



Análisis eléctrico de un compresor con motor de inducción para un sistema de refrigeración industrial

Electrical analysis of an induction motor compressor for an industrial refrigeration system

Análise elétrica de um compressor de motor de indução para um sistema de refrigeração industrial

Mishel Beatriz Barcia-Medranda ^I
mbarcia5195@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3028-9807>

Yolanda Eugenia Llosas-Albuerne ^{II}
yolanda.llosas@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5713-0565>

Correspondencia: mbarcia5195@utm.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de octubre de 2022 * **Aceptado:** 12 de noviembre de 2022 * **Publicado:** 7 de diciembre de 2022

- I. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

Resumen

En este artículo se presenta diversas opciones de información sobre los motores que se aplican al funcionamiento de los compresores recíprocante semi herméticos monofásicos y trifásicos. Nos retroalimenta con bases fundamentales de información aseverada de tesis y libros de autores especializados en el tema.

Es un guía donde se encontrarán que es un sistema de refrigeración y su estructura básica de la mecánica y eléctrica. Se agregaron conexiones que se utilizadas comúnmente en pequeños y grandes sistemas de refrigeración.

La práctica industrial moderna requiere, para múltiples usos, la compresión de gases y vapores. El accionamiento de herramientas neumáticas y mecanismos de potencia, el enfriamiento intenso y concentrado, la limpieza, etc. También se están desarrollado en la actualidad sistema de energía eficiente en base al sistema de refrigeración y todos los componentes, basándose en el ahorro energético de los compresores.

Palabras clave: Condensador; Evaporador; Monofásico; Trifásico; Conexiones; Diagramas; Estator; Rotor.

Abstract

This article presents various motor information options that apply to the operation of single-phase and three-phase semi-hermetic reciprocating compressors. It gives us feedback with fundamental bases of information asserted from theses and books by authors specialized in the subject.

It is a guide where they will find that it is a refrigeration system and its basic mechanical and electrical structure. Connections commonly used in small and large refrigeration systems have been added.

Modern industrial practice requires, for multiple uses, the compression of gases and vapors. The drive of pneumatic tools and power mechanisms, intense and concentrated cooling, cleaning, etc. An efficient energy system is also currently being developed based on the refrigeration system and all the components, based on the energy savings of the compressors.

Keywords: Capacitor; Evaporator; Monophase; triphasic; connections; diagrams; stator; Rotor.

Resumo

Este artigo apresenta várias opções de informações do motor que se aplicam à operação de compressores alternativos semi-herméticos monofásicos e trifásicos. Ele nos retroalimenta com bases fundamentais de informações asseveradas a partir de teses e livros de autores especializados no assunto.

É um guia onde descobrirão que se trata de um sistema de refrigeração e sua estrutura mecânica e elétrica básica. Foram adicionadas conexões comumente usadas em sistemas de refrigeração pequenos e grandes.

A prática industrial moderna requer, para usos múltiplos, a compressão de gases e vapores. Accionamento de ferramentas pneumáticas e mecanismos de força, resfriamento intenso e concentrado, limpeza, etc. Atualmente, também está sendo desenvolvido um sistema eficiente de energia baseado no sistema de refrigeração e todos os componentes, com base na economia de energia dos compressores.

Palavras-chave: Capacitor; Evaporador; Monofásico; trifásico; conexões; diagramas; estator; Rotor.

Introducción

Un sistema de refrigeración es una máquina que a través de un compresor realiza la acción de incrementar la presión de un fluido refrigerante, una diferencia de presiones dentro de un circuito cerrado modifica las propiedades del fluido que son aprovechadas para la extracción de calor, en objetos alojados en espacios cerrados donde se concentra una temperatura igual o mayor a la de ambiente, el calor se transporta hacia otro punto y es extraído o disipado por convección natural o forzada, el resultado del proceso es la disminución de temperatura por debajo de la ambiente o debajo de cero grados Celsius.(ROJAS MARCOS, 2015, P. 25).

La práctica industrial moderna requiere, para múltiples usos, la compresión de gases y vapores. El accionamiento de herramientas neumáticas y mecanismos de potencia, el enfriamiento intenso y concentrado, la limpieza, etc. son aplicaciones corrientes que demandan aire comprimido. Otros gases deben ser comprimidos para usos médicos (O₂), extinción de incendios (CO₂ y otros), soldadura (O₂, argón, acetileno, butano, etc.), domésticos (G.L.P). Por otra parte, los equipos de refrigeración requieren la compresión de vapores(ROJAS MARCOS, 2015, P. 12).

En compresores frigoríficos convencionales, un motor eléctrico rotatorio (normalmente un motor de inducción) acciona una bomba a través de una manivela. La eficiencia general del sistema es relativamente baja, debido a la baja eficiencia inherente de la inducción motores y la fricción mecánica que se asocia con el pistón accionado por manivela(WANG ET AL, 2009).

Un compresor es impulsado por un motor lineal, (motor inductivo monofásico o trifásico) elimina la fuerza lateral sobre el cilindro pared causada por el cigüeñal y, por lo tanto, no solo reduce significativamente la pérdida por fricción, sino que también proporciona unos medios para modular la carga del frigorífico según la demanda y resulta en un ahorro energético adicional.(WANG ET AL., 2009, P. 2)

Casi todos los motores usados en aplicaciones de refrigeración son motores de inducción, llamados así a causa de que la corriente en las partes móviles del motor, es inducida, debido a que los componentes móviles no tienen conexión a la fuente de corriente. La parte estacionaria de un motor de inducción se llama el estator y la parte móvil el rotor, los devanados del estator se conecta a la fuente de potencia, mientras que el rotor está montado sobre el eje del motor, siendo la rotación del rotor lo que provee al motor de su fuente de potencia (PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA,S.A., 1987, pág. 203)

