

Lectura de la tesis de Alex Mccloskey

14/12/2016

En el tribunal de la tesis participaron:

- **Presidente:** Dr.D. Frédéric Druesne (Université de technologie de Compiègne)
- **Vocal:** Dr. D. Cassio Thome De Faria (Siemens Industry Software NV)
- **Vocal:** Dra. Dña. Ana Julia Escalada Aguado (ORONA)
- **Vocal:** Dr. D. Oscar Salgado (Ikerlan)
- **Secretario:** Dr. D. José Manuel Abete Huici (Mondragon Unibertsitatea)

Programa De Doctorado: PROGRAMA DE DOCTORADO EN INGENIERÍA MECÁNICA Y ENERGÍA ELÉCTRICA

RESUMEN DE LA TESIS:

Las vibraciones originadas por la máquina de tracción de un ascensor influyen tanto en el confort del viaje en la cabina del ascensor como en la calidad de vida de los vecinos, dado que la vibración de la máquina puede transmitirse a través de las paredes del hueco del ascensor al interior de los apartamentos colindantes. En este informe se presentan los resultados del estudio de las vibraciones generadas por las fuerzas electromagnéticas en máquinas eléctricas.

El diseño de la máquina considerando las características electromagnéticas influye en el comportamiento vibratorio y acústico. Por esto, son necesarias herramientas de predicción del comportamiento vibratorio y acústico de máquinas eléctricas para mejorar el diseño de éstas.

Se obtienen datos experimentales para analizar el comportamiento real de la máquina y para validar las herramientas de cálculo propuestas. Para ello, se miden los modos y las frecuencias naturales, así como la vibración y la potencia acústica en operación. Se analiza también la variabilidad del comportamiento real debido al proceso de fabricación, tanto en el estator como en el ensamblaje del estator y el bobinado, midiendo las frecuencias naturales de estos sistemas.

Se desarrollan modelos de elementos finitos para calcular la respuesta vibratoria y la potencia acústica de máquinas eléctricas. Estos modelos son detallados y precisos, de modo que se pueden analizar muchas características de las máquinas y los nuevos diseños pueden ser validados antes de fabricar el prototipo. Para desarrollar un modelo preciso se deben superar varias dificultades de modelizado. Por un lado, se aplican propiedades ortótropas al estator y al bobinado, y por otro lado, los rodamientos se modelizan mediante muelles. Se estiman los valores de las propiedades equivalentes del material y se estudia el error originado por su variabilidad. La influencia del mallado en las superficies donde se aplican las fuerzas es también analizada. En lo que se refiere a los modelos acústicos, se aplican las técnicas BEM y FEM y se ofrecen las reglas a seguir para desarrollar modelos precisos. Los modelos presentados son validados experimentalmente, así que los criterios a seguir propuestos son adecuados para desarrollar modelos precisos.

Se desarrolla un modelo analítico estructural mejorado para calcular la respuesta vibratoria de máquinas eléctricas. Dos cilindros, representando la corona del estator y los dientes y el bobinado respectivamente, son ensamblados como un modelo de parámetros concentrados. De este modo, se tiene en cuenta la masa y la rigidez del bobinado, por lo que el modelo es aplicable a diferentes tipos de máquinas. Además, se introducen propiedades ortótropas, mediante las que se trata la dirección axial con rigurosidad y así el efecto de la



largura es modelizado adecuadamente. El ágil modelo analítico desarrollado es valioso para realizar optimizaciones de los diseños, de manera que para unos requisitos en concreto se puede encontrar el mejor diseño posible. Asimismo, se puede analizar la influencia de las variables de diseño en el comportamiento de la máquina, y así, establecer reglas de diseño. De hecho, se analiza el efecto del número de polos y de ranuras en el comportamiento vibratorio.

Las herramientas de cálculo propuestas ayudan a entender los problemas o defectos que pueden surgir en máquinas eléctricas. Por esto, se aplican excentricidades estáticas y dinámicas al modelo FEM de la máquina para analizar su efecto en las vibraciones generadas. Además, se proponen un cálculo analítico de la UMP y un modelo numérico reducido del rotor con los que deducir teóricamente los armónicos que pueden ser más sensibles a excentricidades, de acuerdo con el número de polos y de ranuras de la máquina. Se comprueban estos resultados mediante mediciones de la respuesta vibratoria en una máquina sometida a diversas excentricidades.