



Ciencias Holguín

E-ISSN: 1027-2127

revista@ciget.holguin.inf.cu

Centro de Información y Gestión Tecnológica
de Santiago de Cuba
Cuba

Montero-Sarmiento, Romilio; Arencibia-Ávila, Karel
Eficiencia energética en equipos de refrigeración
Ciencias Holguín, vol. XVIII, núm. 2, abril-junio, 2012, pp. 1-13
Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba
Holguín, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181524305001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Eficiencia energética en equipos de refrigeración / Energy efficiency in refrigeration

Romilio Montero-Sarmiento; Karel Arencibia-Ávila

País: Cuba

RESUMEN

Presentó interés por los compresores empleados fundamentalmente en refrigeradores domésticos, como uno de los aparatos principales de una instalación frigorífica para esos fines de aplicación. El objetivo de este trabajo es estudiar el comportamiento de la capacidad frigorífica de los compresores herméticos en diferentes regímenes de funcionamiento y el correcto funcionamiento del equipo en su conjunto. Los resultados muestran que el comportamiento de los compresores herméticos en las condiciones estudiadas de explotación difiere significativamente de las que propone el fabricante para un funcionamiento efectivo, ya que se evidencia, mediante evaluaciones experimentales, la pérdida de capacidad frigorífica por encima de los valores admitidos. De manera, que aún cuando existan pequeñas diferencias entre las materias primas y los materiales, máquinas y métodos de trabajo, estas diferencias tienen carácter aditivo y pueden dar lugar a

ABSTRACT

In this work special attention is given to the compressors used mainly in domestic refrigerators, as they are considered main components in a refrigerator installment with this purpose of usage. The objective of this work was to study the behaviour capacity of domestic refrigerators in different stages of work as well as the correct function of the equipment. The results show that the work of hermetic compressors in the studied conditions of intensive use differs greatly from the ones proposed by the producer for an effective performance. This result was determined by experimental evaluation that shows the refrigerating loss capacity above the required levels. It was concluded that if there are small differences in the raw materials, machinery and work methods these difference have an additive characteristic and they can lead to a higher level of dispersion of the quality indicators.

KEY WORDS: DOMESTIC REFRIGERATION; HERMETIC

un elevado valor de dispersión de los índices de calidad.

PALABRAS

REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA;
COMPRESORES HERMÉTICOS;
ANÁLISIS TERMODINAMICO;
CAPACIDAD FRIGORIFÍCA;
CALIDAD; FIABILIDAD.

CLAVES:

COMPRESSORS; THERMODYNAMIC
ANALYSIS; COOLING CAPACITY;
QUALITY.

INTRODUCCIÓN

Desde hace más de cincuenta años el desarrollo de la industria alimentaria cobro gran auge debido al desarrollo de la Refrigeración, y ha alcanzado niveles tales que más del 45% de la producción mundial de alimentos se perdería si no fuera por la conservación y distribución en frío. Es indispensable, por tanto contar con equipos confiables, de bajo consumo energético y prolongada vida útil.

En la actualidad el consumo energético de todas las instalaciones de refrigeración en los países más desarrollados es del orden del 6% de la energía eléctrica generada. Por tal motivo, hoy se construyen nuevos compresores racionales, aplicados principalmente en refrigeradores domésticos, que proporcionan reducciones del consumo de energía de aproximadamente entre un 12% y 21% respecto de los ya existentes. Además, deben presentar un equilibrio óptimo en tres apartados claramente diferenciados: medio ambiente, rendimiento y seguridad.

Datos suministrados por el Ministerio de Comercio Interior (MINCIN) EN SU PROGRAMA DE refrigeración domestica, muestran que la tenencia actual de Refrigeradores importados del país como parte de la revolución energética en poder de la de la población se estima en 1 000 000 de equipos.

Las principales causas de fallas que se reportan en los refrigeradores son de diseño.

En la actualidad el mercado cubano ha cambiado sustancialmente, y los equipos que fundamentalmente importa son HAIER y LG son algunas de las firmas que hoy se comercializan con diferentes tipos de compresores alternativos.