En una máquina de inducción convencional toda la energía eléctrica fluye desde el estator. Los flujos producidos por las corrientes del estator generan un campo magnético rotatorio que corta a los conductores del rotor y de esta forma se obtiene sobre ellos fuerza electromotriz inducida que es utilizada para forzar la circulación de corrientes en el rotor. Al interactuar el campo magnético rotatorio del estator con el campo magnético rotatorio originado por las corrientes que circulan en el rotor, se produce el par eléctrico. (CHICA & JAVIER, S. F., P. 13)

Las velocidades del compresor variaban desde 1550 rpm hasta un máximo de 5250 rpm, se debe tener en cuenta de antemano que en sistemas con un compresor de capacidad variable, la velocidad de funcionamiento no debe ser una preocupación mayor con respecto a la capacidad frigorífica.(JABARDO ET AL., 2002)

En el Ecuador se está determinando la demanda del uso de sistemas de refrigeración con compresores lineales tenemos la más utilizada en el uso doméstico como son los refrigeradores y acondicionadores de aire y en la industria los motores compresores reciprocantes semi herméticos, herméticos etc., están realizando estudios sobre la demanda energética que esta ocasiona.

En el Ecuador se implementó desde el año 2011 el plan de “Sustitución de refrigeradores ineficientes”, este proyecto tuvo como objetivo sustituir 330.000 refrigeradores ineficientes con un alto consumo de energía por equipos nuevos con mayor eficiencia energética en un plazo de cinco años. Se establece también que las empresas fabricantes que abastecerán de refrigeradores son INDUGLOB y ECASA (QUICHIMBO & MANUEL, S. F.).

En términos de innovación tecnológica, estos equipos representan un nuevo concepto de compresores, ya que según estudios y pruebas realizadas en los laboratorios del POLO de la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC) en Brasil, el volumen muerto (V^{δ}) que se genera en la etapa de compresión del gas refrigerante, tiene influencia directa en el rendimiento de los compresores alternativos biela-manivela y de compresores lineales. (QUICHIMBO & MANUEL, S. F.)

Objetivos

Nuestro objetivo es conocer la función de un compresor como un sistema dinámico lineal, donde el trabajo de la máquina es accionada por un motor de inducción sea monofásico o trifásico, la importancia es que es accionada por un rotor y estator y a secuencia de este funcionamiento del motor de inducción se basa en la acción del flujo giratorio generado en el circuito estatórico, sobre las corrientes inducidas por dicho flujo en el circuito del rotor (EG-2009-OJEDA AYALA, JAIME.PDF, S. F., P. 15).

Es decir que el compresor es acoplado un motor donde su importante acción es realizar las fases internas del compresor para el ciclo del sistema de refrigeración impulsada ya sea por gases o por vapor.

Metodología

La presente investigación, muestra la información básica sobre equipos de compresión recíprocos; así como también, los tipos, partes que lo conforman, características, funcionamiento eléctrico y mecánico, basándonos en información investigativa, tipos de modelación que se pueden simular en diferente software y observar las características y variables en un circuito del sistema de refrigeración.

Engineering Equation Solver la función básica proporcionada por EES es la solución numérica de ecuaciones diferenciales y algebraicas lineales y no lineales. Es importante reconocer que EES es un solucionador de ecuaciones. EES utiliza ecuaciones en lugar de las asignaciones que se utilizan en un lenguaje de programación formal, proporciona la capacidad de hacer estudios paramétricos, EES incorpora una gran cantidad de funciones matemáticas y termo físicas(*MASTERING-EES-CHAPTER1.PDF*, S. F.)

Las aplicaciones de MATLAB se desarrollan en un lenguaje de programación propio. Este lenguaje es interpretado, y puede ejecutarse tanto en el entorno interactivo, como a través de un archivo de script (archivos *.m). Este lenguaje permite operaciones de vectores y matrices, funciones, y programación orientada a objetos.

La diferencia básica entre la refrigeración de velocidad variable y los sistemas de refrigeración convencionales está en el control de la capacidad del sistema en condiciones de carga parcial. El control de velocidad variable se puede realizar de varias formas, que se pueden dividir en dos grupos. En primer lugar, aquellos en los que la carga está acoplada indirectamente al motor (un motor de velocidad constante y un dispositivo de control de velocidad entre el motor y la carga) y, en segundo lugar, aquellos en los que la carga está directamente acoplada al motor (una variable motor de velocidad).(QURESHI & TASSOU, 1996)

El primer grupo se subdivide en sistemas mecánicos, hidráulicos y eléctricos y el segundo grupo en CC, accionamientos, accionamientos de reluctancia conmutados, motores de varias velocidades, conjuntos Ward Leonard y accionamientos eléctricos de velocidad variable, el control de velocidad por pasos se puede lograr utilizando motores eléctricos multipolares. La capacidad requerida del compresor se obtiene conmutando un número finito de polos para lograr la velocidad deseada.(QURESHI & TASSOU, 1996)

Para determinar la capacidad del compresor a las más severas condiciones normales de configuración que utilizan sus componentes de protección y control diseñadas.(*REPORTEFINAL_RODRIGOSIERRA.PDF*, S. F.)

Los bobinados de un compresor trifásico son diferentes de los monofásicos. En el trifásico se leerá la misma cantidad de resistencia en los tres bobinados, esto no ocurre en los compresores monofásicos. La razón es porque el bobinado de arranque tiene más vueltas en el alambrado para desarrollar más torque en la puesta en marcha.(DILSON & TORRES, 1995).

