



Des moteurs à aimants permanents pour s'affranchir des réducteurs

Jouni Ikäheimo

Utilisé depuis des décennies dans les petites applications industrielles (ex., matériel informatique) pour son rapport masse-performances avantageux, le moteur à aimants permanents prend un nouveau départ. En effet, ABB vient de développer une nouvelle technologie à aimants permanents procurant haute précision et fiabilité pour les applications nécessitant un couple élevé à petite vitesse, technologie qui permet de s'affranchir des réducteurs mécaniques dans de nombreuses installations industrielles. Premier secteur visé, l'industrie papetière dont les machines comportent de nombreux entraînements associant basse vitesse et haute précision.

Le nouveau moteur à aimants permanents est au cœur de la solution *Drive^{IT} Direct Drive*. Celle-ci est composée d'un moteur à aimants permanents *Drive^{IT}*, commandé par un variateur de vitesse basse tension *Drive^{IT}* basé sur le convertisseur de fréquence ACS 600. Le moteur est directement accouplé à la machine

à papier, sans réducteur, ni capteur de vitesse.

Le moteur à aimants permanents ABB étant une machine synchrone, il n'y a aucun glissement rotor, ce qui améliore sa précision par rapport au moteur asynchrone standard (cf. *encadré page 25*). Dans ce dernier, le glissement varie selon la vitesse

et la charge. Avec un moteur synchrone, il est plus aisé d'optimiser la vitesse, alors que l'absence de compensation de glissement améliore la commande dynamique du moteur.

Le moteur synchrone traditionnel étant mécaniquement plus complexe que le moteur asynchrone, il exige plus de main-

Le moteur à aimants permanents étant une machine synchrone, il n'y a aucun glissement rotor, supprimant le besoin de compensation. La commande du moteur gagne en précision.

Graphique: vitesse mesurée/estimée (noir/vert) et couple (rouge).

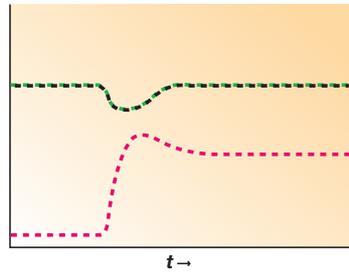
tenance. Toutefois, les aimants permanents du nouveau moteur ABB simplifient sa conception en créant un flux constant dans l'entrefer, ce qui rend inutiles les enroulements rotoriques et les balais (servant normalement à l'excitation des moteurs synchrones).

On obtient ainsi un moteur qui associe les performances du moteur synchrone à la robustesse du moteur asynchrone. Le moteur est directement alimenté au niveau du stator par le convertisseur de vitesse.

A taille inférieure, le moteur synchrone peut également fournir plus de puissance. Pour entraîner directement les rouleaux d'une machine à papier à des vitesses de 220 à 600 tr/min avec un moteur asynchrone traditionnel, il faut un moteur nettement plus gros qu'un moteur tournant à 1500 tr/min. Le nouveau moteur ABB est lui, dans la plupart des cas, de taille identique voire inférieure à celle du moteur asynchrone qu'il remplace.

Les aimants permanents sont en néodyme-fer-bore (NdFeB), dernier-né des matériaux magnétiques du marché. Le NdFeB est actuellement le matériau magnétique le plus puissant à température ambiante, avec des valeurs d'induction élevées à très hauts niveaux de magnétisation. Il présente une résistance extrême à la démagnétisation et est moins cher et moins fragile que le samarium-cobalt, autre matériau à base d'éléments de terres rares, largement utilisé dans les années 80.

A la suite de deux projets pilotes couronnés de succès, le premier système Direct Drive a été installé en août 2002 chez l'industriel papetier finlandais M-Real, sur la ligne de fabrication de matériaux d'emballage pour produits médicaux et cosmétiques.



Rendement accru et maintenance allégée

Les moteurs asynchrones standard, normalement conçus pour des vitesses de rotation de 750 à 3000 tr/min, ne sont pas adaptés aux applications à vitesse réduite car leur rendement chute avec la baisse de la vitesse. De même, ils peuvent ne pas développer un couple suffisamment régulier dans la plage des basses vitesses.

