



Motores de imanes permanentes sin reductores

Jouni Ikäheimo

Utilizado durante décadas en aplicaciones en pequeña escala por su buena relación peso-prestaciones, por ejemplo en la industria de ordenadores, el motor de imanes permanentes ha sido perfeccionado por ABB para ofrecer gran precisión y fiabilidad a las aplicaciones industriales que necesitan un alto par de giro y baja velocidad. Esta nueva tecnología de imanes permanentes contribuye a que se pueda prescindir de los reductores en numerosos sectores industriales. El primero de ellos será la industria papelera, ya que las máquinas de papel utilizan gran número de motores de alta precisión y baja velocidad.

El motor de imanes permanentes constituye el núcleo del sistema llamado Drive^{IT} Direct Drive Solution. Consiste en un motor Drive^{IT} de imanes permanentes controlado por un accionamiento Drive^{IT} de corriente alterna para Baja Tensión, que está basado en el convertidor de frecuencia ACS 600 y se conecta directamente a la máquina de papel sin reductores de velocidad ni codificadores de impulsos.

El motor de imanes permanentes de ABB es un motor síncrono que, sin deslizamiento del inducido, proporciona más precisión que los motores asíncronos normales (véase cuadro informativo en página 25). En un motor asíncrono, el deslizamiento varía según la velocidad y la carga. Con un motor síncrono es más sencillo optimizar la velocidad y la eliminación del compensador de deslizamiento mejora las prestaciones de control dinámico del motor.

La construcción de un motor síncrono tradicional es más complicada que la del motor asíncrono y por tanto necesita más mantenimiento. Sin embargo, los imanes permanentes utilizados en el nuevo motor de ABB simplifican la construcción al crear un flujo constante en el entrehierro que permite prescindir de los devanados de rotor y de las escobillas normalmente utilizados para la excitación de los motores síncronos.

El motor con imanes permanentes es síncrono y no necesita compensador de deslizamiento puesto que este no se produce. El resultado es una clara mejora del control del motor.

La gráfica muestra la velocidad medida/estimada (negro/verde) y el par de giro (rojo).

El resultado es un motor que combina las grandes prestaciones de los motores síncronos y el robusto diseño de los motores asíncronos de inducción. El motor es alimentado directamente en el estator por el sistema de accionamiento de velocidad variable.

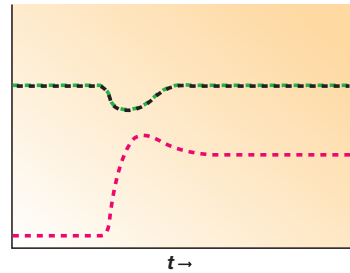
El motor síncrono también puede suministrar mayor potencia con una unidad de menor tamaño. Para mover directamente los sistemas internos de accionamiento de una máquina de papel a 220-600 rpm con un motor asíncrono convencional se requeriría un motor de tamaño sustancialmente mayor que el de un motor de 1.500 rpm. En la mayoría de los casos, el motor de nuevo tipo que presentamos tiene el mismo tamaño o es incluso más pequeño que los motores de inducción existentes.

Los imanes permanentes son de neodimio-hierro-boro (NdFeB), la última novedad de material magnético en el mercado. El NdFeB, el material magnético más potente a temperatura ambiente del que actualmente disponemos, tiene valores muy altos de densidad de flujo y de magnetización y es muy resistente a la desmagnetización. El NdFeB es más barato y menos frágil que el samario-cobalto, otro material de tierras raras que estuvo muy extendido en la década de los ochenta.

Después de dos exitosos proyectos piloto se instaló el primer sistema Direct Drive en agosto de 2002 en la línea de fabricación de materiales de envasado para la industria farmacéutica y de productos cosméticos de la empresa papelera M-Real (Finlandia).

Más eficiencia y menos mantenimiento

Los motores de inducción estándar, proyectados normalmente para funcionar a 750-3.000 rpm, no son especialmente adecuados para funcionar a baja velocidad ya que al reducirse ésta el motor pierde rendimiento. También



puede suceder que el motor no esté en condiciones de suministrar un par motor con una variación suficientemente suave en el intervalo de velocidades bajas.

Normalmente, este problema se resuelve utilizando un reductor de velocidad, un equipo complicado, que ocupa espacio, necesita mantenimiento y consume una considerable cantidad de aceite.

