



HAL
open science

Etude d'une Machine à Induction integrant un Réducteur de Vitesse Magnétique

Badr El Boudour Bidouche, Thierry Lubin, Smail Mezani

► **To cite this version:**

Badr El Boudour Bidouche, Thierry Lubin, Smail Mezani. Etude d'une Machine à Induction integrant un Réducteur de Vitesse Magnétique. Symposium de Génie Electrique - SGE 2018, Université de Lorraine [UL], Jul 2018, Nancy, France. hal-01910639

HAL Id: hal-01910639

<https://hal.science/hal-01910639>

Submitted on 1 Nov 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Etude d'une Machine à Induction intégrant un Réducteur de Vitesse Magnétique

Badr-El-Boudour BIDOUCHE, Thierry LUBIN, Smail MEZANI GREEN, Université de Lorraine, 54506, Vandœuvre-Lès-Nancy, France

RÉSUMÉ – Le but de ce travail est d'étudier un entraînement fort couple basse vitesse à base d'un moteur à induction associé à un réducteur de vitesse magnétique. L'objectif étant de remplacer le système classique associant un moteur asynchrone à un réducteur de vitesse mécanique en vue d'améliorer les performances et la fiabilité. Pour cela nous utilisons des outils analytiques et numériques en vue du dimensionnement électromagnétique de la machine.

Mots-clés—Machine à induction, réducteur magnétique, entraînement basse vitesse.

1. INTRODUCTION

Nous nous proposons dans ce travail d'étudier un entraînement par moteur à induction à rotor bobiné intégrant un réducteur de vitesse magnétique qui constitue la MaGIM « Magnetically Geared Induction Machines » [1]. L'objectif est d'améliorer la fiabilité et les performances du système classique associant une machine asynchrone (MAS) à un réducteur mécanique (broyeur, concasseur...), la machine étant alimentée directement par le réseau.

Nous présentons dans ce papier le dimensionnement d'une MaGIM de 1 kW - 45 tr/min fonctionnant sur le réseau à 400 V/50 Hz. Nous utilisons pour cela des outils de calculs analytiques et numériques permettant de prédire les performances électromagnétiques du dispositif.

2. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DE LA MAGIM

Le schéma de la MaGIM est représenté sur la figure 1. Le système comporte un moteur à induction de topologie inverse (stator interne et rotor externe) et un réducteur de vitesse magnétique. Le moteur constitue la partie interne. Le réducteur de vitesse magnétique représente la partie externe de la MaGIM. Le rotor haute vitesse est la partie commune du moteur et du réducteur.

L'engrenage magnétique est composé de trois armatures. Une armature externe fixe à p_o paires de pôles. Une armature interne haute vitesse à p_i paires de pôles. Une armature centrale tournant à basse vitesse à N_s pièces ferromagnétiques.

Le principe de fonctionnement du réducteur résulte de l'interaction des champs magnétiques produits par les aimants permanents modulés par les pièces ferromagnétiques. En matière de transmission de couple, les meilleures performances du réducteur sont obtenues pour $N_s=p_o+p_i$ [2]. Ainsi, le rapport de réduction G_r est donné par :

$$G_r = \frac{N_s}{p_i} \quad (1)$$

Le stator de la machine asynchrone est couplé au réseau. Il en résulte la production d'un couple électromagnétique permettant de faire tourner le rotor à haute vitesse. Ce couple est transmis au rotor basse vitesse par l'intermédiaire des pièces ferromagnétiques dans le rapport de transmission G_r . Ce couple correspond au couple imposé par la charge. Il est important de noter que le couple moyen sur le rotor haute vitesse (moteur + réducteur) est nul.

3. DIMENSIONNEMENT DE LA MAGIM

Le dimensionnement de la MaGIM est complexe vu le nombre de paramètres géométriques et physiques à considérer. En effet, nous cherchons à concevoir le dispositif le plus compact et présentant les meilleures performances énergétiques (rendement, facteur de puissance). Il existe un compromis à faire entre les performances de la machine à induction et du réducteur. On sait que la MAS présente de meilleures performances à faible polarité [3]. Par ailleurs, les réducteurs magnétiques présentent un meilleur couple volumique lorsque G_r est compris entre 5 et 8 [4].

