

**Análisis de Eficiencia Eléctrica en motores de 3/4 Hp con bobinado de cobre Y aluminio
Analysis of electrical efficiency in 3/4 Hp motors with copper and aluminum windings**

Tnlgo. Jonathan Alexis Bombon Paredes, Ing. Nelson Rodrigo Zapata Villacis; MSc. Moisés Filiberto Mora Murillo, Ing. Mayra verónica Toapanta Galarza,

**CONFLUENCIA DE
INNOVACIONES CIENTÍFICAS
Enero - junio, V°5-N°1; 2024**

- ✓ **Recibido:** 15/02/2024
- ✓ **Aceptado:** 22/02/2024
- ✓ **Publicado:** 30/06/2024

PAIS

- Ecuador, Santo Domingo
- Ecuador, Santo Domingo
- Ecuador, Santo Domingo
- Ecuador, Santo Domingo

INSTITUCIÓN

- Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
- Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
- Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
- Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila

CORREO:

- ✉ jonathanbombonparedes@tsachila.edu.ec
- ✉ nelsonzapata@tsachila.edu.ec
- ✉ moisesmora@tsachila.edu.ec
- ✉ mayratoapanta@tsachila.edu.ec

ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0009-0007-4388-4781>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0002-7875-1344>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0002-2764-1524>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0003-4088-3090>

FORMATO DE CITA APA.

Bombo, J. Zapata, N. Mora, M. Toapanta, M. (2024). *Análisis de Eficiencia Eléctrica en motores de 3/4 Hp con bobinado de cobre Y aluminio*. Revista G-ner@ndo, V°5 (N°1.), 351 – 360.

Resumen

El presente análisis evaluó la eficiencia eléctrica en un motor monofásico con bobinado de cobre y otro con bobinado de aluminio, al ser conductores de diferente resistencia y resistividad eléctrica es importante destacar las características que influyen como elemento interno de un motor eléctrico, en consecuencia, se analiza las diferentes variables visibles en cada prueba. Mediante experimentación se medirán variables como corriente, voltaje, temperatura y resistencia del bobinado al ser datos de vital importancia en el funcionamiento adecuado del motor. En la industria se encuentran actualmente motores con bobinados de aluminio, por su poca fiabilidad se necesita obtener datos claros que demuestren la eficiencia del mismo. Se utilizaron instrumentos de medición eléctrica como el multímetro, pistola de temperatura, además de tomar en cuenta la creación del campo electromagnético, utilizando un aparato de medición como el teslámetro, y otros componentes eléctricos necesarios para el arranque y manejo seguro del motor. Con el fin de determinar de forma cuantitativa los valores que demuestran las diferentes variables que se obtienen de cada motor, comprobamos que las diferencias entre el bobinado de cobre y aluminio influyen en gran medida la temperatura por el tipo de enfriamiento y construcción de la máquina. Como conclusión general podemos decir que el motor con bobinado de cobre es el más eficiente al ser un elemento con mejor conductividad eléctrica por lo que se recomienda utilizar motores con bobinado de cobre, y de aluminio en casos donde no se realicen grandes esfuerzos.

Palabras clave: Eficiencia energética, Análisis eléctrico, Bobinado del motor.

Abstract

The present analysis evaluated the electrical efficiency in a single-phase motor with copper winding and another with aluminum winding. As conductors with different resistance and electrical resistivity, it is important to highlight the characteristics that influence as internal elements of an electric motor; consequently, the various visible variables in each test are analyzed. Through experimentation, variables such as current, voltage, temperature, and winding resistance will be measured, as they are crucial data for the proper functioning of the motor. Currently, motors with aluminum windings are found in the industry. Due to their low reliability, it is necessary to obtain clear data demonstrating their efficiency. Electrical measuring instruments such as a multimeter and temperature gun were used. Additionally, the creation of the electromagnetic field is taken into account using a measurement device like a teslameter, along with other electrical components necessary for the safe start-up and handling of the motor. In order to quantitatively determine the values that demonstrate the different variables obtained from each motor, it was confirmed that the differences between copper and aluminum winding significantly influence the temperature due to the type of cooling and machine construction. In general conclusion, it can be stated that the motor with copper winding is the most efficient, being an element with better electrical conductivity. Therefore, it is recommended to use motors with copper winding, and aluminum winding may be suitable for applications where significant efforts are not required.

