

TÍTOL TESI : Aportacions al desenvolupament dels Motors de Reluctància Autocommutats sense sensors de posició (per aplicacions de petita potència i tensions reduïdes).

AUTOR : Francesc Castellana i Méndez
Enginyer Industrial

DIRECTOR : Pere Andrada i Gascón
Dr. Enginyer Industrial

DEPARTAMENT : d'Enginyeria Elèctrica
Universitat Politècnica de Catalunya

CONTINGUT : Accionaments de baix cost en base a Motors de Reluctància Autocommutats sense sensors de posició.

PARAULES CLAU: Motor de Reluctància Autocommutat (SRM), convertidors unipolar i Miller, eliminació del sensor de posició (Sensorless), microcontrolador, baix cost, petita potència (<50W), tensions reduïdes (<60V).

RESUM:

Es constata que els accionaments elèctrics de petita potència (< 50 W) i reduïda tensió (<60V), tot i no formar una família homogènia, son principalment de tipus electromagnètic, encara que ja comencen a destacar el de tipus piezoelèctric. En el segment de potències i tensions en qüestió, els accionaments utilitzats actualment son els motors convencionals de CC. excitats amb imants permanents i, cada vegada més, motors de CC. sense escombretes. Aquests últims han popularitzat la simbiosi entre les estructures electromagnètiques tradicionals i els dispositius electrònics.

Es constata l'interès actual despertat pel motor de Reluctància Autocommutat (SRM) degut a la seva robustesa i simplicitat constructiva, a la seva tolerància a falles i a la relativa senzillesa del seu control. Interès mostrat pels laboratoris de recerca, Universitats, i també pel món industrial.

Es presenta el SRM sense sensors de posició com una alternativa als accionaments de CC. amb i sense escombretes, per aplicacions de petita potència i reduïda tensió, tan per requeriment de velocitat regulable com, especialment, per velocitat no regulable. Alternativa avalada per l'absència d'imants, l'eliminació del col·lector, la simplificació del convertidor estàtic i del control i les expectatives de baix cost, malgrat que en el rang de potències inferiors al kW el SRM no presenta tan bon rendiment ni quocient parell/volum prismàtic com en els motors amb imants permanents.

Després d'un breu repàs de la història del SRM, i d'un recordatori del seu principi de funcionament, incloent el procés de producció de parell, la corba característica parell-velocitat, unes primeres consideracions sobre la forma de controlar-lo, els avantatges i inconvenients de la seva utilització, i les possibles aplicacions, es descriuen les parts constitutives de l'accionament: estructura electromagnètica, convertidor estàtic i captador de posició.

Es construeix un primer accionament amb captador de posició en el rang de potències esmentat, sota el criteri de màxima simplicitat constructiva i baix cost. Es valora la importància i necessitat de prescindir del sensor de posició que es tradueix en un menor volum de l'accionament, la reducció d'una important font de falles i la millor adaptació a ambients hostils.

Es classifiquen i descriuen els diferents mètodes existents per eliminar el sensor de posició utilitzant un nou criteri basat en la equació elèctrica del SRM. Es realitza un estudi comparatiu dels avantatges i inconvenients dels diversos mètodes. Per a la construcció d'un accionament sense captadors de velocitat s'escull un mètode de control que és una variació innovadora de l'estimació de flux magnètic en temps real, implementada en un microcontrolador econòmic de només 8 bits.

Es realitzen proves experimentals exhaustives amb i sense regulació de velocitat, tan per accionaments amb sensors com per accionaments sense sensors, sobre les mateixes estructures electromagnètiques. Es discuteixen els resultats obtinguts comparant el comportament del SRM en tots els casos. Es valora el cost econòmic associat a l'eliminació del sensor i el cost comparat amb d'altres tipus d'accionaments. Es recullen algunes possibilitats per a la millora dels resultats. Es resumeixen les aportacions, es proporcionen les conclusions i s'orienten les futures línies de treball.

RESUMEN:

Se constata que los accionamientos eléctricos de pequeña potencia (< 50 W) y reducida tensión (< 60 V), sin llegar a formar una familia homogénea, son principalmente de tipo electromagnético, aunque los de tipo piezoeléctrico van adquiriendo una importancia creciente. En el segmento de potencias y tensiones en cuestión, los accionamientos utilizados actualmente son los motores convencionales de CC. excitados con imanes permanentes y, cada vez mas, motores de CC. sin escobillas. Siendo éstos los que han popularizado la simbiosis entre las estructuras electromagnéticas tradicionales y los dispositivos electrónicos.

Se constata el interés actual despertado por el motor de Reluctancia Autocommutado (SRM) debido a su robustez y simplicidad constructiva, a su tolerancia a los fallos y a la relativa sencillez de su control. Interés mostrado por laboratorios de investigación, Universidades, y también por el mundo industrial.

