

Influence du décalage des stators sur les harmoniques dans une cascade de deux machines asynchrones

A.MAAFA*, D.Aouzellag*, K.Ghedamsi*, S.CHEKKAL*, R.Abdessemmed**

* Laboratoire de Maîtrise des Energies Renouvelables, université de Béjaia, Algérie E-mail: omaafa@yahoo.fr

** Laboratoire d'Electrotechnique de Batna, Université de Batna, Algérie

Résumé – Actuellement, La majorité des systèmes électromagnétiques sont alimentés à travers des convertisseurs statiques ce qui entraîne l'apparition d'harmoniques de temps provoquant des ondulations de couple et de courants. Le travail présenté concerne l'étude d'une cascade de deux machines asynchrones doublement alimentées avec p1 et p2 comme paires de pôles. L'objectif de ce travail est de décaler un des stators de la machine asynchrone double alimentée en cascade (MASEC) et la source qui l'alimente afin de déterminer l'angle optimal permettant de minimiser les ondulations du couple. Des résultats de simulations sont présentés et discutés.

Mots clé- Cascade de deux machines asynchrones doublement alimentées, Couplage par succession, harmonique du temps, ondulations du couple et de courants.

I. INTRODUCTION

En génie électrique, les systèmes deviennent de plus en plus complexes et l'assurance d'une grande fiabilité devient une priorité. Dans les machines à rotor bobiné, la présence du système bagues-balais réduit la fiabilité de la machine. Pour remédier à ce problème, on se propose de coupler deux machines asynchrones double alimentées (MADAs) électriquement et mécaniquement via leurs rotors, [1,5,6]. L'objectif de ce travail est de décaler un des stators de la MASEC et la source qui l'alimente avec différents angles électriques dans le but de définir l'angle optimal qui va minimiser les ondulations du couple, réduire les pertes rotorique et le taux de distorsion harmonique (THD). Dans ce qui suit, nous effectuons des analyses qualitative et quantitative qui permettront de tirer les conclusions nécessaires sur l'effet que peut avoir un tel décalage sur la réduction d'harmoniques.

II. MACHINES ASYNCHRONE EN CASCADE, COUPLAGE DIRECT

La cascade étudiée est conçue à l'aide de deux MADAs ayant un même nombre de paires de pôles MADA1 et MADA2 illustrée sur la Figure 01. Le couplage mécanique réalisé est par succession ; cependant, au lieu de coupler leurs rotors électriquement avec un raccordement direct tout en reliant les entrées des bobines du rotor d'une machine

aux sorties de l'autre. Une autre solution de couplage peut être envisagée. Celle-ci consiste à les coupler mécaniquement dans une configuration frontale avec un raccordement inverse des bobines ; c'est-à-dire avec inversion des phases statoriques. L'ensemble des couplages électriques et mécaniques est décrit dans [2].

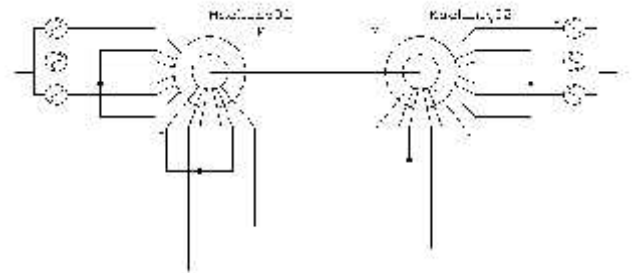


Figure 01: Machines asynchrone en cascade

III. MODELISATION DE LA CASCADE

La méthode d'analyse emploie la transformation de Park. Les équations des tensions et flux des deux MADAs se présentent comme suit [3]:

- La première machine

$$\begin{cases} v_{ds1} = R_{s1}i_{ds1} + \frac{d}{dt}\Phi_{ds1} - \check{S}_s\Phi_{qs1} \\ v_{qs1} = R_{s1}i_{qs1} + \frac{d}{dt}\Phi_{qs1} + \check{S}_s\Phi_{ds1} \\ v_{dr1} = R_{r1}i_{dr1} + \frac{d}{dt}\Phi_{dr1} - (\check{S}_s - \check{S}_{r1})\Phi_{qr1} \\ v_{qr1} = R_{r1}i_{qr1} + \frac{d}{dt}\Phi_{qr1} + (\check{S}_s - \check{S}_{r1})\Phi_{dr1} \end{cases} \quad (1)$$

