

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/267180163>

# MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE MOTORES DE INDUCCIÓN

## Article

CITATIONS

0

READS

303

3 authors, including:



**Juan Antonio Ortega**

Universitat Politècnica de Catalunya

120 PUBLICATIONS 3,214 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Luis Romeral**

Universitat Politècnica de Catalunya

255 PUBLICATIONS 4,515 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



EVS 31 & EVTeC 2018, Kobe, Japan [View project](#)

# MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE MOTORES DE INDUCCIÓN

Alfonso Piñol, Juan Antonio Ortega, José Luis Romeral

## 1. Mantenimiento industrial de máquinas eléctricas rotativas. Generalidades

Las máquinas eléctricas rotativas, y en particular los motores de inducción, son elementos primordiales en los procesos productivos industriales. El buen funcionamiento de los mismos es indispensable para poder asegurar una producción continua de calidad y que garantice la seguridad de los trabajadores.

Los motores de inducción se encuentran por lo general en puntos críticos del proceso, y una avería inesperada puede provocar el paro general de la planta, con el coste económico que ello conlleva.

Entre las averías típicas de los motores de inducción podemos citar:

- Rotura de barras del rotor
- Excentricidades estática y dinámica del rotor
- Desequilibrios y desalineaciones mecánicas
- Fallos en los cojinetes
- Cortocircuitos en las espiras del estator
- Degradación de aislantes

El aumento de competitividad a nivel internacional, y las exigencias de calidad, han motivado que las empresas destinen cada vez mayores recursos, tanto humanos como de material a sus planes de mantenimiento de equipos e instalaciones, donde los motores de inducción son pieza clave.

Las estrategias a seguir a la hora de implementar un plan de mantenimiento

se pueden clasificar en tres grandes grupos:

a) *Mantenimiento correctivo.* En esta estrategia la reparación solamente se lleva a cabo cuando aparecen averías que provocan la interrupción de la producción. Es un método fácil de implementar, pero provoca grandes costos por el paro de producción y conlleva riesgos para el personal de planta. Adicionalmente las reparaciones suelen ser de baja fiabilidad debido a la premura de tiempo en el momento de realizarlas.

b) *Mantenimiento preventivo.* Consiste en realizar paradas planificadas de la producción en las cuales los elementos más críticos y susceptibles a averiarse, son sustituidos por otros nuevos. Para determinar los periodos de tiempo en que se han de realizar las paradas se utilizan criterios estadísticos. Esta estrategia conlleva por un lado un aumento en la calidad y seguridad de la producción, pero por otro no aprovecha en su totalidad la vida útil de los elementos, puesto que estos son sustituidos cuando todavía se encuentran en buen estado.

c) *Mantenimiento predictivo.* En este caso se sigue un seguimiento continuo de algunas variables que determinan el estado del sistema, y se comparan con patrones preestablecidos con el fin de determinar el instante óptimo en el que se ha de realizar la reparación. En otras palabras, se supervisa la máquina y se repara justo en el momento en que empieza a fallar.

Esta última estrategia, es la de más difícil implementación ya que es necesaria una fuerte inversión inicial en equipos de medida, y formación de técnicos. No obstante es la que proporciona mejores resultados a la industria, puesto que se maximiza el tiempo de vida de los equipos, garantizando la máxima calidad y seguridad del proceso productivo.

Como ventaja adicional, del análisis de las medidas realizadas se puede inferir cual fue la causa de la avería. Esto permite no solo sustituir la pieza defectuosa, sino, que dentro de lo posible, se pueden modificar las condiciones de trabajo de la máquina para evitar la aparición de nuevas averías.

## **2. Mantenimiento predictivo de motores de inducción**

Una de las decisiones más importantes que se ha de tomar en el momento de implementar un sistema de mantenimiento predictivo de motores de inducción, es cuál o cuáles serán las variables que se monitorizarán y que permitirán realizar el diagnóstico de la máquina.

