



Control Vectorial

La revolución del control de movimiento

Los accionamientos de control vectorial establecieron un hito en la regulación de velocidad de los motores de corriente alterna. Ningún otro desarrollo tecnológico pudo producir en un motor de CA torque pleno de cero a velocidad nominal para luego conmutar a potencia constante y alcanzar una velocidad varias veces superior a la nominal, con capacidad de acelerar y desacelerar en ambas direcciones de rotación y controlar con precisión velocidad, par y posición en motores compactos o servomotores.

Los accionamientos de velocidad variable de control vectorial han existido desde hace años, sin embargo sólo en esta última década se han expandido fuertemente en un sinnúmero de aplicaciones. La razón se centra en que se requería de electrónica costosa y de relativa complejidad para controlar con precisión las corrientes del motor. Esta situación cambió drásticamente con el desarrollo de los procesadores de señales digitales (DSPs), los microprocesadores dedicados de alta velocidad y los inversores reguladores de corriente con modulación de ancho de pulso (Current-Regulated PWM Inverters).

Los DSPs y microprocesadores propor-

cionan la potencia de cómputo de alta velocidad necesaria para calcular las corrientes de fase del motor accionado, superando holgadamente los problemas de derivas y de ajuste de set-point tan frecuentes en las antiguas versiones analógicas de accionamientos vectoriales. Complementariamente los inversores PWM con etapas de potencia desarrolladas en torno a dispositivos semiconductores de alta velocidad de conmutación (Transistores Bipolares de Compuerta Aislada - IGBT) permiten obtener frecuencias más altas y corrientes de salida mayores, en volumen reducido y con menor coste.

Los motores trifásicos de inducción se

encuentran ampliamente difundidos debido a su construcción más simple y robusta, su menor tamaño y la menos frecuente necesidad de mantenimiento, como contrapartida su modelo eléctrico es fuertemente alineal, multivariable y altamente acoplado, tornando complejo el control de velocidad.

A diferencia de ello, el control de velocidad de los motores de corriente continua de excitación independiente resulta esencialmente sencillo: la independencia existente entre los bobinados de campo y armadura permite controlar por separado las corrientes que generan el flujo de magnetización por un lado y el par por otro. Gobernando estas variables se tiene control completo del motor accionado, observándose respuestas dinámicas muy veloces con reducidas oscilaciones.

La estrategia de control vectorial se basa en extrapolar la técnica de control de motores de corriente continua al ámbito de los motores de inducción. Para ello y debido a que una máquina de corriente alterna carece de dos bobinados desacoplados se recurre al expediente de referenciar el sistema trifásico alterno de corrientes estáticas a un sistema de coordenadas no estacionario que gira sincronicamente con el campo

magnético rotórico. En este nuevo sistema de referencia las corrientes estáticas pueden ser tratadas como vectores rotantes, de ahí el nombre de control vectorial o también control de campo orientado. El paso siguiente es descomponer este vector en dos componentes: una colineal con el campo rotórico (normalmente denominada I_d) y la restante en cuadratura (normalmente I_q). La primera resulta ser responsable del flujo magnético de la máquina y se la designa como corriente de magnetización, la segunda genera el par motriz y se la llama corriente activa. Por la vía de esta transformación de coordenadas resulta entonces posible desacoplar el modelo matemático de la máquina de inducción y controlar estas componentes en forma independiente de la misma manera que en un motor de corriente continua se controlan las corrientes de campo y armadura, obteniéndose similares respuestas dinámicas. Una vez determinados en este sistema de referencia no estacionario los valores requeridos de I_d e I_q se aplica una transformación de coordenadas inversa que arroja por resultado las consignas (set-points) de magnitud y fase de las corrientes alternas estáticas. Estas consignas se aplican a la entrada del inversor regulador de corriente quien genera como respuesta las señales PWM de disparo que atacarán los IGBTs de la etapa de potencia generando las tensiones que alimentan los bobinados del motor.

MicroMaster 4ª Generación



MasterDrive Vector Control

Cabe aquí mencionar que para poder ejecutar las rutinas de transformación de coordenadas es necesario contar con el ángulo desarrollado por el rotor, esta necesidad da origen a dos estrategias diferentes: registrar este ángulo instante a instante mediante un encoder o tacogenerador (Control vectorial de lazo cerrado) o estimarlo mediante un observador (Control vectorial sin sensor o de lazo abierto o en su versión en inglés, más difundida, Sensor Less Vector Control).

Mediante la técnica de lazo cerrado resulta posible ejecutar distintas estrategias de control de acuerdo a la variable que se desea regular, así nos encontramos con control de lazo cerrado de velocidad o de par.

En muchas aplicaciones se presenta la inquietud sobre si es necesario o no utilizar un sensor de velocidad, esto es, si realmente es necesaria una estrategia de control vectorial de lazo cerrado. Se indican a continuación algunos ejemplos a modo de ayuda para definir el uso del mismo:

- Requerimiento de elevado nivel de precisión en el ajuste de velocidad, típicamente superior al 0,001% (maquinaria de alta precisión)

- Requerimiento de alta performance dinámica aún a bajas velocidades, del orden de los 20 mseg (trenes de laminación)

- Requerimiento de elevado par motriz a velocidades inferiores al 10% de la veloci-

dad nominal del motor, aún a velocidad cero (grúas con funciones de posicionamiento)

- Requerimiento de control de par en un rango mayor a 1:10 (bobinadoras, control de tensión de lazo cerrado)

Siemens ofrece un accionamiento adecuado para cada aplicación con una exacta relación coste/prestaciones: MasterDrive Vector Control y MicroMaster MM440 para motores de baja tensión y Simovert MV para motores de media tensión permiten implementar estrategias de control vectorial de lazo abierto o cerrado de velocidad o par y dan respuesta a los más altos requerimientos de regulación. Por otro lado, MicroMaster MM420 con la técnica de control desarrollada por Siemens Flux Current Control (FCC) que optimiza la corriente de magnetización para los distintos estados de carga de la máquina accionada, resulta ideal para aplicaciones de baja y media exigencia dinámica: bombas, ventiladores, posicionamiento sencillo, cintas de transporte, máquinas de embalaje, elevadores, etc. ■

Ing. Adrián A. Magna
A&D SD/MC/PM/LD
Buenos Aires, Argentina