- La deuxième machine:

$$\begin{cases} v_{dr2} = R_{r2}i_{dr2} + \frac{d}{dt}\Phi_{dr2} - (\check{S}_s - \check{S}_{r1})\Phi_{qr2} \\ v_{qr2} = R_{r2}i_{qr2} + \frac{d}{dt}\Phi_{qr2} + (\check{S}_s - \check{S}_{r1})\Phi_{dr2} \\ v_{ds2} = R_{s2}i_{ds2} + \frac{d}{dt}\Phi_{ds2} - (\check{S}_s - \check{S}_{r1} + \check{S}_{r2})\Phi_{qs2} \\ v_{qs2} = R_{s2}i_{qs2} + \frac{d}{dt}\Phi_{qs2} + (\check{S}_s - \check{S}_{r1} + \check{S}_{r2})\Phi_{ds2} \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{Avec: } \check{S}_{r1} = p_1\Omega, \quad \check{S}_{r2} = p_2\Omega$$

Les flux des stators et des rotors sont :

$$\begin{cases} \Phi_{ds1} = L_{s1}i_{ds1} + L_{m1}i_{dr} \\ \Phi_{qs1} = L_{s1}i_{qs1} + L_{m1}i_{qr} \\ \Phi_{dr1} = L_{r1}i_{dr} + L_{m1}i_{ds1} \\ \Phi_{qr1} = L_{r1}i_{qr} + L_{m1}i_{qs1} \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \Phi_{ds2} = L_{s2}i_{ds2} - L_{m2}i_{dr} \\ \Phi_{qs2} = L_{s2}i_{qs2} - L_{m2}i_{qr} \\ \Phi_{dr2} = -L_{r2}i_{dr} + L_{m2}i_{ds2} \\ \Phi_{qr2} = -L_{r2}i_{qr} + L_{m2}i_{qs2} \end{cases} \quad (4)$$

La Modélisation du couplage électrique des deux rotors est exprimée comme suit:

$$\begin{cases} v_{dr1} = -v_{dr2} = v_{dr} \\ v_{qr1} = -v_{qr2} = v_{qr} \end{cases} \quad (5) \quad \begin{cases} i_{dr} = i_{dr1} = i_{dr2} \\ i_{qr} = i_{qr1} = i_{qr2} \end{cases}$$

L'expression du couple électromagnétique est:

$$T_e = p_1 L_{m1} (i_{dr} i_{qs1} - i_{ds1} i_{qr}) + p_2 L_{m2} (i_{dr} i_{qs2} - i_{ds2} i_{qr}) \quad (7)$$

IV. ALIMENTATION DE LA MASEC AVEC DEUX ONDULEURS

L'association de la MASEC avec deux onduleurs de tension, à commande M.L.I est donnée par la figure 02.

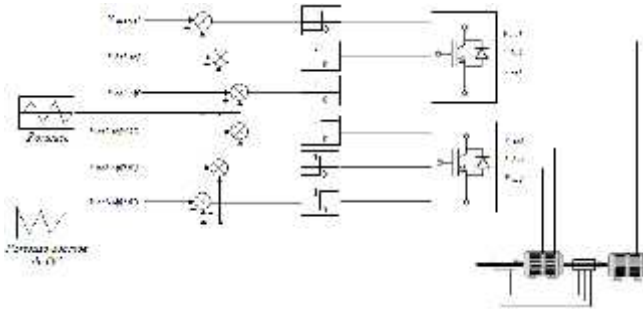


Figure 02 : Association MASEC-onduleurs de tension à commande M.L.I

Harmonique du couple

L'ondulation du couple électromagnétique d'une machine créée par une séquence MLI peut être caractérisée par [4]:

$$\Delta C_e = \frac{C_{eMax} - C_{eMoy}}{C_{eNom}} \quad (8)$$

V. SIMULATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Dans ce qui suit, on va présenter les résultats de simulation pour un décalage d'angles $\alpha = 30^\circ$. Pour déterminer le taux de distorsion harmoniques (THD), total qui est défini comme étant le rapport de la valeur efficace globale des harmoniques (c'est à dire leur somme quadratique) à la valeur efficace de la composante fondamentale, on va analyser une séquence de temps entre [1.4s-1.42s] qui correspond à la période du courant.