Keywords: Energy efficiency, Electrical analysis, Motor winding.

Introducción

El problema en la actualidad nace en la búsqueda de utilizar correctamente la energía eléctrica enfocada en un motor de 3/4 HP con bobinado de cobre y aluminio, por ser muy utilizados en la vida moderna, en el área industrial, comercial, hospitalaria o doméstica. Se necesita tener conocimiento del tipo de bobinado que se adapte mejor al uso requerido por el usuario. Analizar correctamente las variables físicas de un motor permite al usuario seleccionar un motor adecuado para su necesidad particular. Las variables físicas que se miden en un motor eléctrico pequeño al momento de funcionar pueden variar dependiendo del tipo de motor y su diseño. Sin embargo, algunas de las variables más comunes que se miden son: temperatura, corriente eléctrica y potencia eléctrica.

Las características de un motor son importantes en una planta industrial de cualquier índole por lo que, todo técnico o ingeniero debe mantenerse actualizado en el conocimiento como sus características, su forma de arranque y sus protecciones. Una de las principales formas de conocer un motor se basa en los datos de la placa característica del motor.

Al considerar la eficiencia energética como la optimización del consumo energético para alcanzar unos niveles determinados de confort y de servicio se debe ajustar el consumo de electricidad a las necesidades reales de los usuarios o implementando mecanismos para ahorrar energía evitando pérdidas durante el proceso.

Además de conocer la eficiencia según el tipo de bobinado interno del motor en este proyecto específicamente se determinará la eficiencia eléctrica de un motor monofásico de 3/4 hp con bobinado de cobre y aluminio, al ser conductores de diferente resistencia eléctrica analizaremos las diferentes variables visibles en cada prueba, mediante experimentación se hallarán variables como corriente, voltaje y temperatura. El motor será analizado en el laboratorio 1 de máquinas eléctricas del Instituto Tecnológico Tsa'chila. Los motores eléctricos juegan un papel fundamental en una amplia gama de aplicaciones industriales y comerciales, proporcionando la energía necesaria para diversas operaciones mecánicas. En este estudio, se

llevará a cabo un análisis comparativo de la eficiencia eléctrica entre motores de 3/4 HP (caballo de fuerza) con bobinado de cobre y bobinado de aluminio. El bobinado de cobre y aluminio son dos opciones comunes utilizadas en la fabricación de motores eléctricos, y cada uno tiene sus propias características en términos de rendimiento y eficiencia. El cobre es conocido por su conductividad eléctrica superior en comparación con el aluminio, lo que podría resultar en una mayor eficiencia en la transferencia de energía eléctrica. Sin embargo, el aluminio es más liviano y menos costoso, lo que puede influir en la elección del material del bobinado en la industria.

El objetivo de este análisis es evaluar y comparar la eficiencia eléctrica de motores de 3/4 HP con bobinado de cobre y bobinado de aluminio en condiciones de funcionamiento similares. Para ello, se llevará a cabo una serie de pruebas y mediciones para determinar la eficiencia energética de cada tipo de motor en diferentes cargas y condiciones de operación. Al comprender las diferencias en eficiencia entre los motores con bobinado de cobre y aluminio, se puede proporcionar información valiosa para la toma de decisiones en la selección y especificación de motores eléctricos en diversas aplicaciones industriales y comerciales. Además, este análisis puede contribuir a la identificación de oportunidades para mejorar la eficiencia energética y reducir el consumo de energía en sistemas motorizados, lo que puede tener impactos positivos tanto en términos económicos como ambientales.

Materiales Y Métodos

La metodología utilizada es la cuantitativa al tener como principal objetivo hallar variables físicas o eléctricas como voltaje corriente y temperatura, donde representaremos con las respectivas curvas características, esto al analizar el motor con bobinados de cobre y aluminio.

Otra variable a considerar es el tiempo, porque los motores estarán funcionando en un lapso determinado que son dos horas, entonces en ese tiempo nos daremos cuenta cómo va a variar la corriente, si ha consumido más o menos corriente el bobinado de cobre con respecto del bobinado de aluminio, además que tipo de motor se enfría más rápido. todo esto con un enfoque cuantitativo. Se Solucionará con las respectivas herramientas de medición de variables como son: pinza amperimétrica o multímetro, una cámara termográfica, teslámetro conocido también como gaussímetro que mide la creación del campo electromagnético en aparatos eléctricos, usando además los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera técnica de Electricidad.

