



RESUMEN DEL CONTENIDO DE TESIS DOCTORAL

1.- Título de la Tesis	
Español/Otro Idioma: CONTROL Y SUPERVISIÓN DE MÁQUINAS SÍNCRONAS DE IMANES PERMANENTES MEDIANTE LA INYECCIÓN DE SEÑALES DE ALTA FRECUENCIA.	Inglés: CONTROL AND SUPERVISION OF PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MACHINES USING HIGH FREQUENCY SIGNAL INJECTION
2.- Autor	
Nombre: Daniel Fernández Alonso	DNI/Pasaporte/NIE:
Programa de Doctorado: Energía y Control de Procesos	
Órgano responsable:	

RESUMEN (en español)

El uso de máquinas síncronas de imanes permanentes (PMSM) se ha visto incrementado durante las últimas décadas debido a su instalación en vehículos eléctricos (EVs) e híbridos (HEVs) o turbinas eólicas. Los límites de operación de las PMSMs viene dado por las pérdidas producidas durante el proceso de conversión de energía, lo que produce incrementos de temperatura en la máquina. De entre todos los elementos que componen las PMSM, los imanes permanentes son la parte que sufre un mayor estrés, desde el punto de vista térmico, ya que sus propiedades dependen de la temperatura y su temperatura máxima de funcionamiento es normalmente la más baja entre todas las partes que componen la máquina. Por ello, es muy importante poder estimar o medir la temperatura de los imanes durante el funcionamiento de la máquina. La medida de la temperatura de los imanes en máquinas comerciales plantea problemas de coste, pérdida de robustez o mantenimiento, por lo que no es común disponer de esta variable. Como alternativa a la medida de temperatura, se pueden encontrar métodos de estimación, que se dividen en modelos térmicos, métodos basados en la fuerza contraelectromotriz y métodos basados en la inyección de diferentes tipos de señales desde el estator. Los modelos térmicos son específicos para cada diseño y necesitan amplio conocimiento de la máquina para su ajuste, en términos de geometría, de los materiales que la componen o del sistema de refrigeración. El requerimiento de parámetros de la máquina para la implementación de métodos basados en la fuerza contraelectromotriz no es tan riguroso, pero estos métodos no son aplicables cuando la máquina se encuentra parada. Los basados en la inyección de algún tipo de señal, se dividen en métodos que aplican la inyección de un pulso o métodos que inyectan una señal de alta frecuencia. Ambos, pueden implementarse para todo el rango de velocidades de la máquina y no requieren un conocimiento previo de la misma. La presente tesis propone dos métodos de estimación de temperatura: el primero para estimar la temperatura media del imán y el segundo para estimar la temperatura diferencial producida en el imán. Dos sistemas de medida de temperatura han sido desarrollados con el objetivo de verificar los métodos propuestos. Además del creciente interés en la estimación de temperatura de los imanes, el interés en la estimación del estado de magnetización ha crecido debido al interés progresivo que empiezan a tener las máquinas síncronas de imanes permanentes de flujo variable (VF-PMSMs) en aplicaciones como EVs o HEVs. Estos tipos de máquinas requieren una estimación precisa del estado de magnetización para su correcto funcionamiento, ya que éste puede cambiar durante el funcionamiento normal de la máquina para permitir trabajar a altas velocidades con menos requerimientos de corriente de debilitamiento. Los métodos existentes se basan en la fuerza contraelectromotriz de la máquina, presentando así los mismos inconvenientes que el uso de esta variable presenta cuando se usa en técnicas de estimación de temperatura. Es por eso que esta tesis también analiza la aplicación del uso de métodos basados en la inyección de señales de alta frecuencia para la estimación del estado de magnetización de la máquina. Basándose en el efecto magnetoresistivo que tiene lugar en los imanes, se presenta un método de estimación del



estado de magnetización que utiliza la inyección de señales de alta frecuencia, no interfiere con el funcionamiento normal de la máquina, es aplicable en todo el rango de velocidades y presenta una sensibilidad muy baja a cambios en los parámetros de la máquina.

RESUMEN (en Inglés)

The use of permanent magnet synchronous machines (PMSMs) has been increasing during the last decades due to their use in e.g. electric vehicles (EVs), hybrid electric vehicles (HEV) or wind turbines. Operating limits of PMSMs are determined by the induced power losses during the energy conversion process, which makes the machine temperature to increase. Among all PMSM constructive parts, permanent magnets (PMs) are the weakness part from the temperature point of view, i.e. their properties strongly depends on the temperature and its maximum operating temperature is typically the lowest among all PMSM constructive parts. For these reasons PM temperature estimation/measurement during normal operation of the machine is a very interesting feature. PM temperature measurement is problematic from installation, cost, robustness and maintenance perspectives, meaning that PM temperature is not usually available in standard machines. An alternative to PM temperature measurement is temperature estimation. PM temperature estimation methods can be divided into thermal models, BEMF based methods and methods based on the injection of some form of test signal into the stator terminal of the machine. Thermal models require previous knowledge of the machine geometry, materials and cooling system, making the model specific for each machine design. BEMF based methods cannot work at standstill or very low speeds and also require previous knowledge of some machine parameters. Methods based on the injection of a test signal can be further divided into pulse injection based methods and high frequency signal injection based methods; Both methods can be used in the whole speed range on the machine and do not require previous knowledge of machine parameters. This thesis proposes two temperature estimation methods: the first one for mean magnet temperature estimation, the second one for differential magnet temperature estimation; two wireless temperature measurement systems have been developed for the verification of the proposed methods. In addition to significant research efforts in PM temperature estimation methods, PM magnetization state (MS) estimation methods have been also the focus of growing interest due to the increased use of variable flux permanent magnet synchronous machines (VF-PMSMs) in many traction applications, e.g. EVs and HEVs. These type of machines require accurate MS estimation since its MS can be changed during normal operation of the machine to allow high speed operation without the need of flux weakening current injection. Existing MS estimation methods are based on the BEMF, their weaknesses being the same as the BEMF temperature estimation based methods. For this reason, this thesis also analyzes the extension of high frequency signal injection based method for MS estimation purposes. A high frequency signal injection MS estimation method based on the magnetoresistive effect of PMs is proposed in this thesis. The proposed method does not interfere with the normal operation of the drive, can work in the whole speed range of the machine and its sensitivity to machine parameter variation is very low.

SR. DIRECTOR DE DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA DE COMPUTADORES Y SISTEMAS / SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA DE DOCTORADO EN ENERGÍA Y CONTROL DE PROCESOS