On alimente le premier stator avec un système triphasé ordinaire et on décale la deuxième source de l'angle α à travers deux onduleurs de tension.

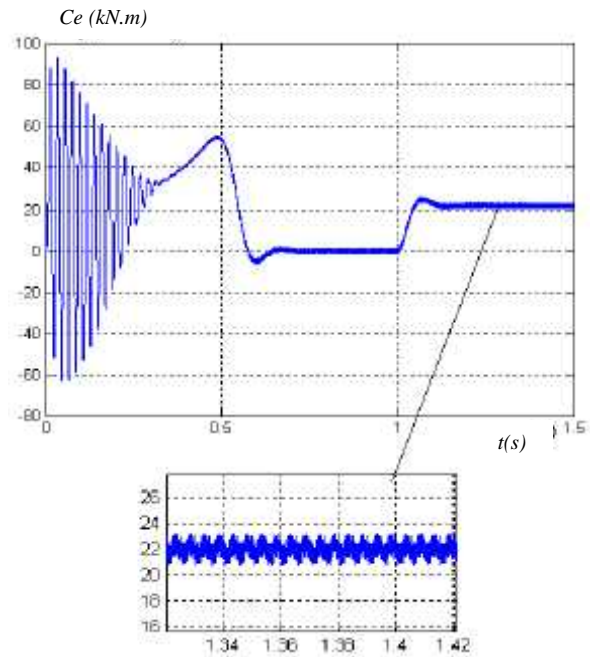


Figure 03: Couple électromagnétique et son zoom.

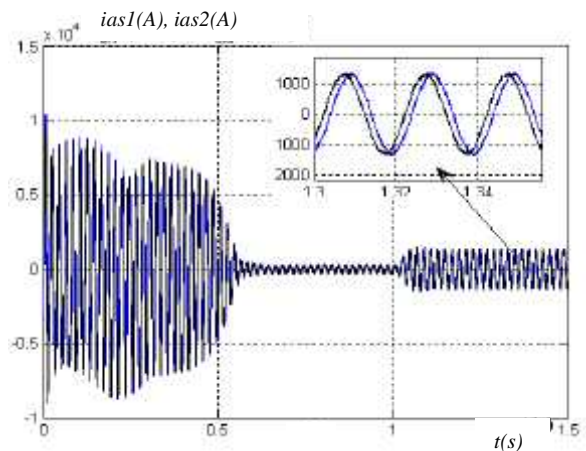


Figure 04: Courants des deux stators et leur zoom.