Como ejemplo tenemos: el campo giratorio se forma como suma de los campos alternos de las tres fases de una corriente alterna trifásica. El valor y el sentido instantáneos de estas corrientes en los lados de las bobinas, modifican la posición de la polaridad del campo giratorio, como el campo rotatorio de dos polos del estator da durante un periodo, 1 vuelta al estator.(MEZQUIDA, 2007)

Tenemos el ejemplo en gráfica de la tensión y la intensidad en la RESISTENCIA: la tensión y la intensidad de una corriente alterna pueden ser representados por curvas sinusoidales, las dos curvas alcanzan pues sus valores máximos y sus valores nulos en el mismo instante esta prueba, cuando el valor de U disminuye, el valor de I disminuye también , si la tensión U pasa de +U max a O, la intensidad I pasa de +I max a O como se observa en la figura 6 (MEZQUIDA, 2007, P. 26).

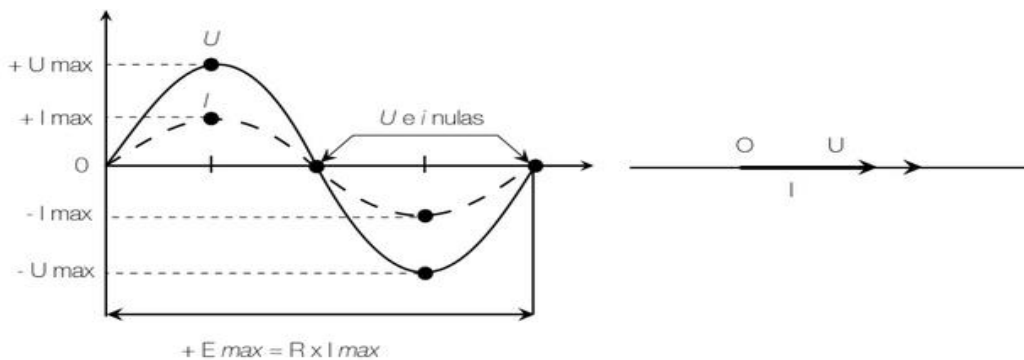


Figura 1: Representación gráfica de la tensión y la intensidad en la resistencia

Tenemos la gráfica de la tensión y la intensidad de BOBINA en corriente alterna se dice que la intensidad está desfasada en retraso respecto a la tensión en un cuarto de ciclo o 90 grados (fig.2 a), la tensión y la intensidad pueden ser representadas por vectores que formen entre si un ángulo recto en centrándose la intensidad retrasada con respecto a la tensión lo demuestra en la (fig. 2 b) (MEZQUIDA, 2007)

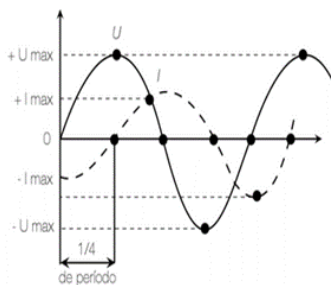


Ilustración 1. A

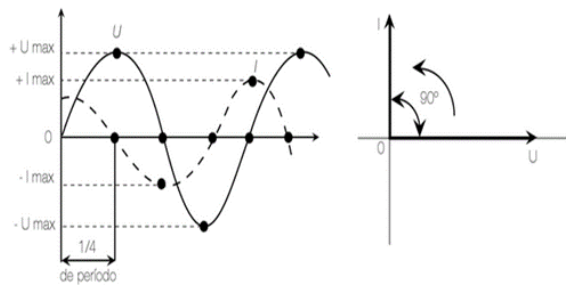


Ilustración 2. b

Figuras 2: Representación gráfica de la tensión y la intensidad de la bobina.

Se ilustra un diagrama en bloques de la protección, en la cual se muestran todos los circuitos electrónicos digitales que la componen, así como la fuente de alimentación y el diagrama de flujo de energía que existe entre ellos, lo que permite comprender con mayor claridad su funcionamiento, el cual explicamos detalladamente a continuación. En este esquema no se incluyen los circuitos electrónicos des conectivos, pero sí el sensor de corriente.(VEIGA & DIGÓN, 2004)

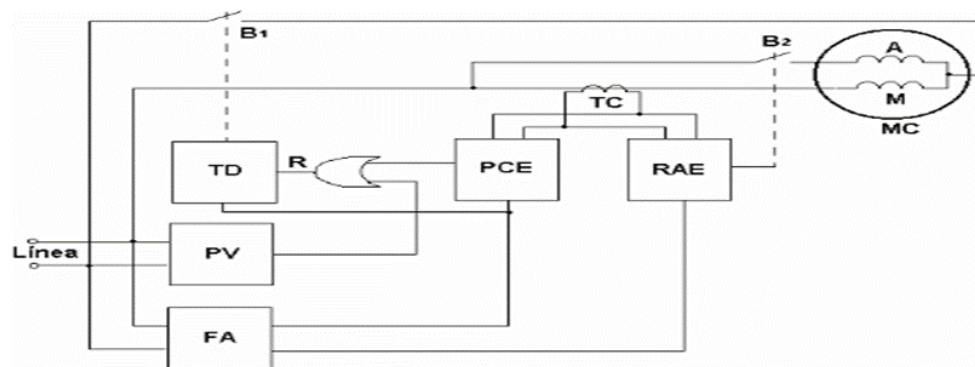


Figura 3: Diagrama de Bloques de protección

Análisis y discusión de resultados

Marco teórico

Compresor

Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. (CONESA, 2011)

El intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir, éstos son máquinas térmicas, ya que su fluido de trabajo es compresible, sufre un cambio apreciable de densidad y, generalmente, también de temperatura; a diferencia de los ventiladores y los sopladores, los cuales impulsan fluidos compresibles, pero no aumentan su presión, densidad o temperatura de manera considerable. (CONESA, 2011)

Función de un motor compresor

El Motor de un compresor su función es convertir energía eléctrica en mecánica, estos se dividen en dos categorías generales dependiendo del tipo de corriente involucrada, directa o alterna. Debido a que la mayoría de las aplicaciones en refrigeración son de corriente alterna, se tratan principalmente estos motores; Los motores de corriente alterna se clasifican dependiendo del tipo de potencia usada, en monofásica y polifásicos (trifásicos). (Dilson & TORRES, 1995)

Partes físicas externa e interna de un compresor recíprocante semi hermético

En la fig. 4 se puede observar las partes físicas externa de un motor compresor recíprocante, tenemos las tapas de válvulas, válvulas de succión, donde se encuentra la bomba de aceite y la parte donde se encuentra el motor eléctrico con el cual va a impulsar el funcionamiento interno.