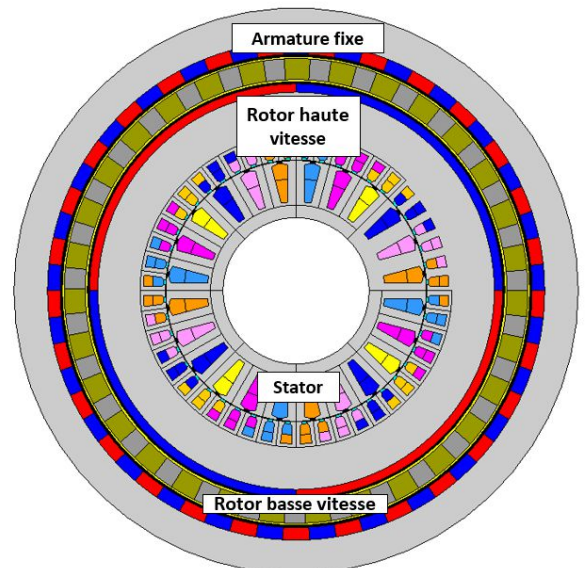


Fig. 1. Représentation de la MaGIM.

Les sous-systèmes MAS et réducteur sont magnétiquement découplés. Ainsi, leur étude peut se faire séparément. Nous commençons par dimensionner le réducteur magnétique seul puis la machine asynchrone suivant le cahier des charges énoncé précédemment.

Nous avons opté pour une structure d'engrenage magnétique à base d'aimants permanents (NdFeB) montés en surface. La MaGIM doit transmettre un couple d'environ 210 Nm. Pour tenir compte des effets 3D non pris en compte dans la modélisation 2D ainsi qu'une marge de sécurité sur les limites de stabilité (statique et dynamique), nous fixons le couple maximum à 350 Nm.

La figure 2 montre l'évolution du couple volumique en fonction du rapport de réduction Gr. On constate qu'un optimum existe pour autour de Gr=13. Pour ce choix de Gr la polarité de la MAS serait de 5. Pour cette polarité, la MAS aurait de mauvaises performances. Nous avons été amenés à choisir un Gr de 15.5 et une MAS à p=4 pour lesquelles les performances du dispositif sont acceptables.

Nous procédons ensuite au prédimensionnement de la MAS en utilisant les formules classiques de dimensionnement [3]. Nous obtenons ainsi les dimensions principales de la MaGIM qui sont indiquées dans le tableau 1.

4. PERFORMANCES

Les performances du système étudié représentées sur les figures 3 et 4 ont été obtenues à l'aide d'un logiciel de simulation par éléments finis en tenant compte des non linéarités des matériaux magnétiques.

Tableau 1 : Paramètres géométriques de la MaGIM

Réducteur magnétique	
Nombre de paires de poles du rotor interne p_i	2
Nombre de paires de poles du rotor externe p_o	29
Nombre de pièces ferromagnétiques N_s	31
Rapport de réduction G_r	15,5
Epaisseur des entrefers	2 mm
Induction rémanente aimants B_r (NdFeB)	1.2 T
Rayon externe	131 mm
Rayon interne	80.5 mm
Longueur utile	150 mm
Machine à induction	
Tension	400 V
Nombre de paires de pôles	4
Longueur utile	150 mm
Rayon d'alésage du stator	61 mm
Epaisseur de l'entrefer	0.3 mm
Nombre d'encoches au stator	24
Nombre d'encoches au rotor	48
Nombre de spires par phase au stator	296
Nombre de spires par phase au rotor	160

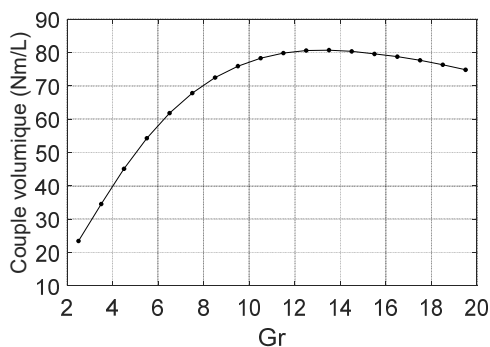


Fig. 2. Couple volumique en fonction du rapport de couple.