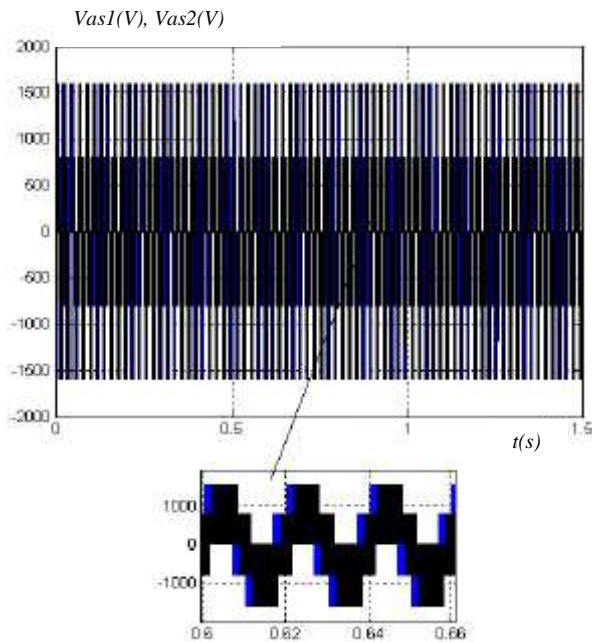


Figure 05: Tension simple des deux stators et leurs

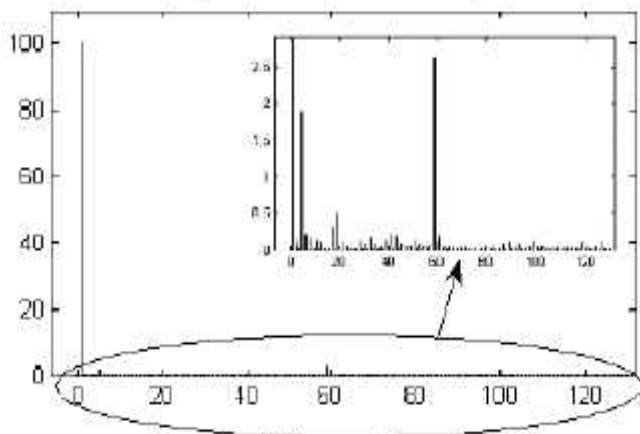


Figure 06 : FFT(%) du courant d'une phase

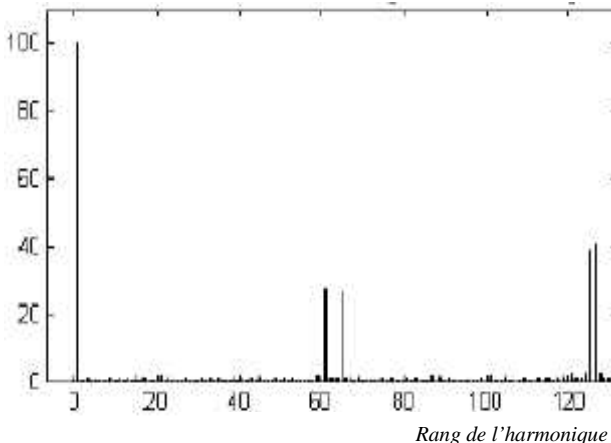


Fig 07 : FFT(%) de la tension composée d'une phase

(09) et 10 représentent les simulations pour des angles de décalage $= 0^\circ, 15,45, 60$:

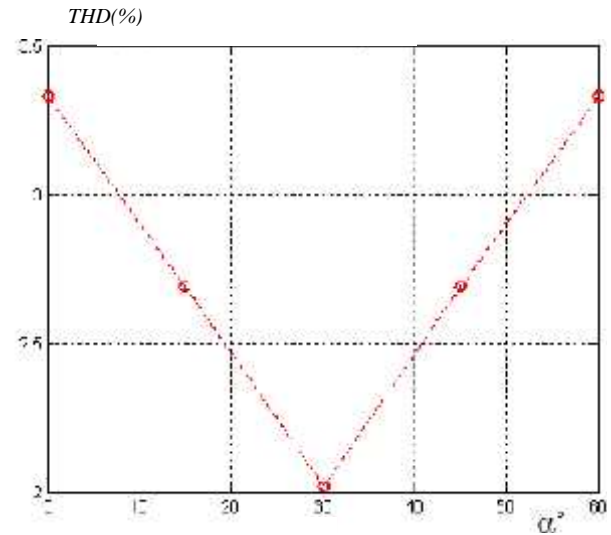


Figure 08 :THD(%) du courant en fonction de

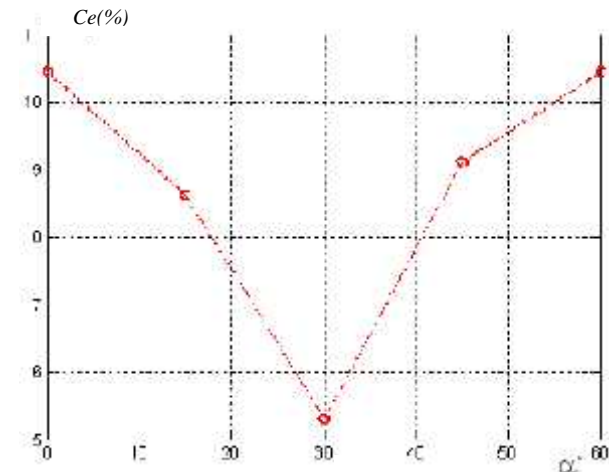


Figure 09 : Variation du couple électromagnétique en fonction de

Le décalage de $= 30$ apparaît sur les courants de la figure (04) et les tensions simples de la figure (05). On remarque que l'ondulation du couple est réduite, figure (3).

La figure (06) représente la tension composée au borne de l'un des stators. Le spectre de la FFT dans la figure (07) montre que les familles harmoniques sont centrées autour de certaines fréquences. La figure (08) montre la FFT de la tension composée, les harmoniques multiples de trois sont éliminés.

Dans la figure (09), Le THD du courant est minimale pour un angle optimal $= 30$. Même chose pour la figure (10) où la variation du couple électromagnétique est minimale pour $= 30$.



