

ANALISIS DE AUMENTO DE TEMPERATURA DE MOTORES DE INDUCCION ASINCRONICOS SIN SU NORMAL VENTILACION DE DISEÑO

ANALYSIS OF TEMPERATURE INCREASE IN ASYNCHRONOUS INDUCTION MOTORS WITHOUT THEIR NORMAL DESIGN VENTILATION

Presentación: 13 y 14 de septiembre de 2023

Walter Aguilera

Facultad Regional San Nicolás-Universidad Tecnológica Nacional- Argentina
waguilera@frsn.utn.edu.ar

José Baldini

Facultad Regional San Nicolás-Universidad Tecnológica Nacional- Argentina
jbaldini@frsn.utn.edu.ar

Juan Carlos Cámpora

Facultad Regional San Nicolás-Universidad Tecnológica Nacional- Argentina
jccampora@frsn.utn.edu.ar

Susana Doque

Facultad Regional San Nicolás-Universidad Tecnológica Nacional- Argentina
mdoque@frsn.utn.edu.ar

Sergio Pediconi

Facultad Regional San Nicolás-Universidad Tecnológica Nacional- Argentina
spediconi@frsn.utn.edu.ar

Resumen

Los motores eléctricos asincrónicos con jaula de ardilla de baja tensión totalmente cerrados, autoventilados son una de las máquinas más utilizadas tanto en la industria como en otro tipo de aplicaciones; en esta investigación de tipo experimental, se realizaron ensayos para distintas condiciones de carga y ventilación, colocando termocuplas en lugares estratégicos del estator y graficando los resultados de las mediciones obtenidas.

El objetivo de este proyecto es investigar la evolución de la temperatura en distintos puntos del motor, cuando el equipo no cuenta con la ventilación normal de diseño y para dos condiciones de estado de los álabes de la carcasa; en el primer caso la carcasa completamente limpia y en el segundo caso una obstrucción de los canales de ventilación tapados al 50% de la altura de los álabes.

Las conclusiones fueron que las temperaturas en los bobinados subieron por encima de la clase térmica de la aislación.

Palabras clave: Motores Asincrónicos – temperatura - ventilación

Abstract

The asynchronous electric motors with fully enclosed, self-ventilated, low-voltage wire cages are one of the most used machines both in industry and other applications.

In this experimental research, tests were carried out for different load and ventilation conditions, placing thermocouples in strategic places on the stator and plotting the results of the measurements obtained.

The objective of this project is to investigate the evolution of the temperature in different points of the engine when the equipment does not have normal design ventilation and for two state conditions of the casing blades; In the first case, the casing was completely clean and in the second case, an obstruction of the ventilation channels covered at 50% of the height of the blades.

The conclusions were that the temperatures in the windings exceeded the thermal class of the insulation.

Keywords: Asynchronous motors - temperature - ventilation

Introducción

Los motores eléctricos asincrónicos con jaula de ardilla de baja tensión totalmente cerrados y autoventilados son una de las máquinas más utilizadas tanto en la industria como en otro tipo de aplicaciones [1] [3]. Los mismos fueron desplazando a otro tipo de motores, dado que es una máquina con mantenimiento simple, relativamente menos costosa con respecto a las demás y cuando se asocian con dispositivos electrónicos como arrancadores suaves o variadores de velocidad, incluso pueden superar las prestaciones de otro tipo de máquinas.

Los ambientes de trabajo en los cuales se instalan los motores eléctricos para accionar distintos tipos de máquinas reciben en algunos casos sustancias de la misma línea de producción (celulosa, cemento, granos, etc.) los cuales se depositan en las carcasas de estos, obstruyendo el normal flujo de ventilación de aire, sumado al hecho que la humedad del ambiente hace que se formen capas firmes de estos componentes muchas veces difícil de retirar.

Todos estos ingredientes impiden la normal disipación del calor generado en el interior hacia el medio ambiente para mantener la temperatura del motor, sobre todo de los aislantes de los bobinados, dentro de los límites de la clase térmica de aislamiento de fabricación y también aumentan las pérdidas por calentamiento, bajando el rendimiento del motor [3].

Estos motores tienen un rendimiento que es expresado por el fabricante en sus catálogos y son certificados por entidades independientes con rigurosos procesos de medición [2].

