.
Ventajas.....	¡Error! Marcador no definido.
➤ Por tipo de energía que utilizan.	¡Error! Marcador no definido.
➤ Por potencia frigorífica requerida.	¡Error! Marcador no definido.
Eficiencia energética	6
Primera conclusión en eficiencia energética	8
Eficiencia energética a carga parcial	8
Funcionamiento de un tornillo a carga parcial	8
Funcionamiento de un Centrífugo a carga parcial	9
Segunda conclusión en eficiencia energética.....	9
Comparación de costos de MEL	10

Objeto de la memoria

Describe los distintos tipos de MEL utilizadas, analizando sus principales características, con el objeto de poder establecer en un proyecto las distintas opciones de enfriamiento, y poder definir la mejor alternativa para la planta térmica.

Se abordarán características como:

- Tipos de máquinas disponibles.
- Principales características operativas.
- Costos de las diferentes máquinas.
- Eficiencias energéticas. (COP)
- Tamaños y pesos.

Conclusión

Una MEL del tipo centrífuga condensada por agua, comparada con un tornillo condensado por aire presenta las siguientes características:

- Inicialmente EL CENTRÍFUGO cuesta menos.
- Para la misma potencia frigorífica, EL CENTRÍFUGO
 - Demanda menos potencia eléctrica
 - Consume considerablemente menos energía eléctrica.
- Evapora agua a razón de 6 L/h-Tr.

Desarrollo

Máquinas enfriadoras de líquido son necesarias en diferentes procesos, y las distintas aplicaciones requieren diferentes condiciones operativas como ser:

- Temperaturas de funcionamiento del líquido a enfriar.
- Tipo de líquido a enfriar, que generalmente depende de la temperatura.
- Calidad del líquido a enfriar. Grado de limpieza.
- Tipo de energía disponible para su funcionamiento.
- Medio disponible para expulsión del calor absorbido (medio para condensación)
- Potencia frigorífica máxima necesaria.
- Potencia frigorífica mínima a la que la MEL deberá funcionar en forma segura y estable.
- Temperatura máxima del medio para condensación.
- Temperatura mínima del medio para condensación.

Como vemos a la hora de elegir un tipo de MEL existen varios factores a tener en cuenta, por lo que seguidamente efectuaremos una descripción de las dos MEL a comparar donde analizaremos las características de cada una.

Tornillos condensados por aire

Este tipo de MEL se presentan en capacidades que pueden ir desde desde algo menos de 100Tr hasta algo mas de 400Tr.

Principales características

- Son equipos que deben ser instalados en espacios abiertos, con gran ventilación ya que expulsan por sus ventiladores gran cantidad de aire caliente. Son instalados generalmente en terrazas, en la parte mas elevada de los edificios.
- Son voluminosos y pesados.
- La carga sobre la losa de apoyo puede alcanzar los 900 Kg./m².
- Para su funcionamiento solo requieren de un alimentador eléctrico y las conexiones para entrada y salida de agua.

Fortaleza y debilidades

Fortaleza

- Son fáciles de adquirir, son máquinas standard y generalmente su plazo de entrega ronda los 90-120 días.

- Para su instalación no se requiere de sala de máquinas, solo un espacio al aire libre, generalmente en la terraza de los edificios.
- Son fáciles de instalar.
- En caso de avería de un compresor, el equipo generalmente puede seguir funcionando con los otros sanos.

Debilidades

- Pese a que se las puede adquirir con kit de bajo nivel de ruido, este suele ser un problema, dependiendo de los vecinos que se encuentren próximos a la máquina.
- Son equipos voluminosos y pesados requiriendo de la terraza donde van montados espacio y una sobrecarga de aproximadamente 900Kg./m².
- Sin dudas esta no es una debilidad atribuible a la máquina en sí, pero años trabajando en HVAC me han demostrado que se las instala con poco o nada de espacio para mantenimiento, en una terraza donde por encima no hay nada donde colgar ningún aparejo. En caso de reparación de compresores muchas veces los costos son muy elevados, encarecidos por los medios de manipulación de piezas pesadas necesarios (grúas de gran porte)

Centrífugas condensadas por agua

Este tipo de MEL se presentan en capacidades que pueden ir desde 200Tr hasta 1.500Tr.