La refrigeración presenta sus propias exigencias tecnológicas, que tienen que evaluarse y analizarse con profundidad en el momento de realizar el diseño, selección, y evaluación de cualquier equipo o sistema de refrigeración.

El desarrollo de la industria frigorífica mundial y la situación actual de la cubana, requieren que se estudien todos los factores que de una forma u otra, contribuyan a obtener una eficiencia energética de aparatos electrodomésticos acorde a la climatología cubana así como la aplicación y cumplimiento de las normas técnicas en los procesos de servicios y nuevas tecnología de producción de refrigeradores y otros componentes.

De ello se deduce que la simple transferencia de tecnología no puede ser la solución para las necesidades crecientes de equipos de refrigeración y Climatización en el país. Los equipos y sistemas de este tipo tienen que ser diseñados especialmente para nuestras condiciones con el objetivo de lograr eficiencias aceptables, equivalentes a la media mundial y acorde a la situación energética que afronta el mundo actualmente.

Sobre estas bases ,el Ministerio de Comercio Interior (MINCIN) en la Resolución No 32-01 de la nueva política comercial para el mercado interno en divisas y basado en la resolución económica del V Congreso del Partido Comunista de Cuba (PCC) establece (87):

“Antes de ejecutar la compraventa de equipos, las empresas comercializadoras Mayoristas solicitaran al proveedor una muestra de los equipos en cuestión, para someterlos a las pruebas de Laboratorio acreditado para tales fines, donde se definirá la vida útil de las piezas mas demandadas por los talleres que brindaran los servicios de reparaciones.”

El Ministerio de Industria Mecánica (SIME) en la resolución No 146-02 Articulo 4 ratifica este planteamiento y en el artículo 5 expresa (88):

“Las Empresas Productoras están en la obligación de brindar a la Empresa Comercializadora que venderá sus equipos, una muestra de los mismos, para que

estas ejecuten los pasos exigidos en el Artículo 4, así como cumplir con los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, además de hacer acompañar al equipo de su Certificado de Calidad que acredite el tiempo de vida útil.”

Los refrigeradores domésticos aun los de las firmas más prestigiosas son incapaces de satisfacer todos los requerimientos que se necesitan, dada la diversidad de los sistemas y ambientes en que deben emplearse, la estandarización bajo las cuales deben construirse y las condiciones en que son evaluados según las normas elaboradas y comúnmente aceptadas en virtud de las que el fabricante garantiza un comportamiento dado en aspectos tan importantes como: la capacidad frigorífica, el consumo energético y otros.

¿Cuál es el comportamiento de los principales parámetros e indicadores de los refrigeradores domésticos importados actualmente por el país? Fundamentalmente para las altas temperaturas y la situación electro energética actual.

Se plantea que la selección adecuada de los refrigeradores domésticos de acuerdo a la climatología y situación eléctrica actual constituyen elementos básicos para garantizar un ahorro energético y vida útil de los equipos. La determinación de los principales parámetros e indicadores de los refrigeradores domésticos importados actualmente por el país, permitirá comprobar el ahorro real, la calidad y características de los mismos, así como recomendaciones para su uso eficaz.

MATERIALES Y METODOS

Según las normas, IEC 335-2-34: 2000 y la ISO 917: 2000, los compresores herméticos se diseñan para ser empleados en ciclos de refrigeración por compresión de vapor y se clasifican de acuerdo con la presión correspondiente a la gama de temperaturas de evaporación en la cual el compresor funciona [7]. Dentro de la categoría de aplicación de baja presión de aspiración (LBP) y bajo torque de arranque (LST), quedan los compresores utilizados en los congeladores y refrigeradores domésticos. A modo de ejemplo se utilizan en los apartados posteriores de este trabajo, los compresores herméticos aplicados a refrigeradores domésticos por ser los más conocidos y de situación más crítica en las situaciones comentadas anteriormente.