Los datos de catálogo expresan el límite menor del rendimiento esperado para los distintos grados de eficiencia, es decir que el rendimiento real del motor puede ser mayor que ese valor. El rendimiento se da para distintos porcentajes de cargas respecto a la nominal.

La investigación que se desarrolla es para corroborar si las distintas condiciones de ventilación inciden en el aumento de temperatura.

En este caso analizamos el motor con una carga mecánica del 100% de sus condiciones nominales, pero sin la ventilación normal del mismo.

Desarrollo

El Laboratorio de Alta Tensión de la Facultad donde se realizaron los ensayos, cuenta con un banco de prueba de motores marca SCHENCK TYP (Figura1) con una capacidad de trabajo de 100HP con un freno de corriente continua refrigerado por agua, para regular las distintas condiciones de carga acopladas al eje.

Se utiliza un motor que denominaremos "G1", marca Siemens de 11 kW, 1460 rpm, 400 V, 50 Hz, grado de eficiencia EFF2.

La alimentación del motor se hace desde un tablero de comando que tiene un arrancador suave marca Schneider modelo Altistar, con una capacidad de 140 Amp.

Se desarmó el motor y se colocaron cuatro termocuplas tipo "J" (Figura2) para medición de la temperatura del lado de menor disipación del calor, o sea del lado acople. Dos de ellas en la cabeza de bobina: una en la parte superior (T2) y otra en la parte inferior (T1); una en el núcleo (T3) y otra en la carcasa (T4) [1].



Figura 1 - Motor en Banco de pruebas

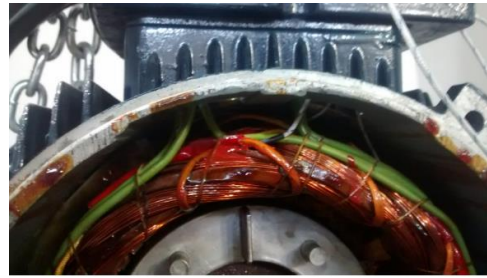


Figura 2 - Ubicación de las Termocuplas en los bobinados



Figura 3 - Salida de las termocuplas al multimetedor



Figura 4 - Motor listo para ensayar

- T1: Cabeza de bobina del motor parte inferior
- T2: Cabeza de bobina del motor parte superior
- T3: Estator parte superior
- T4: Carcasa. Parte externa superior detrás de la caja de bornes.

Se decidió utilizar el método de medición de temperatura por termocuplas, aunque los datos observados tendrían mayor validez si los mismos hubieran sido obtenidos utilizando el método de variación de resistencia eléctrica de los bobinados.

Las mediciones generales que se realizaron fueron para:

- a) Estados de Carga: Plena Carga, 75%, 50%, 25% de Plena Carga y Vacío (0%)
- b) Estados de ventilación: 100% de ventilación (condición normal de funcionamiento), 50 % de ventilación y sin ventilación.
- c) Condiciones de los canales de ventilación: con 50% de canal de ventilación obstruido y sin obstrucción (condición nominal).

Se tomaron muestras de temperatura cada 20 minutos en cada termocupla situadas en los diferentes puntos del estator. Los resultados de las mediciones se traducen y grafican en Excel para comparar cada una en función de la ubicación, el estado de carga y ventilación. En la tabla 1 se muestra la planilla de toma de datos genérica.

UTN San Nicolás		UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL SAN NICOLÁS DEPARTAMENTO INGENIERIA ELECTRICA LABORATORIO ALTA TENSION Y ENSAYOS DE MAQUINAS GIMBAT (Grupo de Investigación de Máquinas de Baja Tensión)													
DATOS DE PLACA:															
MARCA	SIEMENS	TIPO	0			N°	0								
TENSION (V)	400	ORIENTE ESTATOR				RPM	1460								
CLASE AISLACION	F	POTENC	11	kV	14,36	[PS]	cantidad Arranque	0							
DATOS ADICIONALES: 100% VENTILACION															
PARA MOTORES ROTOR BOBINADO															
TENSION DE ROTOR						ORIENTE ROTOR									
FECHA ENSAYO	27/10/2018					N° UBICACION TERMOCUPLAS									
ORIENTE CARGA	100%					1	BOBINADO PARTE INFERIOR								
VISIONES FRENO	51					2	BOBINADO PARTE SUPERIOR								
P = potencia						3	ESTATOR PARTE SUPERIOR								
P = n / 1000 [PS]						4	EXTERIOR - CARCASA								
F = n divisiones freno															
n = rpm															
CORRIENTE (Amp)			TENSION (Vol)			POTENCIA (KW)			TERMOCUPLAS (C)				RENDIMIENTO		
R	S	T	RS	ST	TR	RPM	R	S	T	1	2	3	4	HORA	η
22	22,6	22,4	386	395,6	394,5	1462	12,5			24,5	24,8	25	24,7		0,88
										61	63,5	66,5	61		
										94,2	93,8	92,5	44,8		
										104,1	104,6	83,8	49,3		
										111,5	111,9	74,4	51,4		