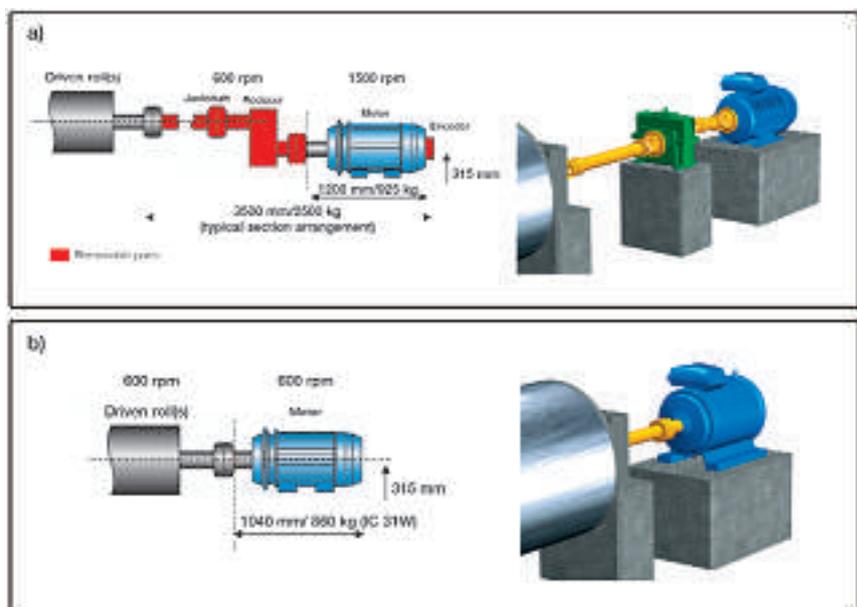
C'est pour résoudre ce type de problème qu'on a recours à un réducteur. Malheureusement, il s'agit d'un organe méca-

nique compliqué, encombrant, à la maintenance lourde et gros consommateur d'huile.

La nouvelle solution est un entraînement produisant un couple élevé et directement accouplé à la section de la machine à papier. En s'affranchissant du réducteur, l'utilisateur gagne de la place et réduit ses coûts d'installation, ne devant se préoccuper que des fondations du moteur. Direct Drive est également un facteur de liberté dans l'agencement des usines à papier. La suppression du réducteur et des balais simplifie non seulement la maintenance, mais est également source d'économies d'énergie.

Des performances élevées aux basses vitesses sont parfois obtenues en utilisant un entraînement à courant continu (c.c.). La nouvelle solution ABB concurrence l'entraînement c.c. en réduisant les dépenses de maintenance car le moteur à

Configuration d'un entraînement: a) avec moteur asynchrone standard, réducteur et arbre intermédiaire, b) solution Direct Drive



En plus de réduire la consommation énergétique, d'alléger la maintenance et d'accroître la fiabilité, le système Direct Drive aide à résoudre le problème notoire de place autour et sur les machines à papier.



aimants permanents est très robuste et sa maintenance s'apparente à celle des moteurs asynchrones standard.

Moins de composants et une configuration plus simple signifient des temps d'études raccourcis, une installation simplifiée, des fournisseurs moins sollicités, une utilisation plus rentable de l'espace et un stock de pièces de rechange minimisé.

Une configuration plus simple contribue également à accroître le taux de disponibilité des machines. Moins de maintenance implique moins d'arrêts de production et de redémarrages, donc moins de pertes de matières premières, des produits finis de meilleure qualité et une mécanique qui s'use moins. Maintenance et réparations sont également plus rapides.

La technologie de la solution Drive^{IT} Direct Drive améliore la précision de commande de l'entraînement, permettant de supprimer le capteur de vitesse, car les moteurs synchrones autorisent une com-

mande haute précision sans retour codeur. La précision atteint celle d'un moteur asynchrone commandé en vitesse variable avec retour codeur. En supprimant le capteur de vitesse, on simplifie encore plus la maintenance, avantage particulièrement apprécié des industriels du papier pour qui le manque de fiabilité des capteurs est source d'arrêts de production. Autre atout: une simplification de l'outil de production, les capteurs pouvant être difficiles à intégrer dans le système ou devant être montés en des endroits difficiles d'accès.

Le meilleur rendement électrique du nouvel entraînement a un impact immédiat sur la facture énergétique. Plus la vitesse est réduite, plus les économies sont conséquentes.

Un nouveau rôle pour un acteur chevronné

Le moteur à aimants permanents existe depuis plusieurs décennies, mais ce n'est

qu'aujourd'hui que sa technologie est appliquée aux moteurs de grosse puissance. Petit et précis, il a toujours été largement utilisé dans les montres et les disques durs. A l'autre bout de l'échelle, le plus gros moteur à aimants permanents pèse dans les sept tonnes.