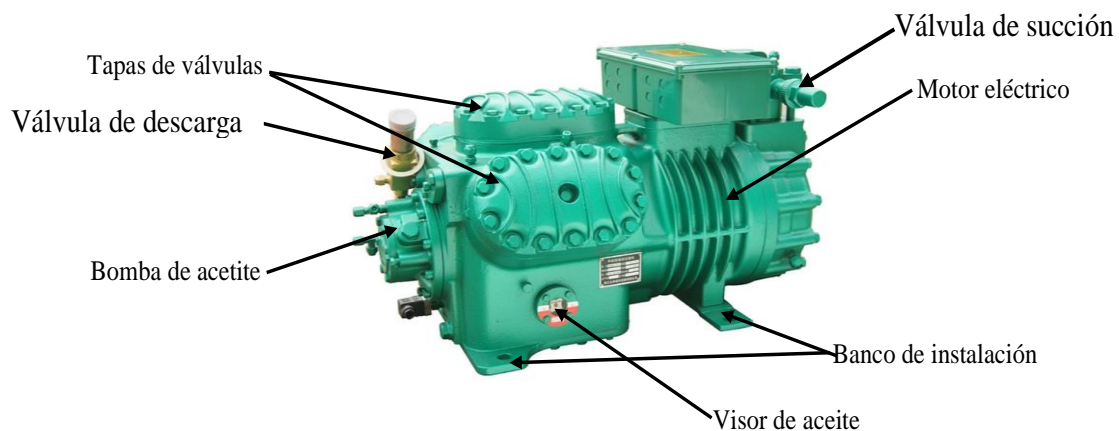


Figura 4: Partes físicas de un motor compresor

Compresor recíprocante es una máquina que comprime el gas mediante el desplazamiento de un pistón dentro de un cilindro. A continuación, describiremos en la fig.5 las partes internas de un compresor recíprocante.

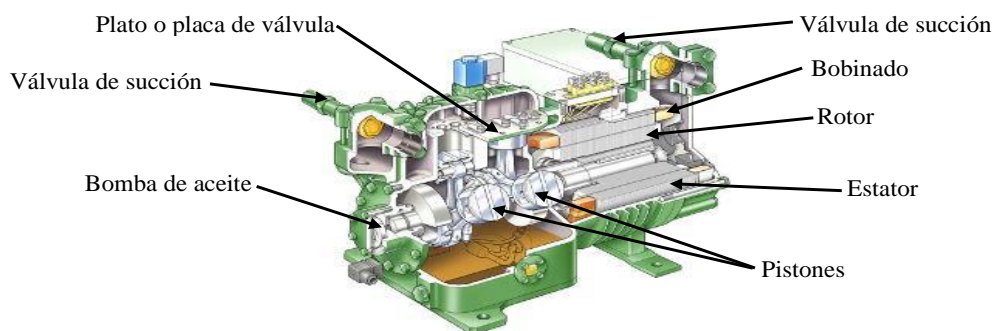


Figura 5: Partes internas de un motor compresor recíprocante

Sistema de refrigeración

El equipo de refrigeración o sistema de refrigeración comprende un compresor de gas movido por un motor eléctrico, un intercambiador de calor con un caño en forma de zigzag llamado condensador, otro con caño en forma de serpentín llamado evaporador y una válvula de expansión, todos interconectados por caños de cobre formando un circuito cerrado, en la fig. 6 se muestran los principales elementos que lo componen: compresor, evaporador, condensador, línea capilar. (REFRIGERACION.PDF, S. F.-A)

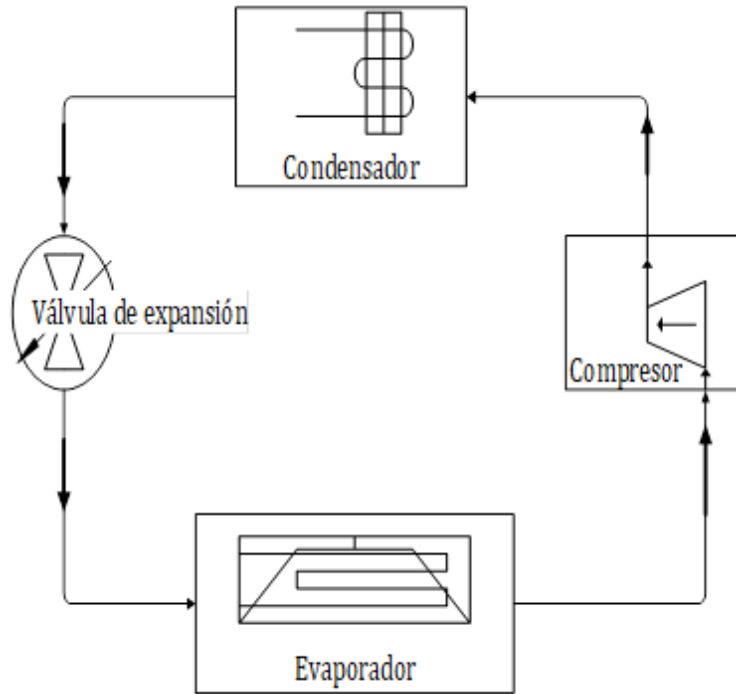


Figura 6: Ciclo real de un sistema de refrigeración (Autoría propia).