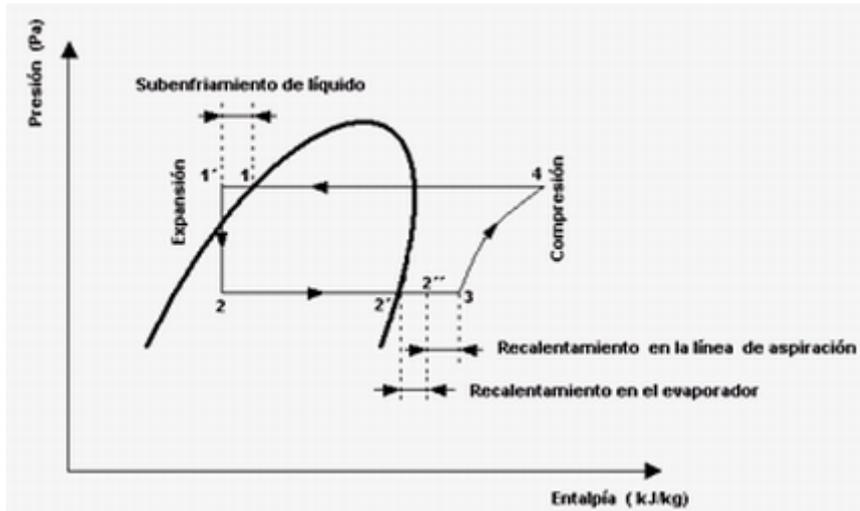


Fig. 2. Recalentamiento útil y recalentamiento en la línea de aspiración.

Actualmente, la práctica internacional establece tres tipos de normativas: las establecidas por las normas estatales, las recomendadas por el fabricante y las determinadas en la explotación. En cuanto a los parámetros normativos del tercer grupo, su característica fundamental consiste en que resulta imposible establecerlos de forma general para cualesquiera condiciones de explotación, debido a influencias externas que tienen lugar durante el funcionamiento del equipo, por ejemplo, la temperatura ambiente, la tensión eléctrica y la ubicación de los equipos [9], entre otros, ha expresado la importancia de dichos factores, ya que de ellos depende en gran medida el óptimo funcionamiento de este tipo de equipo.

A partir de los elementos que intervienen en el proceso termodinámico de compresión [6], ha analizado el comportamiento de cuatro parámetros fundamentales que son: flujo másico, capacidad frigorífica, potencia eléctrica y eficiencia (COP), al aumentar la temperatura ambiente por encima de los valores de referencia de las condiciones estándares de evaluación ASHRAE y CECOMAF. La metodología que ha seguido es el establecimiento de nuevas condiciones de ensayo validadas experimentalmente, para el control de la fiabilidad.

Hemos determinado en nuestro estudio la capacidad frigorífica, (Q_0), porque siendo uno de los factores que determinan el comportamiento de los compresores herméticos, también es el que está directamente relacionado con el calor transmitido desde el producto en una máquina frigorífica que se emplee para refrigeración o conservación de alimentos.

La capacidad frigorífica, (Q_0), representa el calor transferido desde el espacio refrigerado al refrigerante, a su paso por el evaporador. Para el volumen de control que incluye el evaporador, los balances de masa y energía dan el calor transferido por unidad de masa de refrigerante donde \dot{m} es el flujo másico de refrigerante. Esto es:

$$Q_0 = \dot{m} \cdot (\Delta h)_{\text{evaporación}}$$

Mediante ensayos calorimétricos se tomaron lecturas de los siguientes parámetros: temperatura ambiente, condensación, evaporación, succión, carcasa y descarga del compresor, la intensidad de corriente, tensión eléctrica y frecuencia programada. Para la ejecución del ensayo se empleó el fluido refrigerante recomendado por el fabricante del compresor. Las condiciones de ensayos ASHRAE y CECOMAF se aplicaron a los compresores en un orden preestablecido, lo mismo que las condiciones de evaluación propuestas a temperaturas ambientes 35 y 38 °C. (Cuba 1 y Cuba 2). El método de ensayo se realizó con un Calorímetro a fluido secundario en un laboratorio acreditado (DANFOSS, México, 2003). La capacidad frigorífica Q_0 se determinó de forma indirecta ya que existe dependencia funcional con los parámetros que se miden directamente.