Le nouveau moteur ABB est à flux radial, refroidi à l'air ou à l'eau, avec un rotor à aimants permanents. Il est proposé pour des puissances de 27 à 1 800 kW et une tension moteur type de 400/690 Vc.a. La température du rotor à aimants permanents reste naturellement basse autorisant des densités de puissance supérieures.

Comme tout moteur synchrone, le nouveau moteur ne peut être commandé que par un variateur de vitesse. Ce dernier doit cependant être en mesure de contrôler le flux des aimants permanents. La technologie ABB du contrôle direct de couple (DTC) a, pour cela, fait l'objet de développements supplémentaires.

Le système Direct Drive est basé sur les convertisseurs de fréquence ACS 600 d'ABB. La commande du moteur peut utiliser la même plate-forme matérielle que celle des moteurs asynchrones et le variateur être refroidi à l'air ou à l'eau.

Le refroidissement à l'eau offre une densité de puissance supérieure avec des armoires plus compactes, alors que les enveloppes à haut degré de protection élargissent le choix des sites de montage en minimisant les contraintes imposées aux composants du variateur.

Autre créneau :

la propulsion marine Azipod

La solution Drive^{IT} Direct Drive est destinée au départ à l'industrie papetière, ce

secteur ayant des besoins spécifiques de précision et de fiabilité dans les applications à basse vitesse. Toutefois, des solutions à aimants permanents existent depuis quelques temps, les premières applications concernant les servomoteurs et les moteurs de traction. Des moteurs à aimants permanents sont bien connus pour leur utilisation dans Azipod; le système Direct Drive constitue la première solution «standard» pour les applications industrielles à vitesse réduite.

Grâce au moteur à aimants permanents, la solution Azipod gagne en compacité et devient envisageable pour des navires de plus petit tonnage. L'expérience acquise dans les moteurs à aimants permanents avec Azipod a été mise à profit lors

du développement du système Direct Drive pour l'industrie papetière.

Autre domaine d'application en pleine expansion pour ce moteur : les aérogénérateurs des éoliennes qui tournent à vitesse réduite et pourraient bénéficier de la suppression du démultiplicateur. Les remontées mécaniques et les ascenseurs sont deux autres applications possibles.

Au fur et à mesure que les moteurs à aimants permanents gagneront du terrain, le prix des matériaux magnétiques, aujourd'hui relativement élevé, baissera. Leur utilisation pourra alors s'étendre aux entraînements industriels plus «ordinaires» avec des économies d'énergie du fait de leur rendement supérieur, les pertes étant considérablement réduites.

Actuellement, le coût à l'achat du système Direct Drive, en raison du prix élevé des matériaux, est comparable à celui d'un entraînement traditionnel avec réducteur. Comme nous l'avons précisé, les avantages se traduisent par une maintenance plus simple, un encombrement plus faible, un rendement énergétique supérieur et une fiabilité accrue. Pour toutes ces raisons, cette technologie sera réservée au départ à des applications spécialisées comme les machines à papier et les systèmes de propulsion marine Azipod. Au cours des années à venir, aucun obstacle ne devrait toutefois entraver l'essor du moteur à aimants permanents dans l'industrie.

Le glissement rotor

Principale différence entre un moteur synchrone et un moteur asynchrone : le rotor du premier est magnétisé et les aimants se déplacent à la même vitesse que le champ magnétique tournant.

La vitesse de synchronisme d'un moteur est la vitesse qu'il devrait théoriquement atteindre si elle dépendait uniquement de la fréquence réseau et du nombre de pôles du moteur. Dans un cas idéal, le rotor doit suivre scrupuleusement le champ magnétique tournant dans le stator. Dans un moteur asynchrone, toutefois, la charge provoque le glissement du rotor par rapport au champ magnétique et le frottement dans le moteur accroît encore ce glissement. L'un dans l'autre, le glissement total peut être de l'ordre de 5%.

Certains convertisseurs de fréquence intègrent une fonction de compensation de glissement. La chute de vitesse peut alors être ramenée à environ 10% du glissement nominal. Si une haute précision de commande est requise, un régulateur de vitesse avec retour codeur est utilisé.

Le rotor du moteur synchrone comporte des électro-aimants ou des aimants permanents. Ceux-ci calent le rotor dans une position donnée en présence d'un autre champ magnétique. La vitesse du moteur peut ainsi être réglée avec une très grande précision sur une large plage de vitesses en l'alimentant par un convertisseur de fréquence, sans retour capteur.

Auteur

Dr Jouni Ikäheimo

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