En el ciclo ideal de la compresión como nos muestra la fig. 7. la descarga del gas comprimido es 100%. El vector A-B representa el movimiento del stroke o carrera de succión en el cual el gas empieza a ingresar al cilindro a través de la válvula de succión hasta el volumen V_1 que es el volumen total del cilindro de compresión, durante este movimiento la presión P_1 permanece constante y es igual a la presión en la succión o tubería de carga al compresor. (REFRIGERACION.PDF, S. F.-B)

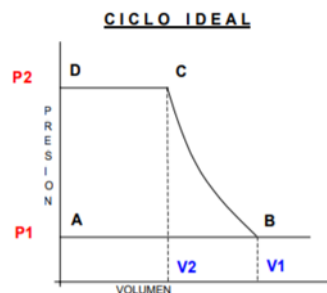


Figura 7: Curva de presión y volumen del ciclo ideal del equipo de refrigeración

En el punto “B”, la fuerza d compresor actúa positivamente y comprime el gas hasta el punto “C” en el cual se alcanza la presión deseada de descarga P2 y es éste el momento en el cual la válvula de salida se abre permitiendo la transferencia total del gas del cilindro de compresional sistema en el punto D.(REFRIGERACION.PDF, S. F.-B)

Se debe comprobar los siguientes puntos importantes para el estudio de presión – volumen: a) El vapor aspirado no debe entrar en el cilindro durante toda la carrera ($v_1 - v_2$) solamente después de que la presión en el espacio libre ha bajado hasta ser igual. b) Cuando más pequeño sea el volumen del espacio libre, menos vapor se expansionará en el punto A y mayor será la cantidad de vapor utilizada. a) Si las válvulas no están ajustadas, la cantidad de vapor utilizada en cada ciclo decrecerá considerablemente. (NELSON, 1957, pág. 123)

El papel del compresor. - es un desplazamiento de un compresor de pintón es el volumen desplazado por el pistón y usualmente se indica en pie cubico por minuto, El desplazamiento puede calcularse por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Desplazamiento} = \frac{\pi \times D^2 \times L \times N \times n}{4 \times 1,728} \text{ pies cúbicos por minutos}$$

en la que $\pi = 3,1416$

$D =$ diámetro del cilindro en pulgadas

$L =$ longuitud de la carrera en pulgadas

$n =$ número de cilindros

$N =$ revoluciones por minutos

Es el sistema decimal esta ecuación seria:

$$\text{Desplazamiento} = \frac{\pi \times D^2 \times L \times N \times n}{4} \text{ dm}^3 \text{ por minutos}$$

Condensador y evaporador

En un sistema de refrigeración, el condensador y el evaporador son las ventanas a través de las cuales el calor sale y entra de una habitación. Estos componentes, que operan como intercambiadores de calor, funcionan bajo la tendencia natural de hacer fluir la energía (temperatura) desde un espacio caliente hacia otro frío gracias a las propiedades termodinámicas del refrigerante que llevan dentro («CONDENSADOR Y EVAPORADOR», 2017)

Funciones del evaporador. - El evaporador es el encargado de absorber la energía del cuarto frío y transferirla al refrigerante. La absorción de energía promueve que el refrigerante se evapore dentro del sistema. Este proceso provoca que la temperatura del cuarto o habitación disminuya gradualmente mientras el refrigerante se esté evaporando («CONDENSADOR Y EVAPORADOR», 2017)

Funciones del condensador. - En el condensador, la operación es justamente contraria a la del evaporador. El vapor de refrigerante entra al condensador después de ser comprimido por el compresor a una alta presión y elevada temperatura, permitiendo el intercambio de calor con el aire, agua de proceso o con cualquier fluido. Esto logra el calor que absorbió del evaporador sea cedido al medio ambiente (o cualquier otro fluido). («CONDENSADOR Y EVAPORADOR», 2017)

Motores acoplados a los compresores

Los motores que se elijan para trabajos de refrigeración, para que funcionen satisfactoriamente y económicamente, deben tener un alto par de arranque, de funcionamiento suave, estar libre en lo posible de vibraciones y ser capaz de una sobrecarga durante corto tiempo. Aunque el funcionamiento del compresor es intermitente, debe elegirse el motor con la condición general de que haya de trabajar continuamente (NELSON, 1957)

Motores de corriente alterna

se hacen de varios tipos y para variar aplicaciones. Cierta número de estos es utilizable en trabajos de refrigeración, y por lo extendido de su uso es importante tener un conocimiento de sus características y funcionamiento. Según la corriente con la que funciona el motor, se clasifican en monofásica y polifásicos, la mayor parte de las corrientes polifásicas son de tres fases o trifásicas. Casi todos los motores usados para refrigeración, más que en grandes aplicaciones industriales son los motores de inducción (NELSON, 1957, pág. 189).

Un motor monofásico de inducción: en su forma más simple no arranca por sí mismo, hay que disponer de algunos medios para poner el motor en su velocidad propia, después de lo cual sigue funcionando como un simple motor de inducción. Hay varios tipos de métodos de arranque, siendo llamado el motor por el tipo de arranque que lleve. (NELSON, 1957)

Tenemos de ejemplo un diagrama de una conexión de un motor de corriente alterna con cambio de fase, se trata uno de los motores de inducción monofásico, se puede observar en la fig. 8 la dirección de rotación y se puede invertir intercambiando las conexiones del circuito de marcha en el bloque terminal. Estos dos devanados van en paralelo y eléctricamente a 90° . Entonces cuando la velocidad llega al 75% aproximadamente de la correspondiente al motor, un conmutador centrifugo, accionado por peso y varillas abre el circuito de arranque y el motor marcha como un simple motor a inducción (NELSON, 1957)

Estos motores de inducción monofásico con cambio de fase son los más utilizados para los compresores pequeños de refrigeración donde hay dispositivo para aliviar el equilibrar las presiones automáticamente como los compresores rotatorios.