En la actualidad la calidad se alcanza con base en la satisfacción de las necesidades de los clientes así como de sus expectativas, con productos y servicios competitivos. La calidad consolida la confianza del cliente asegurando su fidelidad, ya que en algunos productos se hace obligatorio el cumplimiento de las normas establecidas para la calidad [10].

RESULTADOS DEL TRABAJO

En la evaluación del banco de pruebas calorimétrica a temperaturas ambientes superiores de 35 y 38°C (condiciones reales de explotación), que fueron determinadas en evaluaciones de campo y a partir de los datos suministrados por el Instituto de Meteorología de Cuba, se obtuvieron reducciones apreciables de la capacidad frigorífica en los tres tipos de compresores estudiados, tipo I, tipo II y tipo III. Para el análisis de los resultados del ensayo calorimétrico se estableció como referencia el valor resultante de los parámetros de la prueba para las condiciones de diseño.

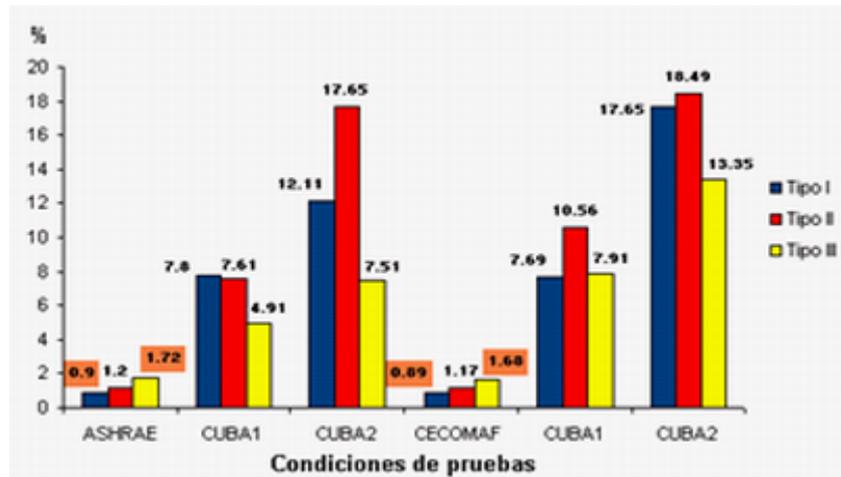


Fig. 3. Comportamiento de la capacidad frigorífica en condiciones ASHRAE, CECOMAF y Propuestas con 115 V / 60 Hz

La Figura 3 representa el porcentaje de pérdida de capacidad frigorífica en la evaluación de Cuba 1 (35°C) y Cuba 2 (38°C) con subenfriamiento y sin subenfriamiento. Se obtiene una pérdida máxima de capacidad frigorífica en Cuba 2, para el Tipo II, que alcanza 17,65 %. Es decir, que sólo el hecho de que la temperatura ambiente haya variado 6°C por encima del valor del ensayo que establece ASHRAE, ha sido suficiente para que se pierda 17,65 % de la capacidad frigorífica declarada por el fabricante. Para el compresor Tipo I, la pérdida es de 12,11 % y para el Tipo III de 7,51 %.

La diferencia entre tipos, se atribuye a los detalles que distinguen la calidad de su construcción, tales como reducción de espacio muerto, disposición y sistema de válvulas, perfecto ajuste, solidez de construcción y eficaz sistema de lubricación. Ahora bien, a pesar de las diferencias de pérdidas de capacidad por tipos de compresores es evidente que en todos los casos dichas pérdidas son superiores cuando se varía la temperatura ambiente.

La diferencia entre el comportamiento de los compresores en la capacidad frigorífica, puede atribuirse al diseño, materiales utilizados y características constructivas que utiliza cada fabricante, cuestión que debe considerarse debido a su influencia en los resultados finales.