Tabla 1 - Ejemplo de Planilla generada para cada estado de ventilación y carga.

Cálculo de la reducción de la superficie de disipación por obstrucción de los canales de ventilación.

Para simular un agente externo depositado en el motor y que obstruye el natural flujo de aire, se colocó una masilla cubriendo el largo de los canales de disipación hasta el 50% de la altura y a lo largo de los mismos, esto reduce la superficie de disipación de calor del motor en un porcentaje que vamos a calcular.

La superficie total de disipación del motor en condiciones normales es:

$$STD = SCSA + STDE + STTR + SAL \quad (1)$$

Donde:

STD= Superficie total de Disipación

SCSA= Superficie de la carcasa sin álabes

STDE= Superficie tapa delantera

STTR= Superficie tapa trasera

SAL= Superficie de los álabes

A partir de mediciones efectuadas:

$$STD = 0,1011m^2 + 0,1037m^2 + 0,1037m^2 + 0,5405m^2 = 0,8490m^2$$

Para las condiciones de estudio donde se tapó el canal entre álabes con masilla hasta la mitad del alto total del álabe, en todo el largo de la carcasa (ver Figura6), resulta:

$$STAL = STD - STM \quad (2)$$

Donde:

STAL= Superficie total considerando la falta de disipación producto de la obstrucción de la masilla

STD= Superficie total de Disipación (original)

STM= Superficie del canal obstruido

Luego:

$$STAL = 0,8490m^2 - 0,3335m^2 = 0,514m^2 \quad (3)$$

$$\text{Expresado en porcentaje } \frac{STM}{STD} \times 100 = \frac{0,3335 m^2}{0,8490 m^2} \times 100 = 39,5\% \quad (4)$$

Lo cual significa que la superficie de disipación se reduce a un 60,5% del total.

Es decir que obstruyendo el 50% del ingreso de aire en los álabes de la carcasa, se produce una disminución de éste a un valor de 60,5%.



Figura 5 - Detalle del 50% de los álabes tapados

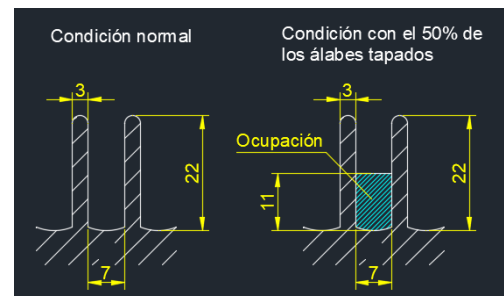


Figura 6 - Estado de los álabes

Casos analizados

En este caso analizamos dos estados particulares:

Estado N°1: 100% de carga nominal en el eje - sin ventilación – canales de ventilación sin obstrucción.

Estado N°2: 100% de carga nominal en el eje - sin ventilación – canales de ventilación 50% obstruidos.

En este último estado se taparon los canales de ventilación a la mitad de la altura y en todo el largo de los álabes simulando el depósito de material volátil, lo que no implica el mismo porcentaje de disminución en la superficie de disipación.

En los diferentes gráficos se observa la evolución de la temperatura en las diferentes termocupas T1, T2, T3 y T4 en función del tiempo. Se aprecia que las termocupas T1 y T2 que se encuentran en las cabezas de bobinas elevan su temperatura más que las termocupas T3 y T4.