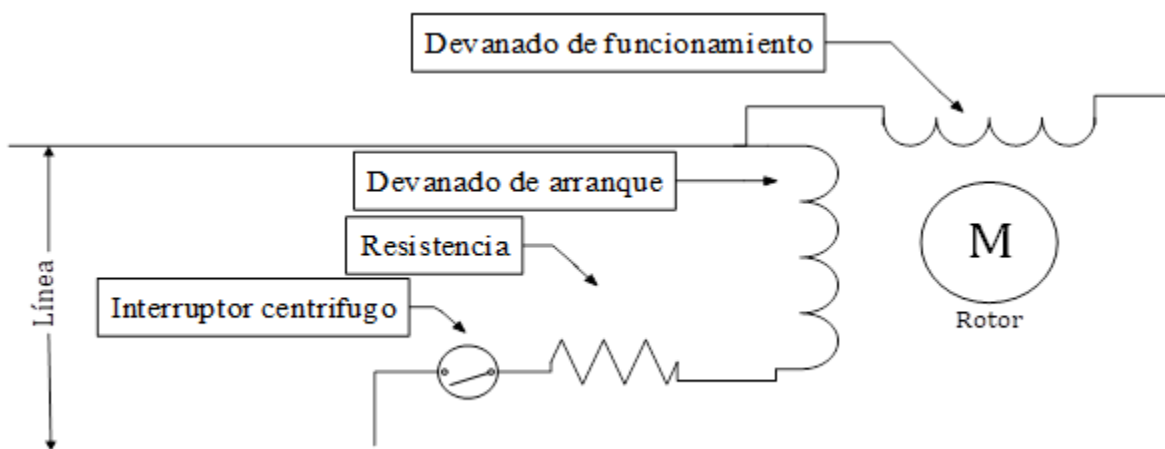


Figura 8: Diagrama de conexión de un motor de corriente alterna con cambio de fase utilizados para pequeños compresores de refrigeración. (Autoría propia)

Tenemos otro ejemplo de motor de inducción monofásico como es el motor de condensador en la Fig. 9. es semejante en construcción al del motor de cambio de fase la diferencia es que el de fase trabaja con una resistencia y el del condensador obtiene el mismo resultado con un condensador acoplado en serie con el devanado de arranque, este motor cuando alcanza también el 75% de velocidad del régimen cuando acciona el interruptor centrifugo. Por la gran eficacia del condensador este motor tiene un gran alto par de arranque y es utilizado especialmente para los trabajos de refrigeración (NELSON, 1957)

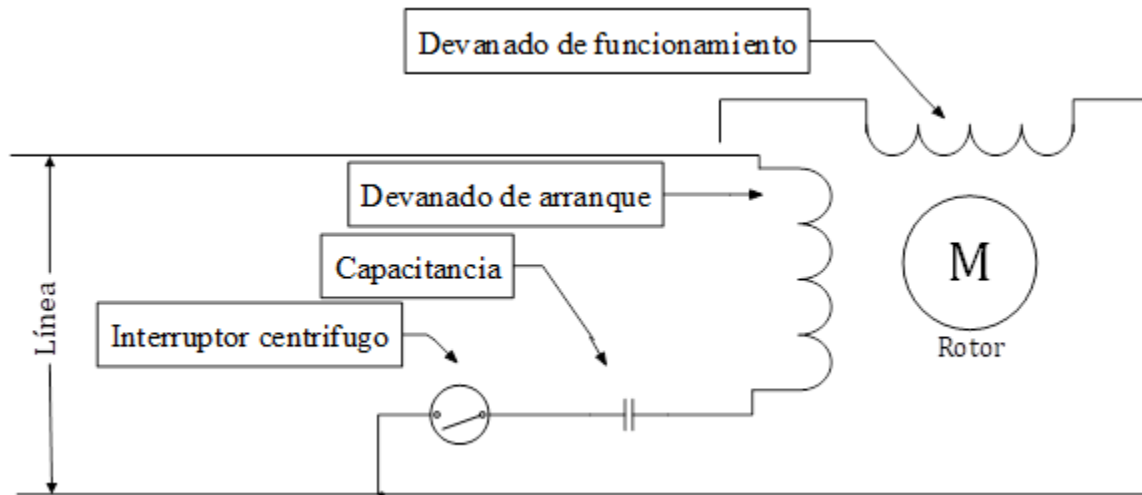


Figura 9: Diagrama de conexión de un motor de corriente alterna con arranque útil de capacidad para pequeños compresores de refrigeración. (Autoría propia)

El motor polifásico o trifásicos de inducción

Es un motor de corriente alterna construido para funcionar con corriente mas de una fase, la energía es más fácil utilizable polifásica es la de tres fases. Los motores polifásicos se usan casi exclusivamente con potencia de mas de 1 CV con tal de que se pueda disponer de dicha corriente. Los motores trifásicos rara vez se usan en fracciones de CV.

El estator de motor de inducción trifásico tiene tres devanados conectados con la línea de alimentación. El rotor es de tipo jaula de ardilla o de devanado. La corriente trifásica pasa por el enrollamiento del estator produciendo un campo magnético rotatorio que se mueve a la llamada velocidad sincrónica esta velocidad viene dada por la ecuación:

$$r.p.m. = 120 \times f / N$$

Donde f = frecuencia en ciclos por segundos

N = números de polos.