En un principio, serían muchas las variables que se podrían tomar en consideración a la hora de poder emitir un diagnóstico, pero han de cumplir el requisito de poder monitorizarlas con la máquina en funcionamiento y realizando medidas no invasivas. Estas restricciones reducen el conjunto de posibilidades al análisis de las vibraciones mecánicas o al análisis de las corrientes de alimentación.

### **2.1. Diagnóstico por análisis de vibraciones**

Uno de los métodos clásicos de diagnóstico utilizados, es el análisis de vibraciones de la máquina. En condiciones ideales, en una máquina rotativa no debería existir ningún tipo de vibración. Las imperfecciones en la construcción de las máquinas, los procesos en los que están implicados y la existencia de averías provocan un incremento global de la vibraciones, o la aparición de frecuencias de vibración nuevas.

El análisis frecuencial de las vibraciones se ha mostrado eficaz durante décadas para el diagnóstico de averías de tipo mecánico: desequilibrios, desalineaciones, degradación de los cojinetes...

No obstante es difícil a partir de un análisis de vibraciones el poder determinar la presencia de averías de tipo eléctrico como la rotura de barras del rotor, o el cortocircuito de espiras de las bobinas del estator.

Otro inconveniente del diagnóstico por análisis de vibraciones, radica en la necesidad de incorporar en la máquina los acelerómetros necesarios para poder obtener la señal a monitorizar.

### **2.2. Motor Current Signature Analysis**

Como alternativa al análisis de vibraciones, tenemos la técnica denominada Motor Current Signature Analysis (MCSA) [1]-[5]. MCSA se centra en el análisis espectral de las corrientes de estator. Mediante el análisis de las corrientes se pueden diagnosticar averías mecánicas y eléctricas, pero se aplica fundamentalmente en la detección de la rotura de barras de la jaula del rotor.

La presencia de barras rotas en el rotor, no es motivo de parada inminente, pero provoca una degradación del funcionamiento del motor, y la posible aparición de serios efectos secundarios. Las partes rotas de las barras pueden causar serios daños mecánicos al aislamiento y a los devanados, provocando costosas reparaciones.

Es conocido que la presencia de barras rotas en el rotor de un motor de inducción trifásico provoca la aparición de armónicos adicionales en las corrientes de fase del estator. En concreto, entre otras frecuencias, los armónicos aparecen en:

$$f_{sb} = f_1(1 \pm 2s) \text{ Hz}$$

donde  $f_1$  es la frecuencia de alimentación del motor, y  $s$  el deslizamiento.

Aunque el motor esté en perfecto estado, estos armónicos están siempre presentes en la corriente de la máquina, debido a las asimetrías del rotor inherentes al proceso de fabricación y ensamblado. Por lo tanto el método consiste más que en detectar la presencia de los armónicos, en monitorizar su amplitud y comparar que no exceda de un cierto umbral en referencia a la componente de la frecuencia de alimentación. El umbral que marca la frontera entre el motor sano y el motor con barras rotas se suele fijar alrededor de los 40 dB's. En las figuras 1 y 2 se puede observar el espectro frecuencial de las corrientes de una fase del estator de un motor considerado sano (figura 1) y del mismo motor con un número considerable de barras rotas (figura 2)[IEEE Industry Applications Magazine, July/August 2001]

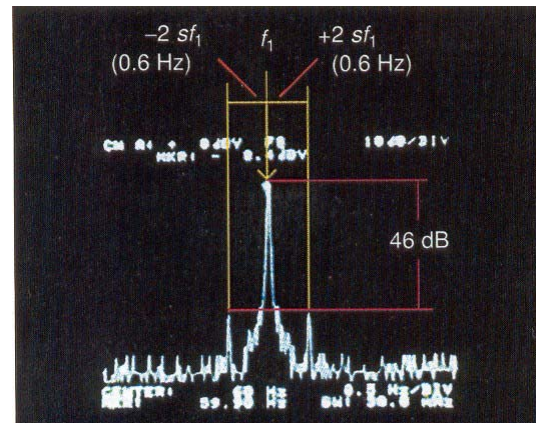


Fig 1 Espectro de la corriente de un motor sano.