Principales características

- Son equipos que deben ser instalados en salas de máquinas cubiertas (no son aptos para intemperie).
- Son compactos y pesados.
- La carga sobre la losa de apoyo puede alcanzar los 1000 Kg./m².
- Para su funcionamiento requieren de un alimentador eléctrico, las conexiones para entrada y salida de agua enfriada y las conexiones para entrada y salida de agua para condensación, además del propio sistema de condensación, bomba de agua y torre de enfriamiento.

Fortaleza y debilidades

El análisis de F&D se efectuará en forma comparativa con el tornillo condensado por aire.

Fortaleza

- Son máquinas extremadamente eficientes, y aumentan aún mas su eficiencia a carga parcial.
- Son máquinas confiables y duraderas.
- Su costo inicial por tonelada de refrigeración es muy conveniente.

Debilidades

- Son máquinas ruidosas, pero deben ir en salas de máquinas cerradas, por lo que rara vez el ruido es un problema.
- Requieren de una bomba de agua y una torre de enfriamiento para condensación.
- Evaporan aproximadamente 6 litros de agua/hora-Tr.

Comparación en términos de eficiencia energética

Eficiencia energética a plena carga

La tonelada de refrigeración es una unidad muy utilizada en HVAC, es una unidad de potencia, equivale a 3024 Kcal/h o a 3.52Kw. El sistema internacional de unidades tiende a expresar todas las potencias en Kw. Pero en refrigeración muchas veces mencionaremos una enfriadora de 1000Kw. Y puede haber dudas si se refiere a su capacidad frigorífica o a la potencia de su motor. Es común designar iKw (input Kw) cuando nos referimos a la potencia del motor.

Existen varios indicadores que se utilizan para evaluar la eficiencia energética, pero todos ellos corresponden al cociente entre lo que obtengo y lo que me cuesta obtenerlo.

A efectos de comparar eficiencias deberíamos siempre utilizar el mismo indicador.

Algunos indicadores utilizados en HVAC son:

- COP cuyas siglas corresponden a Coefficient of performance.
 - $COP = \frac{Kw}{iKw}$ El numerador corresponde a la potencia frigorífica expresada en Kw y el denominador a la potencia eléctrica demandada por el equipo también expresada en Kw.
 - Por ejemplo, una MEL cuya potencia frigorífica sea de 372 Kw y consuma 122Kw (iKw) su COP será $\frac{372}{123} = 3.03$
 - El COP es adimensionado, ya que es el cociente entre dos potencias expresadas en la misma unidad.
- Otro indicador utilizado es un consumo específico iKw/Tr
 - La misma máquina anterior posee una potencia frigorífica de 372Kw que equivale a 106Tr. $\frac{123iKw}{106Tr} = 1.16iKw/Tr$

Para ir entrando en clima un COP de 3.03 corresponde a una MEL con compresores a tornillo y condensación por aire. Como vimos esto equivale a 1.16 iKw/Tr.

Con una MEL con compresor centrífugo condensada por agua de torre de enfriamiento podemos obtener muy cómodamente 0.6 iKw/Tr a plena potencia. Es decir que una MEL centrífuga consume la mitad que un Tornillo.

Notese que los indicadores COP y iKw/ Tr son inversos, por cuanto una máquina es mas eficiente cuando su COP es mas grande o su iKw/Tr sea mas pequeño.

Si pretendemos obtener una comparativa valedera entre las máquinas mencionadas anteriormente, debemos hacer algunas aclaraciones:

1. El tornillo condensado por aire, solo requiere de energía eléctrica para efectuar el trabajo frigorífico. Ya posee todos los elementos que necesita para condensación (serpentina y ventiladores) y dentro del consumo se encuentra el correspondiente a los ventiladores de condensación.
2. La centrífuga requiere de una torre de enfriamiento y de una bomba de agua para condensación. Por lo tanto para comparar realmente la eficiencia de los dos equipos, al consumo de la centrífuga deberíamos adicionar el de la bomba y ventiladores de torre. Una Torre de enfriamiento convencional demanda aproximadamente entre 0.05 y 0.1Kw/Tr. Y una bomba centrífuga alrededor de 0.1 Kw/Tr. Por lo que entre ambas máquinas deberíamos adicionar de 0.15 a 0.20 Kw/Tr.