Selección de motores: Se adquirirán motores eléctricos de 3/4 HP con bobinado de cobre y bobinado de aluminio de fabricantes reconocidos y con especificaciones técnicas similares.

Se establecerá un banco de pruebas adecuado para realizar las mediciones de eficiencia eléctrica. Se instalarán instrumentos de medición precisos, como medidores de potencia, amperímetros y voltímetros, para registrar los datos relevantes durante las pruebas.

Calibración del equipo: Se verificará y calibrará el equipo de medición para garantizar la precisión de los resultados obtenidos durante las pruebas. Se realizarán pruebas de carga en los motores, variando la carga aplicada en intervalos predefinidos.

Se registrará la potencia de entrada (en vatios) y la potencia de salida (en HP) para calcular la eficiencia eléctrica en cada condición de carga. Se repetirá el procedimiento de prueba para cada motor (cobre y aluminio) en las mismas condiciones para garantizar la comparabilidad de los resultados.

Se calculará la eficiencia eléctrica de cada motor utilizando la fórmula:

$$\text{Eficiencia} = (\text{Potencia de salida} / \text{Potencia de entrada}) * 100\%$$

Se compararán los valores de eficiencia obtenidos para los motores de bobinado de cobre y aluminio en diferentes condiciones de carga.

Se realizará un análisis estadístico para determinar si existen diferencias significativas en la eficiencia entre los dos tipos de motores. Se interpretarán los datos obtenidos y se identificarán las tendencias en la eficiencia eléctrica de los motores de cobre y aluminio en función de la carga aplicada. Se discutirán las posibles implicaciones de los resultados para la selección y aplicación de motores eléctricos en diferentes contextos industriales y comerciales. Mediante la aplicación de este método de análisis, se obtendrá una evaluación objetiva y comparativa de la eficiencia eléctrica de los motores de 3/4 HP con bobinado de cobre y bobinado de aluminio, lo que proporcionará información útil para la toma de decisiones en la selección y especificación de motores eléctricos en diversas aplicaciones.

Análisis de Resultados

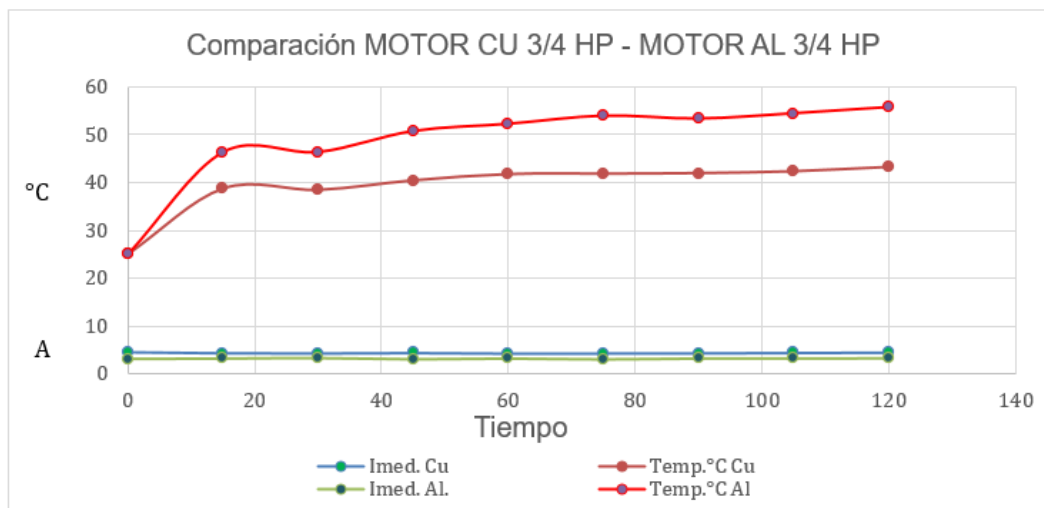
Se eligieron motores monofásicos con bobinado de aluminio y cobre de características similares, donde se realizaron mediciones detalladas para determinar el consumo eléctrico, la temperatura y los límites de operación, con el objetivo de comparar el rendimiento de ambos tipos de bobinados.