Sur la figure 3 sont représentés les allures du couple électromagnétique ainsi que le facteur de puissance de la machine asynchrone en fonction du glissement, avec leurs valeurs respectives fixées par le cahier des charges (points bleus sur les courbes). Au point de fonctionnement nominal, la valeur du couple électromagnétique de la MAS correspond bien au cahier des charges. Nous avons donc 14 Nm pour un glissement de 8%. Le facteur de puissance est quant à lui plus faible que la valeur fixée lors du prédimensionnement (effets de la saturation).

Nous représentons sur la figure 4. Le couple statique ainsi que le couple électromagnétique en régime permanent de la MaGIM. Nous constatons sur cette figure que la valeur désirée du couple électromagnétique est atteinte avec peu d'ondulations de couple que ce soit au niveau du rotor haute vitesse ou au niveau des pièces ferromagnétiques. Cela vient du choix de la combinaison entre p_o et p_i .

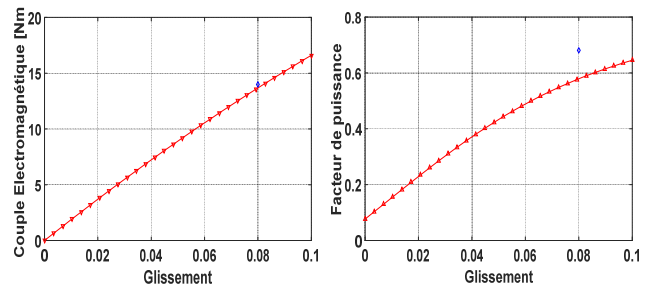


Fig. 3. Caractéristiques de la MAS.

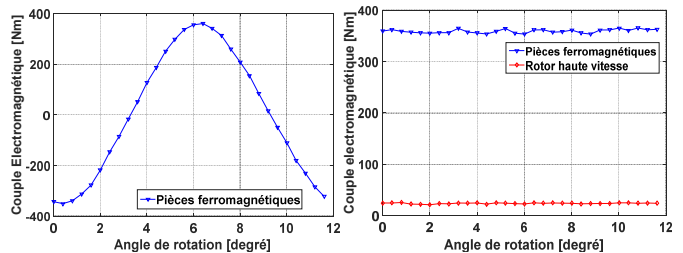


Fig. 4. Couple électromagnétique de la MaGIM

5. CONCLUSION

Dans ce papier, nous avons présenté le dimensionnement d'une MaGIM de 1 kW-45 tr/min fonctionnant sur le réseau en utilisant des outils de calculs analytiques et numériques. A cause de la complexité du dispositif, nous avons dû faire des compromis entre la machine à induction et le réducteur en matière de performances afin de dimensionner au mieux ce système.

Dans la suite de ce travail, nous allons procéder à l'étude du comportement de l'ensemble MaGIM en régime transitoire afin de déterminer les performances de la MaGIM lors d'un démarrage direct sur le réseau. Les résultats de simulation seront vérifiés à partir d'un prototype qui est en cours de réalisation.

6. REFERENCES

- [1] S. Mezani, T. Hamiti, L. Belguerras, T. Lubin, M. Rashed and C. Gerada, "Magnetically Geared Induction Machines," IEEE Trans. Magn, vol. 51, no. 11, 8111404, Nov. 2015.
- [2] K. Atallah and D. Howe, "A Novel High-Performance Magnetic Gear", IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 37, No. 4, pp. 2844-2846, July 2001.
- [3] I. Boldea & S. Nasar, "The Induction Machines Design Handbook", 2nd edition, CRC Press.
- [4] E. Gouda, "Transmission planétaire magnétique : étude, optimisation et réalisation", Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré, Nancy 1, Laboratoire GREEN, Juin 2011.