Se presenta al SRM sin sensores de posición como una alternativa a los accionamientos de CC. con y sin escobillas, para aplicaciones de pequeña potencia y reducida tensión, tanto en el caso de precisar velocidad variable como, especialmente, para velocidad no regulable. Alternativa avalada por la ausencia de imanes, la eliminación del colector, la simplificación del convertidor estático y del control y las expectativas de bajo coste, a pesar de que en el rango de potencias inferiores al kW el SRM no presenta tan buen rendimiento ni cociente par/volumen prismático como en los motores con imanes permanentes.

Después de un breve repaso de la historia del SRM y de un recordatorio de su principio de funcionamiento, incluyendo el proceso de producción del par, la curva característica par-velocidad, unas primeras consideraciones sobre la forma de controlarlo, las ventajas y inconvenientes de su utilización, y las posibles aplicaciones, se describen las partes constituyentes del accionamiento: estructura electromagnética, convertidor estático y captador de posición.

Se construye un primer accionamiento con captador de posición en el rango de potencias aludido, bajo el criterio de máxima simplicidad constructiva y bajo coste. Se valora la importancia y la necesidad de prescindir del sensor de posición que se traduce en un menor volumen del accionamiento, la reducción de una importante fuente de fallos y la mejor adaptación en ambientes hostiles.

Se clasifican y describen diferentes métodos para eliminar el sensor de posición utilizando un criterio nuevo basado en la ecuación eléctrica del SRM. Se realiza un estudio comparativo de las ventajas y inconvenientes de los diversos métodos. Para la construcción de un accionamiento sin captadores de velocidad se escoge un método de control que es

una variación novedosa de la estimación de flujo magnético en tiempo real, implementada en un microcontrolador económico de solo 8 bits.

Se realizan pruebas experimentales exhaustivas con y sin regulación de velocidad, tanto para accionamientos con sensores como para accionamientos sin sensores, sobre las mismas estructuras electromagnéticas. Se discuten los resultados obtenidos comparando el comportamiento del SRM en todos los casos. Se valora el coste económico asociado a la eliminación del sensor y el coste comparativo respecto de otros tipos de accionamientos. Se reseñan algunas posibilidades para la mejora de los resultados. Se resumen las aportaciones realizadas, se proporcionan las conclusiones y se orientan las futuras líneas de trabajo.

ABSTRACT:

Nowadays low power (<50W) and low voltage (<60V) electrical drives do not belong to an homogeneous family although they are mainly electromagnetic, but recently the piezoelectric drives have been an increasingly used. Permanent magnet DC drives and, more and more, permanent magnet brushless DC are used in this segment of power and voltage treated. The brushless ones have widespread the symbiosis among traditional electromagnetic structures and electronic devices.

In recent years the Switched Reluctance Motor (SRM) is receiving great attention because of its simple and inherently rugged motor construction, almost all fault tolerant and its relatively easy control. The focus of its great interest is found not only at research laboratories and Universities but also in the industry.

The sensorless SRM is proposed as an alternative to well established DC motor drivers with or without brushes, for low power and low voltage applications that require or much better those which do not require adjustable speed. This proposal is based on the absence of magnets and mechanical commutator, the power converter and control simplification and the low cost expectation. Despite that, the SRM of power range below 1 kW does not have as good efficiency and ratio torque to gross electromagnetic magnetic volume as could be obtained with a permanent magnet motor.

After a brief notes of SRM history and a review of its principle of work that includes the torque process production, the torque-speed characteristics, some first considerations about the control manner, the advantages and disadvantages, and the most suitable applications. The drive constitutive parts are described by the electromagnetic structure, the power converter and the position sensor.

First a drive with position sensor has been developed on the power range mentioned and with the maximum simplicity and low cost criteria. The importance of sensorless control is emphasized in order to reduce the drive volume, to reduce an important source of failures and the better adaptation to harsh environments.

Many different methods of sensorless control have been described and classified using new criteria based on the SRM electrical equation. A compared study of the advantages and disadvantages of different methods has been done. In order to implement a sensorless driver choice a control method is chosen that is one of the newest variations of the magnetic flux estimation in real time, it has been implemented in a cheap 8 bits microcontroller.

Exhaustive experimental tests have been done, with or without speed regulation, either with sensor or sensorless control position on the same electromagnetic structures. The obtained results have been discussed by comparison of the SRM performance in all situations. The cost reductions due to sensorless construction and the comparative cost of other kinds of drivers had been quoted. Some possibilities are proposed so as to improve the results. A summary of contributions, conclusions and the future work lines are given.