Primera conclusión en eficiencia energética

Una MEL condensada por aire demanda a plena carga 1.16 iKw/Tr mientras que una Centrífuga completa con su torre y bomba demanda a plena carga 0.75 iKw/Tr

0.75/1.16=>> 65% Es decir que una centrífuga condensada por agua nos demanda solo el 65% que nos demandaría un Tornillo condensado por aire, ambos a plena carga.

Eficiencia energética a carga parcial

Cuando una MEL no funciona al 100% de su capacidad, decimos que está funcionando a carga parcial. En HVAC la mayor parte del tiempo las MEL funcionan a carga parcial, por lo que es mucho mas importante reparar en el consumo a carga parcial que al 100%

Las MEL según sea su diseño poseen diferentes características de consumo a cargas parciales, y varían fuertemente de unas a otras.

Por lo general la mayoría de las MEL tiende a mejorar la eficiencia a carga parcial, solo que algunas lo mejoran muy considerablemente

Funcionamiento de un tornillo a carga parcial

	* Part Load						
	-1- -	2- -	3- -	4- -	5- -	6- -	7-
	100	35	372	100	123	100	3,03
	86	31,9	322	87	101	82	3,19
	71	28,6	269	72	79	65	3,39
	50	24	212	57	54	43,7	3,96
	36	20,9	148	39,7	35,2	28,6	4,2
	21	17,6	107	28,9	27,2	22,1	3,96
-1-Theoretical Unloading step(%)							
-2-Air(°C)							
-3-Gross capacity(kW)							
-4-(%)							
-5-Unit absorbed power(kW)							
-6-(%)							
-7-COP							

Como podemos ver en cuadro mostrado el COP de la máquina se mantiene constante y mejora un poquito conforme disminuye la capacidad de la máquina.

Funcionamiento de un Centrífugo a carga parcial

Percent Load	100,00	90,00	80,00	70,00	60,00	50,00	40,00	30,00	20,00
Chiller Input Power	0,655	0,609	0,587	0,573	0,563	0,565	0,622	0,719	0,909
Chiller COP	5,4	5,8	6,0	6,1	6,2	6,2	5,7	4,9	3,9

Esta MEL posee una característica que a carga parcial mejora mucho la eficiencia. Notese que para 50 y 60% de carga el COP es de 6.2 el doble que un tornillo.

Segunda conclusión en eficiencia energética

La eficiencia energética de un centrífugo condensado por agua, comparado con un tornillo condensado por aire, a plena carga, es muy superior. El centrífugo demandará solo el 65% de la potencia eléctrica que demandará el tornillo.

Si comparamos el funcionamiento a cargas parciales el centrífugo mejora aún mas!!!

Comparación de costos de MEL

Sobre la base de equipos de 400 Tr.

Costo de un centrífugo condensado por agua en el rango de 400 Tr	460 USD/Tr
Costo de un tornillo condensado por aire en el rango de 400 Tr	950 USD/Tr

Los costos indicados mas arriba corresponden a las máquinas propiamente dichas, y para que la comparativa sea mas ecuánime al costo de la centrífuga deberíamos adicionar el costo de la torre de enfriamiento, bomba de agua para condensación y cañerías para conducción de agua de torre.

Costos de sistema de condensación:

➤ Bomba de torre con manifold	25 USD/Tr
➤ Torre de enfriamiento con manifold y ablandador de agua	120 USD/Tr
➤ Cañería de torre	110 USD/Tr
➤ Total sistema de condensación	255 USD/Tr

Por lo tanto una comparación real de utilización de Tornillo Vs. Centrífugo sería:

Costo de un centrífugo condensado por agua en el rango de 400 Tr	715 USD/Tr
Costo de un tornillo condensado por aire en el rango de 400 Tr	950 USD/Tr
Ahorro inicial	235 USD/Tr

En una instalación de 400 Tr representa un ahorro en inversión inicial de USD 94.000.-, esto solo en MEL, ya que deberíamos considerar el ahorro en sistema eléctrico ya que demanda solo el 65% en potencia.

Al ahorro inicial debe adicionarse el ahorro en energía eléctrica a lo largo de su vida útil, que su análisis está fuera del alcance de la presente memoria.