La nueva solución suministra un alto par motor directamente al sistema de accionamiento interno de la máquina de papel. Al eliminarse el reductor, el usuario ahorra espacio y costes de instalación, necesitando única-

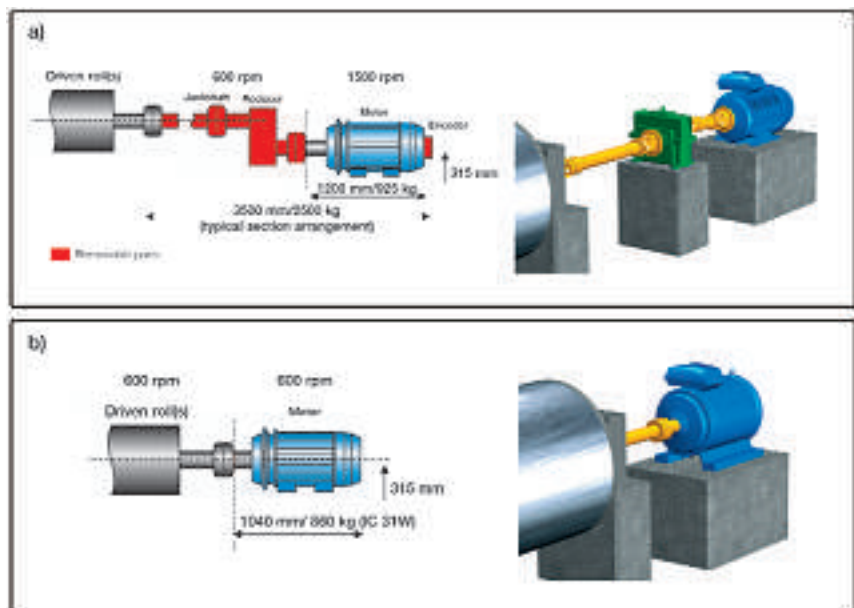
mente preparar la cimentación para un único elemento de accionamiento. Esto también proporciona más libertad de diseño a la hora de estudiar la implantación de la máquina de papel. Al eliminar el reductor y las escobillas no sólo se reducen las necesidades de mantenimiento sino que también se ahorra energía.

En algunas ocasiones las altas prestaciones a baja velocidad se han obtenido con un sistema de accionamiento de corriente continua. Comparado con esta solución, el nuevo sistema de ABB reduce las necesidades de mantenimiento del motor, ya que el motor de imanes permanentes es muy robusto y no necesita más mantenimiento que los motores estándar de inducción de corriente alterna.

El menor número de componentes y la mayor sencillez de la configuración reducen el tiempo de trabajo de ingeniería en la propia planta, facilitan la instalación, permiten aprovechar mejor el espacio disponible y reducen los inventarios de piezas de repuesto.

La sencillez de configuración también au-

Configuración del accionamiento con: a) motor convencional de inducción, reductor y eje de transmisión; b) sistema Direct Drive



Además de ahorrar energía y mantenimiento y de mejorar la fiabilidad, Direct Drive contribuye a resolver los conocidos problemas de espacio en y en torno a las máquinas de papel.



menta la disponibilidad de la maquinaria de producción. La reducción del mantenimiento significa menos paradas de producción, menor pérdida de materias primas, mejor calidad del producto final y menos desgaste de la maquinaria de producción. Además, los trabajos de mantenimiento y de reparación son más rápidos.

La tecnología de la solución Drive^{IT} Direct Drive mejora la controlabilidad de los sistemas de accionamiento y permite a los motores de las máquinas de papel funcionar sin codificador de impulsos, pues los motores sincronizados proporcionan un control muy preciso sin necesidad de retroalimentación. La precisión es tan elevada como la conseguible en un motor de inducción de velocidad variable que funcione con retroalimentación. Esto significa que se puede prescindir del codificador de impulsos, lo cual reduce aún más las necesidades de mantenimiento. Esta es una ventaja muy especial para el sector del papel, en el cual la

escasa fiabilidad de los dispositivos de retroalimentación contribuye a provocar paradas de la producción. La solución también puede reducir la complejidad del diseño, ya que los dispositivos de retroalimentación pueden ser difícilmente integrables en el sistema o es necesario montarlos en puntos de difícil acceso.

El nuevo accionamiento, más eficaz desde el punto de vista eléctrico, afecta directamente al consumo de energía y el ahorro aumenta considerablemente al reducirse la velocidad.

Un motor conocido con una nueva función

El motor de imanes permanentes se viene utilizando desde hace varias décadas, pero sólo ahora se empieza a aplicar esta tecnología a los grandes motores. El pequeño tamaño y la gran precisión de los motores de imanes permanentes han generalizado el uso de los mismos para los relojes de pulsera y las unidades de disco duro de los ordenadores. Actual-

mente, el motor más grande de imanes permanentes alcanza las siete toneladas de peso.

Estos motores se diseñan actualmente con flujo radial, con refrigeración por aire o agua y con un rotor de imanes permanentes. La potencia varía entre 27 y 1.800 kW y la tensión del motor es típicamente de 400/690 VAC. La temperatura del rotor de imanes permanentes permanece naturalmente baja y es posible, por tanto, alcanzar valores altos de densidad de potencia.