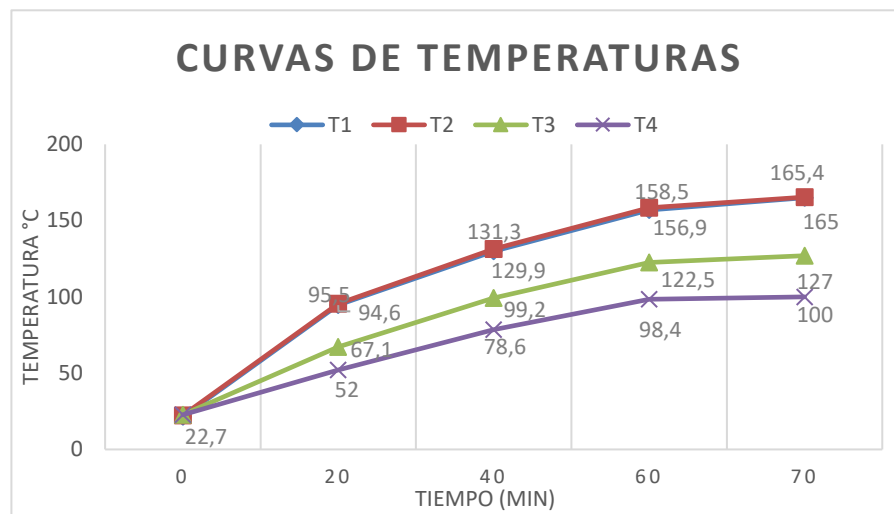


Gráfico 1 - 100% de carga nominal en el eje - sin ventilación – canales de ventilación sin obstrucción.

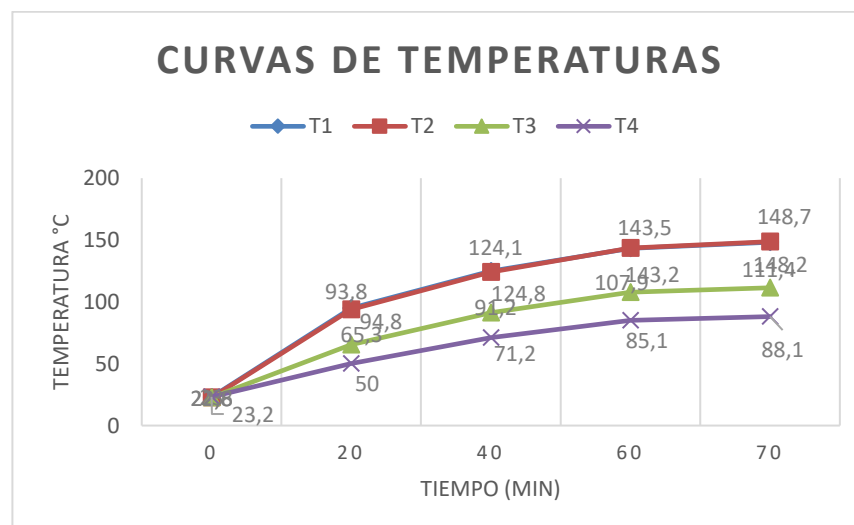


Gráfico 2 – 100% de carga nominal en el eje - sin ventilación – canales de ventilación 50% obstruidos.

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos, en ambos casos la temperatura medida en las termocupas ubicadas en las cabezas de bobina aumenta tendiendo a superar la temperatura de la clase de aislación, por tal motivo se decidió detener los ensayos para evitar dañar la aislación. Concluyendo que es indispensable mantener la ventilación solidaria al eje del motor, rotando a la misma velocidad que el rotor, para extraer el calor proveniente de todas las pérdidas generadas, en el caso que el motor este trabajando al 100% de su capacidad. Queda para una futura investigación analizar el efecto de la masilla en el Estado 2 que causo un decremento de la temperatura comparando con el Estado 1.

Referencias

[1] Khaldi, R. Benamrouche, N. Bouheraoua M. (2012) "An Experimental Investigation of Heating in Induction Motors". World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol:6, No:6. Disponible en <<https://publications.waset.org/13844/an-experimental-investigation-of-heating-in-induction-motors>>

[2] Londoño-Parra, C. Ramírez Echevarría, J. (2013) "Normas de Eficiencia Energética en motores de inducción. ¿Está Preparada Latinoamérica?" Publicación TecnoLógicas Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia, N°. 30, enero-junio 2013, 117-147. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=344234332007>

[3] Paul G. Cummings., W. D. Bowers, Walter J. Martiny. (1981) "Induction Motor Efficiency Test Methods". IEEE Transactions on Industry Applications, Volume: IA-17, Issue: 3, May 1981. Disponible en <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4503940>