Como valoración final, si hacemos referencia al equipo en su conjunto (refrigerador, congeladores, etc.), puede además inferirse que las pérdidas obtenidas se harían mayores debido al hecho práctico de que los compresores funcionarían en refrigeradores generalmente con determinado nivel de uso, lo que presupone condiciones de explotación mucho más adversas que las simuladas en las pruebas

provocando el incremento de los consumos energéticos y en consecuencia la disminución del tan necesario ahorro energético.

Resultados y análisis del ensayo de arranque a bajo voltaje.

Con la aplicación de la prueba de arranque a bajo voltaje a los tres tipos diferentes de compresores herméticos se demostró que ninguno de ellos logró efectuar el arranque a un valor de tensión eléctrica igual e inferior a los 93 V.

En la Tabla 1 se ofrecen los valores de los resultados de la prueba de marcha acelerada que arrojan lo siguiente: El tipo I, con condensador de arranque incorporado, obtuvo un voltaje mínimo de arranque de 85,38 V antes de la prueba de marcha acelerada. Después de la prueba de marcha acelerada, se obtuvo un valor mínimo de arranque de 82,95 V, es decir 2,9 % inferior al mínimo antes de la prueba de marcha acelerada. Sin embargo, la máxima desviación después de la prueba fue 10,7 %.

No obstante, el valor máximo obtenido después de la prueba fue de 92,89 V, valor que es inferior a las propuestas Cuba 1 y Cuba 2 (93 V). Los valores de ensayo antes y después de la prueba de marcha acelerada son semejantes.

Tabla 1. Resultados de la prueba de arranque a bajo voltaje.

Compresor	Potencia en arranque (antes de la marcha acelerada)	Potencia de arranque (después de la marcha acelerada)
Tipo I	4,7 bar /10,5 bar	4,7 bar / 7,8 bar
Tipo I	4,7 bar /13,5 bar	4,7 bar / 12,5 bar
Tipo I	4,7 bar /13,5 bar	4,7 bar / 10,5bar
Tipo II	4,7 bar /5,7 bar	4,7 bar / 6,1bar
Tipo II	4,7 bar /5,7 bar	4,7 bar / 5,5 bar
Tipo II	4,7 bar /5,7 bar	4,7 bar / 5,7 bar
Tipo III	4,7 bar /5,7 bar	4,7 bar / 5,5 bar
Tipo III	4,7 bar /5,7 bar	4,7 bar / 5,5 bar
Tipo III	4,7 bar /5,7 bar	4,7 bar / 5,5 bar

Los demás tipos de compresores (Tipo II y III) lograron un valor mínimo del voltaje para el arranque de 100,96 y 97,82 V respectivamente antes de la prueba de marcha acelerada, y 101 V y 95 V después de la prueba.

Los resultados analizados evidencian que ningún tipo de compresor ofrece garantía funcional para las condiciones de trabajo en Cuba, lo que indica que al existir un bajo voltaje en la línea eléctrica dichos compresores no podrán efectuar el arranque de manera exitosa. Se produce entonces, una sobre carga en el motor eléctrico que provoca arranques y paradas frecuentes, lo que ocasiona que el valor efectivo de la corriente sobrepase el máximo permisible para el motor y trae como consecuencia que falle el mismo. Si a este proceso se le un una alta temperatura ambiente el efecto se hace más crítico, especialmente en los compresores herméticos.

Por lo tanto, la fiabilidad en este aspecto no será confiable al presentar dificultades operacionales en las condiciones reales de explotación a que se verá expuesto después de su adquisición, si se compara con el voltaje de diseño. Es decir, si el compresor no es capaz de arrancar a bajo voltaje (93 V), no podrá ofrecer los valores de potencia entregada al cigüeñal que permitan la obtención de la presión de descarga adecuada para su funcionamiento. La diferencia en el comportamiento entre los compresores puede atribuirse a los diseños, materiales utilizados y características constructivas de los motores eléctricos que utiliza cada fabricante, cuestión que debe considerarse debido a la influencia en los resultados finales.