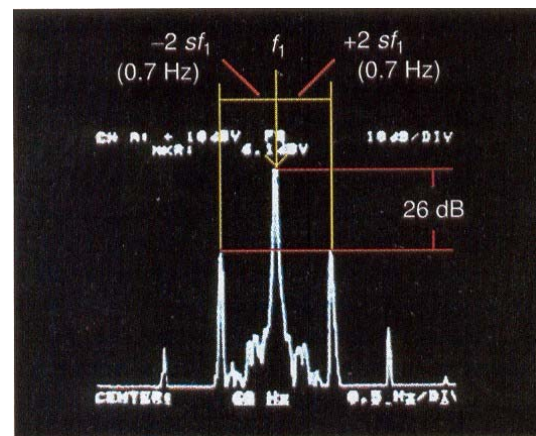


Fig 2. Espectro de la corriente de un motor averiado

MSCA se emplea con éxito en los casos en los que el par de carga es constante. Sin embargo, en máquinas donde tal par no es constante con el ángulo de rotación surgen dificultades. Tal es el caso en molinos, rotopalas, elevadores de cargas y compresores. En estas situaciones el par de carga es casi periódico con el ángulo de rotación de la carga. Además es habitual conectar el eje del rotor al de la carga mediante un mecanismo reductor. Esto provoca la aparición de nuevos armónicos relacionados con el par no constante y el mecanismo reductor. Tales armónicos suelen solaparse con los armónicos debidos a la presencia de barras rotas, circunstancia que dificulta enormemente el diagnóstico.

Una dificultad adicional para el MCSA clásico radica en que para valores de la carga pequeños, el factor de deslizamiento toma también un valor pequeño, con lo cual los armónicos a monitorizar estarán situados muy cerca del armónico correspondiente a la alimentación, pudiendo quedar enmascarados si el análisis frecuencial no se hace en una banda muy estrecha.

### 3. Bibliografía

[1] M. E. H. Benbouzid, “A review of induction motors signature analysis as a medium for faults detection”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 47, No. 5, October 2000 pp 984-993.

[2] R. Hirvonen, “On-line condition monitoring of defects in squirrel cage motors” in Proc. 1994 Int. Conf. Electrical Machines, vol. 2, Paris, France, pp. 267-272.

[3] G. B. Kliman et al., “Methods of motor current signature analysis” Elect. Mach. Power Syst., vol. 20, no. 5, pp. 463-474, Sept. 1992.

[4] W. Deleroi, “Broken bars in squirrel cage rotor of an induction motor—Part 1: Description by superimposed fault currents” (in German), Arch. Elektrotech., vol. 67, pp. 91-99, 1984.

[5] Baghli et al., “Broken Bars Diagnosis of 3600 RPM 750 kW Induction Motor Comparison Modelization and Measurement of Phase Currents”, Record IEEE SDEMPED 2001 pp. 3-9

[6] Schoen, R.R.; Habetler, T.G., “Effects of time-varying loads on rotor fault detection in induction machines”, Industry Applications, IEEE Transactions on , vol. 31 Issue: 4 , pp. 900 -906, July-Aug. 1995.

[7] Schoen, R.R.; Habetler, T.G., “Evaluation and implementation of a system to eliminate arbitrary load effects in current-based monitoring of induction machines”, Industry Applications, IEEE Transactions on , vol. 33 Issue: 6 , pp. 1571 -1577, Nov.-Dec. 1997 .

[8] Fiser et al; “Modelling of Dynamic and Steady-State Performance of Induction Motor Having Rotor Asymmetry” Record IEEE SDEMPED 2001 pp 127-132