La figura 10 representa un diagrama de conexiones para un motor trifásico con arranque magnético y un circuito separado de control, se observa tres cables en el circuito principal del motor y el circuito de control es alimentado a una fase. La bobina de sobrecarga esta en el arranque y cuando se abre, en caso de sobrecarga se para el motor.

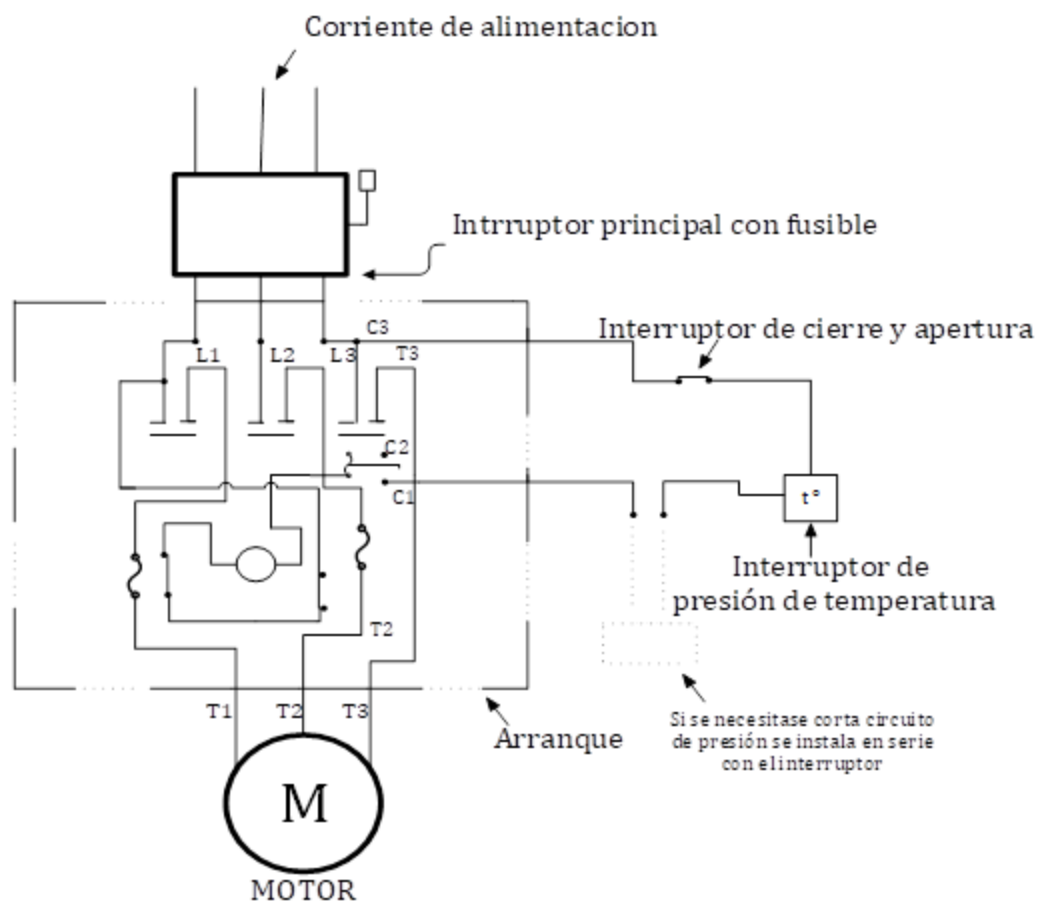


Figura 10: red con interruptor y arranque trifásico, (autoría propia).

El diagrama de la figura 11 es de conexiones para un motor trifásico de compresor a 440 voltios, con un control a 110 voltios. El termostato acciona la válvula de solenoide en la tubería de líquido, el ventilador va conectado de modo que el compresor parara si el ventilador cesa de funcionar. Esto es apetecible especialmente en las mayores instalaciones, para impedir el funcionamiento del compresor a reducida presión de aspiración, lo que tendrá a producir engrasado lento y congelación en el serpentín, en caso de ser escaso el ajuste del corta circuito de baja presión (NELSON, 1957, pág. 221)

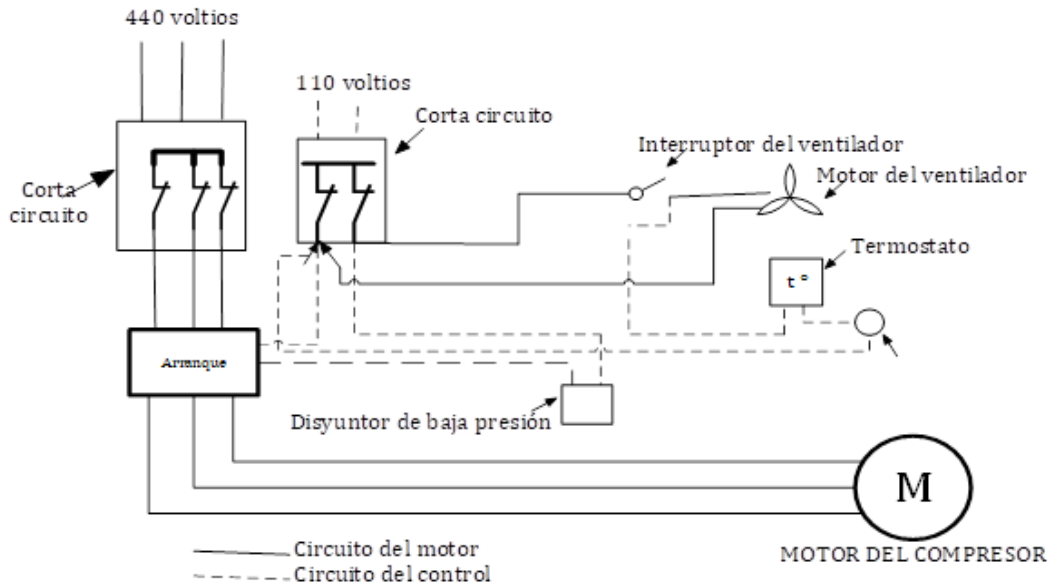


Figura 11: Diagrama de conexiones de un motor trifásico con circuito de control monofásico (Autoría propia)