Al igual que sucede en todos los motores síncronos, el nuevo motor sólo puede ser controlado por un sistema de accionamiento de velocidad variable. Además, el sistema de control de motores síncronos ha de ser desarrollado específicamente para controlar el flujo de los imanes permanentes. La tecnología Direct Torque Control de ABB ha sido extendida y adaptada especialmente para esta aplicación.

El sistema Direct Drive se basa en los convertidores de frecuencia ACS 600 de ABB. El

control del motor, puede ser refrigerado con aire o agua, puede utilizar el mismo inversor que el empleado en el control de los motores de inducción.

La refrigeración por agua proporciona más densidad de potencia y hace que las cabinas de los sistemas de accionamiento sean más pequeñas, mientras que las carcasas, que tienen un mayor grado de protección, proporcionan más libertad para ubicar los accionamientos y además reducen la exposición de los componentes de los mismos.

Utilizado en la tecnología

Azipod

La solución Drive^{IT} Direct Drive estaba concebida inicialmente para el sector del papel, en el que las aplicaciones de baja velocidad

requieren mucha precisión y fiabilidad. Sin embargo, las soluciones de imanes permanentes ya existen desde hace algún tiempo y se han aplicado inicialmente en los servomotores y motores de tracción. Los motores de imanes permanentes ya son bien conocidos por su aplicación en el sistema de propulsión marítima Azipod. Direct Drive ha sido la primera solución 'estándar' para aplicaciones industriales de baja velocidad.

El motor de imanes permanentes hace más compacta la solución Azipod, la cual se hace viable para la aplicación en barcos pequeños. La experiencia de motores de imanes permanentes adquirida con la tecnología Azipod ha sido muy útil en el desarrollo del sistema Direct Drive para el sector del papel y de la pasta papelera.

Actualmente se está extendiendo el empleo de motores de imanes permanentes como generadores eólicos, que al girar a baja velocidad se benefician de la eliminación de los reductores de velocidad. Otros casos posibles de aplicación son los ascensores y los sistemas de telearrastre, telesillas, telecabinas, etc., en las estaciones de esquí.

A medida que se generalizan los motores de imanes permanentes es de esperar que bajen los precios de los materiales magnéticos, que todavía son relativamente altos. Cuando esto suceda será posible utilizar motores de imanes permanentes en los sistemas convencionales de accionamiento industrial, reduciéndose el consumo de energía gracias al mayor rendimiento, ya que las pérdidas se reducen considerablemente.

Hoy en día, y debido al alto precio de los materiales, el coste de inversión en Direct Drive es comparable al de una instalación tradicional con reductor de velocidad. Como ya hemos indicado más arriba, las ventajas son la reducción del mantenimiento, la menor ocupación de espacio y el aumento del rendimiento energético y de la fiabilidad. Al principio, el uso de esta tecnología estará limitado a aplicaciones especiales, tales como las máquinas de papel y el sistema Azipod. Pero no hay razón para que dentro de algunos años el empleo de motores de imanes permanentes no se haya generalizado en las fábricas.

Deslizamiento del rotor

La principal diferencia entre un motor síncrono y un motor asíncrono de inducción es que, en el primero, el rotor está magnetizado y gira a la misma velocidad que el campo magnético rotativo.

La velocidad síncrona de un motor es la que se alcanzaría teóricamente si la velocidad dependiera únicamente de la frecuencia de la red y del número de polos del motor. Teóricamente, el motor seguiría exactamente al campo magnético rotativo en el estator. Sin embargo, en un motor de inducción de corriente alterna la carga hará que el motor se deslice con relación al campo magnético y la fricción existente en el motor aumentará dicho deslizamiento, cuyo total puede ser del orden del 5 %.

Para reducir este efecto, algunos convertidores de frecuencia disponen de compensador del deslizamiento. La caída de velocidad puede en este caso reducirse a cerca del 10 % del deslizamiento nominal. Si es necesario que el control sea muy preciso se utilizará un controlador de velocidad con codificador de impulsos.

El motor síncrono dispone de electroimanes o de imanes permanentes incorporados en su rotor. Estos bloquean el rotor en una posición determinada en relación con otro campo magnético cuando son confrontados con el mismo. La velocidad de un motor síncrono puede, por tanto, ser controlada con gran precisión en un amplio intervalo de velocidades por medio de un convertidor de frecuencia, sin necesidad de utilizar un dispositivo de retroalimentación.

Autor

Dr. Jouni Ikäheimo

ABB Oy
PO box 633
FI-65101 Vaasa
Finlandia
jouni.ikaheimo@fi.abb.com