



Universidad de Concepción  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Eléctrica  
Programa de Graduados

Profesor Patrocinante:  
Dr. Juan A. Tapia Ladino.

REDUCCIÓN DEL TORQUE PULSANTE EN UNA MÁQUINA DE FLUJO AXIAL CON  
IMANES PERMANENTES CONTROLANDO EL CONTENIDO ARMÓNICO DE LAS  
CORRIENTES DE ESTATOR



**DAVID ALEXIS SOTO PEDRAZA**

Informe de Tesis de Grado  
Para optar al Grado de

**MAGÍSTER EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CON MENCIÓN EN INGENIERÍA ELÉCTRICA**

Mayo 2006.

*Introducción a la Tesis de Grado*

**1.- Introducción.**

La utilización de máquinas eléctricas ha crecido enormemente en el último siglo, consumiendo en la actualidad el 60% de la energía producida por los generadores. Con la creciente demanda de energía eléctrica para suplir las necesidades humanas e industriales, el uso eficiente de la energía cobra un rol fundamental. Por este motivo desde la aparición de los imanes permanentes de Alnico en la década de 1930 las máquinas eléctricas con imanes permanentes han sido motivo de un sinnúmero de investigaciones.

Las máquinas eléctricas con imanes permanentes no necesitan escobillas, ni consumen potencia reactiva para producir un campo magnético rotatorio, por lo que intrínsecamente son más confiables y eficientes que las máquinas de corriente continua y máquinas de inducción respectivamente.

Sin embargo, presentan algunos inconvenientes inherentes a su construcción, de entre los cuales destacan el torque cogging, la no linealidad de inductancias de ejes  $dq$  y la excitación fija.

En la presente investigación se analizan los fenómenos más destacados presentes en las máquinas sincrónicas con imanes permanentes. Se propone un método para la atenuación del torque pulsante presente en el eje de la máquina a través de la compensación activa del torque cogging, por medio del control del contenido armónico de las corrientes de estator.

El estudio está enfocado a una máquina sincrónica de flujo axial con imanes permanentes de 9KVA, 12 polos, cuyo prototipo fue construido en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Concepción.

La investigación se centra en la utilización del Método de Elementos Finitos Tridimensionales (MEF-3D), técnica ampliamente utilizada y aceptada a nivel mundial en el diseño de máquinas eléctricas.

La Tesis de grado comienza analizando el estado del arte en máquinas sincrónicas con imanes permanentes, mencionando las distintas topologías existentes, convergiendo el estudio en el prototipo analizado. A continuación se presentan los fundamentos teóricos necesarios para la comprensión de la generación del torque ripple, y como se utilizará dicho torque para atenuar el torque cogging presente en el eje de la máquina.

El capítulo siguiente presenta la forma de la fuerza contraelectromotriz obtenida con el método de elementos finitos y la medida en el set-up de laboratorio correspondiente. Se analiza también el valor máximo del torque cogging para distintas inercias. Posteriormente se presenta en detalle la determinación de la corriente necesaria para la atenuación del torque pulsante y la evaluación del método propuesto.

A continuación se analiza la factibilidad técnica de la implementación, proponiendo una técnica de modulación SPWM para generar la corriente ideal determinada en el capítulo anterior, la que permitirá la generación real de las armónicas necesarias para contrarrestar el torque cogging. También se enumerará los principales componentes del hardware necesarios para la implementación.

Finalmente en el último capítulo se presentan las conclusiones de la investigación desarrollada y recomendaciones para la implementación del sistema de reducción de torque pulsante.

El modelo fue validado con la determinación de las inductancias de ejes  $dq$  a través del MEF-3D y la comparación con los resultados obtenidos en el set-up de laboratorio montado para este caso particular.

