

motor tico

BOLETÍN MENSUAL PREPARADO POR WWW.MOTORTICO.COM, COSTA RICA

MARZO 2014

Rotores con Barras Rotas

Las fallas en los rotores "jaula de ardilla" suelen estar relacionadas con altas temperaturas alcanzadas durante la operación, y con las elevadas fuerzas centrífugas que soportan tanto barras como anillos de corto circuito, especialmente durante regímenes de funcionamiento transitorio. Se distinguen dos momentos críticos en la vida del motor, que influirán negativamente en la integridad del rotor, esto son: El arranque y la sobrecargas momentaneas. Sin embargo, algunos problemas pueden originarse desde el proceso de fabricación por defectos en la fundición, en el caso de rotores de aluminio por juntas defectuosas de los anillos de corto circuito soldados a las barras. Los puntos donde se ubican los defectos generan puntos de alta temperatura por elevada resistencia eléctrica.

¿Qué producen las barras rotas?

En primera instancia, producen variaciones en el campo magnético del motor, que se traduce en la aparición de armónicos de campo giratorios, los cuales inducen fuerzas magnetomotrices, que finalmente dan lugar a la aparición de armónicos en la corriente de alimentación al motor. Esto se evidencia en: vibración mecánica y pérdida de torque o par motriz.

Principio de operación: La inducción electromagnética

Cuando el estator se alimenta con corriente trifásica, produce un campo magnético rotatorio, resultante de las tres fases dispuestas en el bobinado. Este campo magnético gira a la velocidad sincrónica, y produce la fuerza electromotriz necesaria para hacer circular la corriente en las barras y anillos de cortocircuito. Esta corriente circulante produce, según la Ley de Ampere, un campo magnético con la misma cantidad de polos del estator, es decir: si el estator produce 4 polos, en el rotor se producen los mismos 4 polos (4 zonas magnéticas), como lo muestra la Figura 1.

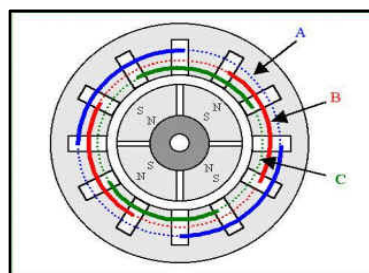


Figura 1 Producción de polos en rotor y estator, motor de 4 polos.

Pero estas regiones no son permanente de la misma polaridad, es decir, la polaridad se desplaza por todo el rotor, siguiendo al campo magnético rotatorio producido por el estator. Esto implica que la corriente en el rotor es corriente alterna, de muy baja frecuencia, casi corriente directa, y sigue la siguiente relación: $f_r = s \cdot f_e$, donde f_r es a frecuencia de la corriente inducida en el rotor; f_e la de la red de alimentación; y s es el deslizamiento en el momento específico, ya que cambia con la carga. Un s típico puede ser de 0,01, lo que daría una frecuencia de rotor de 0,6Hz para 60Hz, o 0,5Hz para 50Hz.

Como las barras están cambiando de polaridad, debe existir un momento en que la corriente cae a cero, para luego pase a fluir en el otro sentido. A esto momento se le conoce como *Plano Neutro*, e implica que en todo momento hay barras de rotor que tienen corriente cero. Además, quiere decir que la mitad de barras conducen en un sentido, y la otra en el sentido opuesto. La Figura 2 muestra este concepto, en una vista en corte de un rotor de 12 barras. Nótese que hay 2 barras con indicación de corriente cero; las cinco barras superiores indican corriente en el sentido entrando a la página, y en las inferiores la corriente sale de la página. Se muestran las fuerzas resultantes por barra, lo que implica un sentido de giro de este motor con Reloj (CW por sus siglas en inglés). El campo de rotor debe ser uniforme.

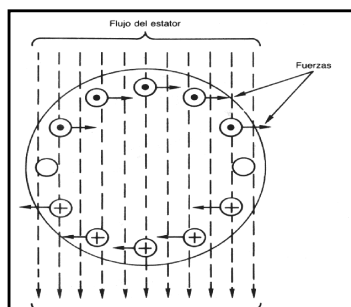


Figura 2 Distribución de corrientes inducidas en rotor jaula de ardilla, motor de 2 polos.

La Figura 3 muestra un rotor de Jaula de Ardilla típico, con la jaula por separado. Un rotor de jaula de ardilla es la parte que rota usada un motor de inducción de corriente alterna. Constructivamente es un cilindro montado en un eje. Internamente contiene barras conductoras longitudinales de aluminio o de cobre, y conectados en ambos extremos en cortocircuito con los anillos que forman la jaula. El nombre se deriva de la semejanza entre esta jaula de anillos y barras y la rueda de un hámster (ruedas probablemente similares existen para las ardillas domésticas).