VI. CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons présenté l'étude d'une cascade deux machines asynchrones à rotor bobiné, plus précisément, l'optimisation de l'angle de décalage entre l'un des stators de la machine et la source qui l'alimente afin de minimiser les ondulations du couple et le THD des courants. Les résultats de simulation montrent que, pour un angle de décalage $= 30^\circ$:

- L'ondulation du couple est minimale;
- Le THD du courant a une valeur minimale.

Le décalage de l'un des stators d'un angle électrique $\alpha=30^\circ$ par rapport au second et la source qui l'alimente avec le même angle est une solution attractive dans le cas d'une cascade de deux machines asynchrones.

VII. REFERENCES

- [1] A. MAAFA, "Etude d'un Générateur Eolien Base sur la Cascade de deux Machines Asynchrones Pilote par un Convertisseur de Fréquence" mémoire de magister, Batna - 2011.
- [2] N. Patin, E. Monmasson, J.-P. Louis, Modeling and Control of a Cascaded Doubly-Fed Induction Generator based on Dynamical Equivalent Circuits, *Mathematics and Computers in Simulation (2008)*, doi:10.1016/j.matcom.2010.04.016
- [3] A. MAAFA "Study of the Cascade Doubly Fed Induction Machine (CDFIM)", International Conference on Electrical, Electronics and Automatic 10 University of Bejaia 02-03 November 2010 .Algeria, (2010).
- [4] D. HADIOUCHE, "Contribution à l'Etude de la machine Asynchrone Double Etoile : Modélisation, Alimentation et Structure," thèse de doctorat. Université Henri Poincaré, Nancy-I.France,(2001).
- [5] K.Ghedamsi, D. Aouzellag, «Modeling and Control of Cascaded Induction machine in Wind Energy Generator, », *3rd International Conference on Electrical Engineering Design and Technologies*, Oct. 31 – Nov. 02, 2009 Sousse, Tunisia.
- [6] M. Adamowicz, R. Strzelecki, "Cascaded Doubly Fed Induction Generator for Mini and Micro Power Plants Connected to Grid", 13th International Power Electronics and Motion Control Conference (EPE-PEMC 2008). 978-1-4244-1742-1/08/\$25.00 C2008 IEEE.

VIII. PARAMETRES DE MASEC

Les deux machines utilisées, sont identique :

$$P=1.5 \text{ MW} ; V_g=690\text{V}$$

$$P_1=P_2=2; f_1=f_2=: 0.0071\text{N.m.s/rad}; J_1=J_2=50 \text{ kg.m}^2.$$

$$R_{s1}= R_{s2}= 0.012 ; R_{r1}= R_{r2}= 0.021 ;$$

$$L_{s1}= L_{s2}= 0.0137\text{H}; L_{r1}= L_{r2}= 0.0137 \text{ H} ;$$

$$L_{m1}=L_{m1}= 0.0135\text{H};$$

IX. NOMENCLATURE

$V_{ds1}, V_{qs1}, V_{dr1}, V_{qr1}$: Tension biphasée du stator 1 et du rotor 1 respectivement.

$V_{ds2}, V_{qs2}, V_{dr2}, V_{qr2}$: Tension biphasée du stator 2 et du rotor 2 respectivement.

$\Phi_{ds1}, \Phi_{qs1}, \Phi_{dr1}, \Phi_{qr1}$: Flux biphasé du stator 1 et du rotor 1 respectivement.

$\Phi_{ds2}, \Phi_{qs2}, \Phi_{dr2}, \Phi_{qr2}$: Flux biphasé du stator 2 et du rotor 2 respectivement.

$i_{ds1}, i_{qs1}, i_{dr1}, i_{qr1}$: Courants biphasé du stator 1 et du rotor 1 respectivement.

$i_{ds2}, i_{qs2}, i_{dr2}, i_{qr2}$: Courants biphasé du stator 2 et du rotor 2 respectivement.

R_{s1}, R_{r1} : Résistance du stator 1 et du rotor 1.

R_{s2}, R_{r2} : Résistance du stator 2 et du rotor 2.

L_{s1}, L_{r1} : Inductance cyclique du stator 1 et du rotor 1.

L_{s2}, L_{r2} : Inductance cyclique du stator 2 et du rotor 2.

L_{m1}, L_{m1} : Inductance mutuelle des machines 1 et 2