El motor con bobinado de cobre exhibió temperaturas más bajas durante las pruebas, incluso al finalizar el análisis la temperatura se mantuvo casi sin elevarse, considerando que su ventilador no realizaba el enfriamiento, además la carcasa del mismo no presentaba un diseño disipador de calor por lo que es de considerar.

Tabla 1. Análisis de variables de intensidad y temperatura obtenidos en ambos motores.

	MOTOR CU.		MOTOR AL.	
TIEMPO	Imed. Cu	Temp. Cu.	Imed. Al.	Temp. Al.
0	4,54	25	3,23	25
15	4,42	38,7	3,25	46,3
30	4,4	38,4	3,28	46,3
45	4,44	40,4	3,21	50,7
60	4,38	41,7	3,25	52,2
75	4,39	41,8	3,2	53,9
90	4,41	41,9	3,25	53,3
105	4,45	42,3	3,25	54,4
120	4,49	43,2	3,27	55,7

Tabla 2. Resultados obtenidos que muestran la dispersión de datos en ambos motores con variantes de temperatura y amperaje.



Nota: El eje x toma como unidad de los minutos transcurridos en las 2 horas de prueba. La toma de datos se realizó cada 15 minutos.

Podemos observar que el motor bobinado de aluminio experimentó un aumento más significativo de temperatura, a pesar de que conto con una carcasa con disipación de calor no fue para nada beneficiosa ya que al finalizar el análisis la temperatura al contrario se elevó, y permaneció fija, dando como resultado que el motor pueda experimentar varios problemas a largo plazo. En primer lugar, el sobrecalentamiento puede provocar una degradación de los materiales aislantes dentro del motor, lo que puede aumentar el riesgo de cortocircuitos y fallos

eléctricos. Además, el calor excesivo puede afectar negativamente a los componentes mecánicos del motor, como los rodamientos, causando un desgaste prematuro y reduciendo la vida útil del motor. En última instancia, el sobrecalentamiento continuo puede llevar a una falla completa del motor, lo que resultaría en costosas reparaciones o incluso en la necesidad de reemplazar el motor por completo.

Al finalizar el tiempo de prueba se desconectó la fuente de alimentación para volver a medir la temperatura en ambos motores, después de 30 minutos los resultados fueron los siguientes: Motor weg bobinado con cobre presenta una temperatura DE 44 °C .Motor Neo con bobinado de aluminio presenta una temperatura de 60.2 °C.

En el estudio comparativo realizado con el telémetro los resultados indicaron que el motor con bobinado de aluminio exhibió un campo magnético significativamente mayor con 19.55 μ T “microteslas” en comparación con el motor con bobinado de cobre que presento 13.10 μ T “microteslas”. Esta diferencia en el campo magnético puede atribuirse a las propiedades magnéticas intrínsecas del aluminio y del cobre, así como a las variaciones en la resistencia y resistividad eléctrica de estos materiales.

Es importante tener en cuenta que un campo magnético más alto puede tener implicaciones en el rendimiento y la eficiencia del motor, así como en su capacidad para generar torque y potencia. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar el material del bobinado al seleccionar un motor para aplicaciones específicas, ya que puede influir significativamente en su rendimiento y características operativas.

Temperatura del motor: El motor con bobinado de cobre exhibió temperaturas más bajas durante las pruebas en comparación con el motor de aluminio. Este hallazgo sugiere que el bobinado de cobre proporciona una mejor disipación de calor, lo que puede ser crucial para evitar el sobrecalentamiento y prolongar la vida útil del motor.

Sobrecalentamiento del motor de aluminio: A pesar de contar con una carcasa con disipación de calor, el motor con bobinado de aluminio experimentó un aumento significativo de temperatura durante las pruebas, lo que indica una menor capacidad para manejar eficientemente el calor generado durante la operación.

Implicaciones del sobrecalentamiento: El sobrecalentamiento puede provocar degradación de los materiales aislantes, desgaste prematuro de componentes mecánicos y eventual fallo del motor. Estos problemas pueden resultar en costosas reparaciones o la necesidad de reemplazar el motor por completo, lo que destaca la importancia de seleccionar el bobinado adecuado para aplicaciones específicas.

Campo magnético: El análisis comparativo también reveló diferencias en el campo magnético entre los motores de cobre y aluminio. El motor de aluminio mostró un campo magnético significativamente mayor, lo que puede influir en su rendimiento, eficiencia y capacidad para generar torque y potencia.