En vista la alta resistividad que tienen las láminas del núcleo, la corriente se distribuye por las barras.

Hasta cierto tamaño de motor se hacen en aluminio fundido, conformado a altas presiones. Para motores grandes el proceso se hace con barras de cobre maquinadas, y colocadas a mano, para luego unir las con los anillos, soldados en los extremos. Existen desarrollos avanzados en hacer el rotor con barras de cobre fundido, similar al proceso con aluminio.

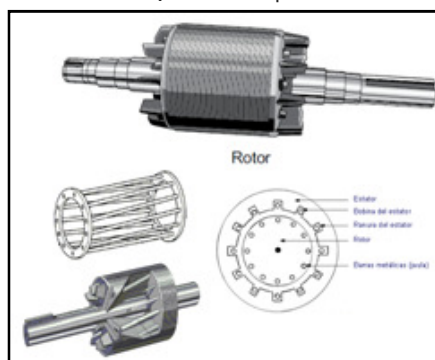


Figura 3 Rotor de Jaula de Ardilla

Desarrollo de la falla de barras rotas

El proceso inicial de una falla por barras rotas puede ser originados por dos motivos, estos son:

1. Durante la construcción del rotor queda porosidad interna en las barras.
2. Durante la vida útil del motor se somete a exceso de arranques o arranques directos con alta carga. Esto produce sobre calentamiento y expansión térmica de los materiales, donde el más afectado es la jaula de aluminio o cobre, en contraposición al núcleo de hierro.

En el momento en que se produzca un punto inicial de falla o fractura, un ciclo degenerativo da inicio, pasando por los siguientes pasos:

1. Sobrecalentamiento al rededor del punto de fractura.
2. Fisura en el punto, ampliación de la fractura.
3. Arco eléctrico por falso contacto y el flujo de la corriente. Se sigue ampliando la fractura.
4. Las barras sanas adyacentes se cargan más de corriente, lo que produce mayores esfuerzos térmicos y mecánicos sobre éstas barras.

La Figura 4 presenta un caso de rotor con una barra rota en la zona de unión con el anillo de corto circuito.

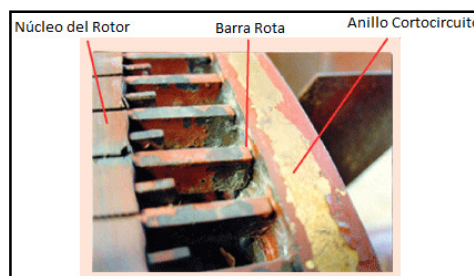


Figura 4 Rotor de Jaula de Ardilla con barra rota.

Detección de barras rotas por corriente en estator

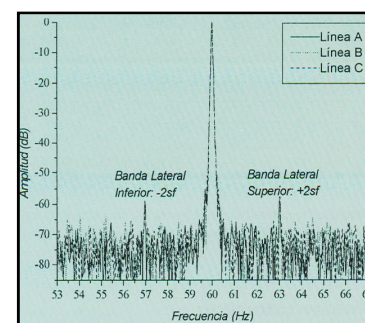
Cuando se quiera corroborar la condición de la Jaula de Ardilla de un motor de inducción, se puede recurrir a una serie de pruebas, de tipo estáticas y dinámicas. Las pruebas dinámicas implican hacerlas con el motor encendido, lo que es muy conveniente, ya que es posible que la falla no se detecte en pruebas estáticas. Aunque se recomienda hacer ambos tipos.

Cuando un motor de inducción presenta alguna falla, ésta afecta la reluctancia y la fuerza magnetomotriz en el entrehierro. Cuando se afectan alguna de estas dos características, se afectan las inductancias en el motor. Esto produce que el espectro en frecuencia de la corriente de estator cambie, evidenciando fallas. El espectro muestra en las primeras armónicas dos bandas laterales a cada lado de la componente fundamental (50 ó 60Hz), esto es:

- $f_e(1+2s)$
- $f_e(1-2s)$

Cuando éstas componentes presentan una cierta magnitud, se podría concluir problemas de barras en el motor, llegando incluso al caso de que estén rotas. La Figura 5 presenta un ejemplo a 60Hz.

Figura 5 Espectro de frecuencia.



Segun el análisis del espectro se puede encontrar:

- Rotor bueno.
- Con un punto de alta resistencia.
- Con varios puntos de alta resistencia.
- Al menos una barra rota.
- Varias barras rotas.