Los sistemas trifásicos son sistemas de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por un generador trifásico de corriente alterna (CA) o tres fuentes independientes de voltaje monofásicos. Este generador consta básicamente de un imán giratorio (rotor) rodeado por un devanado estacionario (estator), tres devanados o bobinas independientes con terminales a-a', b-b', y c-c' que se disponen físicamente alrededor del estator a 120° de distancia entre sí (BARROS ARAGÓN & TIPÁN QUINATOVA, 2017).

Conclusión

El método de producción de frío en las máquinas de fluidos condensables está basado en los cambios de estado (líquido-gas y gas-líquido) de una sustancia (fluido refrigerante) en un circuito cerrado. Para ello se aprovecha la cualidad que presentan los fluidos, (proceso Termodinámico). La temperatura necesaria para producir el cambio de estado del fluido Refrigerante, dependerá de la presión a la que los fluidos se encuentren dentro de las condiciones de operación; es decir a baja presión la temperatura es baja, y si se eleva la presión, la temperatura aumenta, esto en conexión a los distintos motores que son integrados y acoplados para su funcionamiento como son los motores compresores.

Referencias

1. Barros Aragón, M. Á., & Tipán Quinatoa, S. A. (2017). Construcción de un dispositivo de protección para motores trifásicos de inducción basado en el microcontrolador PIC [B.S. thesis]. Quito, 2017.
2. Chica, C., & Javier, B. (s. f.). Comparación de la eficiencia de compresores convencionales y compresores accionados a velocidad variable. 65.
3. Condensador y Evaporador: Los corazones del Sistemas de Refrigeración. (2017, octubre 25). Blog Quimobásicos. <https://blogquimobasicos.com/2017/10/25/condensador-y-evaporador-los-corazones-del-sistemas-de-refrigeracion/>
4. Conesa, J. A. (2011). Sistema de refrigeración por compresión. Experimentación en Ingeniería Química III.
5. Dilson, L. H., & Torres, R. A. L. (1995). DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA MOTOCOMPRESORES UTILIZADOS EN REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO. 92.
6. EG-2009-Ojeda Ayala, Jaime.pdf. (s. f.). Recuperado 24 de septiembre de 2020, de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/16361/EG-2009-Ojeda%20Ayala%2C%20Jaime.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. Jabardo, J. M. S., Mamani, W. G., & Ianella, M. R. (2002). Modeling and experimental evaluation of an automotive air conditioning system with a variable capacity compressor. *International Journal of Refrigeration*, 25(8), 1157-1172. [https://doi.org/10.1016/S0140-7007\(02\)00002-6](https://doi.org/10.1016/S0140-7007(02)00002-6)
8. Mastering-EES-Chapter1.pdf. (s. f.). Recuperado 24 de septiembre de 2020, de <http://fchartsoftware.com/assets/downloads/Mastering-EES-Chapter1.pdf>
9. Mezquida, F. B. (2007). Manuales Prácticos de Refrigeración IV: Electricidad y Electrónica Aplicadas a la Refrigeración (Vol. 4). Marcombo.
10. Quichimbo, Q., & Manuel, J. (s. f.). Estudio del comportamiento de la industria de la refrigeración doméstica en Ecuador ante la implementación de políticas de eficiencia energética. 118.
11. Qureshi, T. Q., & Tassou, S. A. (1996). Variable-speed capacity control in refrigeration systems. *Applied Thermal Engineering*, 16(2), 103–113.

12. Refrigeracion.pdf. (s. f.-a). Recuperado 14 de septiembre de 2020, de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17271/1/refrigeracion.pdf>
13. Refrigeracion.pdf. (s. f.-b). Recuperado 14 de septiembre de 2020, de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17271/1/refrigeracion.pdf>
14. ReporteFinal_RodrigoSierra.pdf. (s. f.). Recuperado 23 de septiembre de 2020, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56295214/ReporteFinal_RodrigoSierra.pdf?152
15. Rojas Marcos, J. P. (2015). Determinación de la eficiencia de compresores alternativos industriales tipo hhe/bdc a través del análisis termodinámico de gases compresibles a 3825 msnm.
16. Veiga, M. E. H., & Digón, A. E. G. (2004). PROTECCIÓN ESTÁTICA DIGITAL PARA MOTOCOMPRESORES. 5.
17. Wang, J., Howe, D., & Lin, Z. (2009). Design optimization of short-stroke single-phase tubular permanent-magnet motor for refrigeration applications. *IEEE Transactions on Industrial electronics*, 57(1), 327–334.
18. 1
19. industrial, m. c. (s.f.). Historia del compresor. Del fuelle a la levitación. Obtenido de mundo compresor portal industrial: <https://www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/historia-compresor-fuelle-levitacion>
20. NELSON, C. W. (1957). Refrigeracion comercial e industrial . En C. W. NELSON, Refrigeracion comercial e industrial (pág. 183). Madrid: DOSSAT,S.A.
21. PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA,S.A. (1987). Manual de refrigeracion y aire acondicionado. MEXICO: MIEMBRO DE LA CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIAL EDITORIAL,REG.NUM.1524.

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).