En los resultados del estudio subrayan la importancia de considerar cuidadosamente el material del bobinado al seleccionar un motor para aplicaciones específicas. Si bien el bobinado de aluminio puede ser más económico, el bobinado de cobre puede ofrecer ventajas significativas en términos de eficiencia, disipación de calor y rendimiento a largo plazo. Estos hallazgos pueden ser de utilidad para ingenieros, diseñadores y profesionales en la selección y especificación de motores eléctricos para diversas aplicaciones industriales y comerciales.

Conclusiones

En base a los resultados obtenidos, se concluye que el motor con bobinado de cobre es más eficiente en términos de consumo eléctrico y gestión térmica. La menor resistividad eléctrica del cobre contribuye a una mayor eficiencia en la conversión de energía eléctrica a mecánica, resultando en un rendimiento global superior en comparación con el bobinado de aluminio, hay que considerar que el motor bobinado con hilo de cobre presento un grado mas de consumo de intensidad, esto se debe al método de análisis en los motores realizado en vacío, por lo que esta variante no es universal y depende de la carga y esfuerzo aplicada a cada motor.

Estos hallazgos respaldan la recomendación de utilizar motores con bobinado de cobre en aplicaciones donde se priorice la eficiencia y se busque minimizar el consumo eléctrico y los problemas relacionados con la temperatura.

Al analizar la influencia sobre el tipo de bobinado del motor con respecto a la eficiencia hallamos que el cobre es un mejor conductor de electricidad que el aluminio por lo que, en cierta carga o corriente eléctrica dada, el cobre consume menos energía que el aluminio, mientras que el aluminio se usa por ser más barato y ligero.

Es fundamental comprender tanto las características internas como externas de un motor eléctrico antes de su utilización, ya que esto garantiza un funcionamiento eficiente y seguro. Las características internas, como el tipo de bobinado, la resistencia eléctrica y la disposición de los devanados, influyen directamente en el rendimiento y la eficiencia del motor. Comprender estas características permite seleccionar el motor adecuado para la aplicación específica, asegurando un funcionamiento óptimo y evitando problemas como sobrecalentamiento o fallas prematuras. Por otro lado, las características externas, como la potencia nominal, el voltaje y la velocidad de operación, son igualmente importantes para garantizar la compatibilidad con el sistema en el que se integrará el motor. Conocer estas especificaciones ayuda a evitar situaciones de sobrecarga o incompatibilidad que podrían dañar el motor o comprometer la seguridad del sistema en general.

Referencias bibliográficas

- Bennett, B. (2017). *Las mejores formas de reducir la cantidad de electricidad requerida por un motor eléctrico*. Puro Motores. Retrieved November 5, 2017, from https://www.puromotores.com/13141542/las-mejores-formas-de-reducir-la-cantidad-de-electricidad-requerida-por-un-motor-electrico#google_vignette
- Cando, T., & Murillo, J. (2023). *Análisis del comportamiento de un motor asíncrono*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11421>
- Chiliquinga, E., & Iza, G. (2023). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para análisis de variables eléctricas en el arranque de motores*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11239>
- Enríquez, I., & Quispe, J. (2022). *Estudio de eficiencia energética en arranques de motores trifásicos de 1hp para sistemas de bombeo*. Repositorio UTC. Retrieved 2022, from <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9781>
- Estupiñán, D., & Garcia, M. (2019). *Diseño Y Construcción De Prototipo De Máquina Peladora De Cable De Cobre Y Aluminio Utilizada En Depósitos De Materiales Reciclables En San Juan De Pasto*. Corporación Universitaria Autónoma de Nariño. <http://hdl.handle.net/20.500.12276/36>
- Monar, M. (2023). *Análisis de los Parámetros de Trefilado de Alambre de Cobre, en diferentes condiciones de lubricación, bajo criterios de sostenibilidad : Trefilado de Alambre de Cobre para conductores eléctricos, con lubricación*. BIBDIGITAL. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25009>
- Pacheco, W., & Santos, K. (2020). *Análisis tecnológico de motor de inducción trifásico tipo jaula de ardilla*. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8385965>
- Rivera, R. (2019). *Analisis E Implementación De Los Métodos Para Determinar La Eficiencia De Motores Eléctricos Propuestos Por La Norma Iec 600*. Red UAO Home. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10857/T08444.pdf?sequence=5>
-