

Resumen

Desde el siglo XX y hasta la actualidad las máquinas eléctricas rotativas cada vez han sido utilizadas en un mayor número y variedad de aplicaciones convirtiéndose en elementos clave en el mundo industrial. Las interrupciones no programadas, causadas por averías en la máquina eléctrica, pueden suponer una considerable pérdida económica. Por tanto, es fundamental detectar los fallos en las máquinas (en fase incipiente) para tomar las medidas que se consideren oportunas.

Las técnicas de diagnóstico más utilizadas se basan en el análisis de la corriente (debido a su carácter no invasivo) a través de la transformada de Fourier o *Fast Fourier Transform* (FFT) (de rápida ejecución y disponible en un elevado número de aplicaciones). No obstante, su uso está limitado al régimen estacionario. Por ello, desde finales del siglo XX y hasta la fecha se han desarrollado técnicas (basadas en análisis tiempo frecuencia) que permiten realizar el diagnóstico en el régimen transitorio (por contra, requieren mayor poder computacional). Por otro lado, con el auge de los equipos electrónicos (*Digital Signal Processor* (DSP), *Field Programmable Gate Arrays* (FPGAs), Microprocesadores, etc.) ha surgido otra línea de investigación que centra sus esfuerzos en desarrollar técnicas de diagnóstico para ser implementadas en estos equipos, aprovechando sus ventajas (frecuencia de muestreo, poder de cálculo, etc.) y teniendo en cuenta su principal inconveniente: escasa capacidad de memoria.

En la presente tesis se desarrolla una técnica de diagnóstico válida para todos los regímenes de funcionamiento de la máquina, rompiendo la barrera existente entre las técnicas en el régimen estacionario y las técnicas en el transitorio. Combina las ventajas y propiedades de ambas obteniendo un método válido para cualquier régimen de funcionamiento de la máquina (estacionario, transitorio tanto en modo motor como en modo generador). La forma de plasmar los resultados obtenida es idéntica independientemente de las condiciones de funcionamiento. Representa los resultados en un diagrama (similar al obtenido con la FFT) donde las componentes de falta aparecen siempre en la misma posición, remarcando la presencia o ausencia de fallos. Además, condensa la información en 15 puntos reduciendo la capacidad de memoria necesaria para realizar un histórico de la máquina y mejorando la transmisión de información en sistemas remotos o de difícil acceso.

Por otro lado, se pretende desarrollar técnicas que puedan ser implementadas en equipos electrónicos para realizar el diagnóstico on-line de la máquina. En este caso, la primera técnica desarrollada en la tesis (válida para cualquier régimen de funcionamiento) tiene unos requisitos de memoria excesivos para funcionar en estos equipos. Por tanto, se opta por desarrollar una novedosa técnica de diagnóstico optimizada (para el régimen estacionario) y que reduce las necesidades de memoria. Utiliza, únicamente, un punto por ciclo de la señal para realizar un diagnóstico eficaz y consistente de la máquina. Éste es el paso previo necesario para tener una primera toma de contacto con este tipo de equipos y abre la puerta al desarrollo en el futuro de técnicas válidas para ambos regímenes con menores requerimientos de memoria.

Para la validación de ambas técnicas se ha diseñado un banco de ensayos versátil con la capacidad de reproducir cualquier condición de funcionamiento en la que pueda operar la máquina:

- Puede hacer funcionar la máquina en modo motor y generador tanto en modo estacionario así como transitorio.
- Permite la conexión directa a la red o a través de *Variador de frecuencia* (VF).
- Permite diferentes tipos (constante, pulsante, rampas) y niveles de carga.

El banco de ensayos se ha automatizado con el objetivo de asegurar la reproducibilidad de los ensayos ante diferentes tipos de máquinas y poder realizarlos de manera autónoma. Además de las magnitudes medidas necesarias para validar las técnicas de diagnóstico desarrolladas, se han adquirido otras (tensiones, vibraciones, etc.) que pueden ser utilizadas en otras líneas de investigación. Con todo, se ha generado una extensa base de datos con los ensayos realizados y que se encuentra disponible a través de la red Internet facilitando la colaboración con otros grupos de investigación.

De este modo la tesis doctoral se ha estructurado en los siguientes capítulos:

- En primer lugar (capítulo 1) se realiza una breve introducción como punto de partida de la tesis.
- En el capítulo 2 se presentan los objetivos principales que se persiguen con el trabajo desarrollado.
- El capítulo 3 se encarga de presentar, por una lado, los diferentes tipos de fallos que pueden aparecer en máquinas eléctricas rotativas y las magnitudes físicas que se pueden utilizar para su detección. Por otro lado, se realiza una revisión histórica de la evolución de las técnicas de diagnóstico en máquinas eléctricas rotativas y los avances más relevantes surgidos durante los últimos años.
- En el capítulo 4 se describe tanto el banco de ensayos diseñado, los tests realizados así como la gestión de la base de datos creada.

-
- En el capítulo 5 se presenta el método de diagnóstico válido para cualquier régimen de funcionamiento de la máquina.
 - En el capítulo 6 se expone el método de diagnóstico desarrollado para ser implementado en sistemas de procesamiento de señal para el diagnóstico on-line de la máquina.
 - Finalmente en el capítulo 7 se presentan las conclusiones y aportaciones de la presente tesis y en el capítulo 8 se presentan algunas de las posibles futuras líneas de investigación que abre este trabajo.