Es obvio que para la selección de un compresor hermético el parámetro determinante es la capacidad frigorífica para determinadas condiciones de explotación, y al relacionarla con la potencia consumida, se debe tener en cuenta el COP como segundo parámetro de referencia. Sin embargo, como ya se expresó la mayor probabilidad de afectación para el compresor hermético está en el momento de arranque, aspecto que no se debe olvidar. Esto se traduce en la necesidad de un comportamiento fiable cuando el compresor se someta a un voltaje inferior o superior al de la condición de ensayo (115 V). Por tanto, en la elección del compresor apropiado para las condiciones Cuba se tendrá muy en cuenta el arranque a 93 V pues invalida el funcionamiento satisfactorio del equipo.

CONCLUSIONES

Luego de haber expuesto las principales aportaciones realizadas con la investigación: “Eficiencia Energética en Cuba”, considero que constituye aporte científico al conocimiento teórico en la formación del especialista en Ingeniería Mecánica. El conocimiento y aplicación de los resultados alcanzados con la Investigación permite mejorar la formación del profesional y contribuyendo a un mejor aprovechamiento de la Energía.

BIBLIOGRAFIA

1. Aguiló, R. Importancia de la utilización de la refrigeración y el uso racional del recurso energético. **Refrigeración Frial** (España) núm. 40. 1996.
2. Alarcón, J. Tratado práctico de refrigeración automática. Barcelona : Editorial Marcombo, 1992. 422 p
3. Arencibia Avila, Karel Joel. Sistemas de Prueba de control para la comprobación de la fiabilidad en compresores herméticos y criterios para su selección en Cuba. Holguín; Universidad “Oscar Lucero Moya”, 2004. 46 h. (Tesis de Maestría, Ciencias Técnicas).
4. Crosby, Philip B. La Calidad no cuesta: El arte de cerciorarse de la Calidad. México : Ed. CECOSA, 1992. 238 p.
5. DANFOSS. 2002. Instrucción de trabajo MXCI – 10 – 39.
6. EMBRACO. Empresa Brasileña de Compresores. S. A. R 134 A. . Brasil. Sep. 2002 (Información técnica).
7. Ignatiev, E. 1992. La influencia de las válvulas en la eficiencia del compresor. **En:** Memoria Conferencia Internacional de Compresores. USA : Universidad Purdue. Vol. 1. p. 175-185.
8. Maquinarias elementos y accesorios para instalaciones frigoríficas y acondicionamiento de aire. **PECOMARX** (Chile) núm. 37. sep. 2000.
9. Monserrat Jordá J.; Ruiz Mansilla, R. Compresores.: **ETSEIB** (España): 56. 2001.
10. Pistono, J. 1996. La refrigeración: antecedentes históricos. **Refrigeración Frial** (España) núm. 38. 1996.
11. Robledo, A. La seguridad, factor clave en el desarrollo y la selección de alternativas a los CFCs. **Revista Refrigeración Frial** (España) núm. 43. 1997.

12. Rodríguez, Y. Procedimientos para la mejora de la calidad. Holguín : Universidad de Holguín : Facultad de Ingeniería Industrial, 2003.123 p.
13. UNE 86-202-84 (ISO 917). Diciembre 2000. Ensayos de compresores para fluidos refrigerantes. España.

Síntesis curricular de los Autores

Ing. Romilio Montero-Sarmiento. Ingeniero Mecánico. Profesor Asistente. Departamento Ingeniería Mecánica. Universidad de Holguín. “Oscar Lucero Moya”. Ave: XX aniversario. Rpto: Piedra Blanca. s/n. Cuba. Cp: 80100 E-mail: romilio@facing.uho.edu.cu

Dr.C. Karel Arencibia-Ávila. Ing. Mecánico. Prof. Auxiliar. FACING. Universidad de Holguín. “Oscar Lucero Moya”. Ave: XX aniversario. Rpto: Piedra Blanca. s/n. Cuba. Cp: 80100. E-mail: kaarencibia@facinguho.edu.cu

Fecha de Recepción: 11 de noviembre 2010

Fecha de Aprobación: 11 de abril 2011

Fecha de Publicación: 13 de abril 2012