

# Machine Asynchrone à Double Alimentation

Xavier Lagorce

26 Février 2010

## 1 Principe du montage

### 1.1 Contexte

Le but de ce montage est de réaliser la commande d'une MADA<sup>1</sup> en vue de son utilisation pour la production de puissance dans un système éolien.

Pour convertir la puissance mécanique produite par le vent en énergie électrique transmise au réseau, plusieurs solutions s'offrent à nous :

- Utilisation d'une machine asynchrone à vitesse fixe directement reliée au réseau.
- Utilisation d'une machine asynchrone à vitesse variable dont on va redresser puis onduler les tensions de sortie pour la coupler sur le réseau.
- Une MADA à vitesse variable dont le stator est relié au réseau et dont on commande les courants statoriques grâce à un onduleur.

Pour voir l'intérêt de ce montage, il est alors nécessaire de comparer ces différentes méthodes.

### 1.2 Puissance Éolienne et vitesse de rotation

Tout d'abord, considérons l'influence de l'utilisation d'une solution à vitesse fixe ou à vitesse variable.

On peut montrer que la puissance transportée par le vent est d'autant plus importante que la vitesse du vent est grande. Mais la puissance transmise à l'arbre moteur de l'éolienne va dépendre de la vitesse de rotation de ce dernier.

La loi de Betz nous permet alors d'affirmer qu'il existe une vitesse de rotation optimale pour laquelle la puissance récupérée sur l'arbre moteur est maximale.

En conséquence, si notre machine tourne à vitesse fixe, on ne pourra pas se placer à cette vitesse optimale puisque cette dernière dépend de la vitesse du vent.

Les solutions à vitesse variable sont donc plus performantes car permettent d'extraire plus de puissance du vent.

### 1.3 Architecture et transfert de puissance

Commençons par considérer la méthode utilisant une machine synchrone, un redresseur et un onduleur.

---

<sup>1</sup>Machine Asynchrone à Double Alimentation

Si on regarde les flux de puissance au travers des différents éléments du système, on peut voir que l'intégralité de la puissance mécanique récupérée va transiter au travers de l'étage d'électronique de puissance.

Cet étage va donc ainsi devoir être dimensionné pour la puissance nominale de l'éolienne, ce qui engendre des coût et éventuellement une complexité accrue.

Par ailleurs, si on considère la solution qui nous intéresse ici, c'est à dire une MADA dont les courants statoriques sont pilotés par un onduleur et dont le stator est directement relié au réseau, nous allons montrer dans la suite que la plus grande part de la puissance transite par le stator de la machine.

Ceci va permettre de réduire la puissance nominale de l'électronique de puissance associée à la machine et donc de réduire le coût de l'installation.

## 1.4 Bilan de puissance

On va étudier le mode éolien de notre système, c'est à dire que l'hélice va fournir de la puissance à l'arbre moteur et que le stator de la MADA va fournir de la puissance au réseau. On néglige de plus toutes les pertes sauf les pertes par effet Joule au rotor.

Il vient alors :

$$P_{\text{rotor}} = P_{\text{Jr}} + P_{\text{ext}} = \Gamma_{\text{machine}}(\Omega_s - \Omega) = gP_{\text{stator}}, \quad (1)$$

en posant  $g = \frac{\omega_r}{\omega_s}$  le glissement.

On voit donc que la puissance qui va traverser le rotor de la MADA, et donc notre étage d'électronique de puissance, est d'autant plus faible que le glissement est petit.

Par exemple, si on s'arrange pour limiter le glissement à 30%, la puissance traversant l'étage d'électronique de puissance sera limité à 30% de la puissance nominale de la machine.

## 2 Montage

### 2.1 Objectifs

Vu ce qui a été énoncé précédemment, notre système de commande doit permettre de générer un système triphasé à 50 Hz à partir d'un arbre moteur à vitesse variable.

Pour ce montage, on utilisera un banc de comportant trois machines :

- Une machine à courant continu qui va permettre de modéliser le couple apporté par l'hélice et donc d'entraîner l'arbre moteur à vitesse variable.
- Une MADA que l'on va devoir commander
- Une machine synchrone qui va nous permettre de réaliser un phaseur.

Pour obtenir en sortie de la MADA un système de tensions à 50 Hz, on utilisera la relation fondamentale reliant les pulsations des grandeurs dans la machine asynchrone :

$$\omega_s = \omega_r + p\Omega \quad (2)$$

*Omega*, correspondant à la vitesse de rotation de l'arbre moteur, est imposé par la MCC.

Le réglage de  $\omega_r$  va donc permettre d'obtenir le  $\omega_s$  souhaité. Pour plus de flexibilité, on même imposer la relation suivante :

$$\theta_s = \theta_r + p\Theta. \quad (3)$$

Ceci va permettre d'obtenir la relation précédente mais aussi de contrôler la phase de notre système triphasé, ce qui facilitera le couplage sur le réseau.

Pour cela, nous aurons besoin tout d'abord de déterminer la valeur de  $\Theta$ , puis ensuite d'imposer les courants rotoriques.

## 2.2 Mesure de la position angulaire de l'arbre moteur

Pour mesurer la position angulaire de l'arbre moteur, on va utiliser un phaseur dont le schéma bloc est représenté figure 1

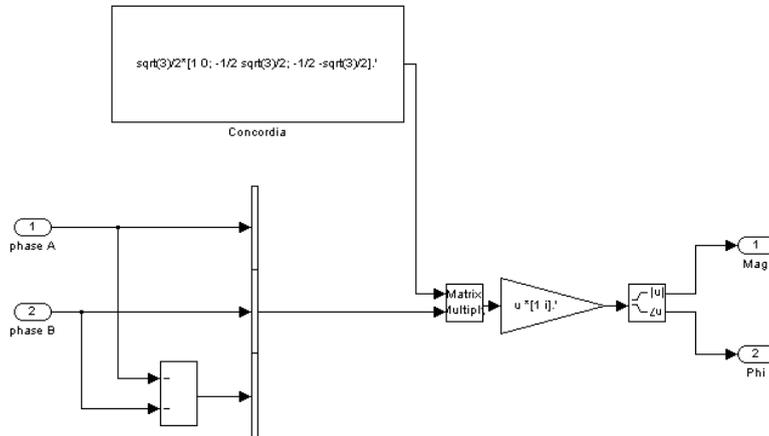


FIG. 1 – Phaseur permettant d'obtenir la position angulaire d'un système triphasé

Pour le réaliser, on va utiliser la machine synchrone présente sur le banc. En effet, à partir du système triphasé au stator de la machine (dont la phase nous indique la position angulaire de l'arbre moteur), on déduit la représentation diphasée équivalente exprimée en complexe grâce à la transformation de Concordia.

L'argument de ce nombre complexe correspond alors à la phase recherchée.

## 2.3 Génération des courants statoriques

Pour générer les courants statoriques, on va utiliser un onduleur de tension commandé en courant grâce à un correcteur par hystérésis.

Le schéma de la commande est représenté figure 2

On utilise d'une part le phaseur décrit précédemment pour obtenir la position angulaire mécanique du système. D'autre part, on génère une consigne angulaire correspondant à la pulsation désirée des tensions statoriques.

La relation exprimée ci-avant sur les pulsations des grandeurs dans la machine asynchrone nous permet alors de déterminer la consigne de courant à appliquer dans chacune des phases du rotor de la MADA.

Ce système nous permet ainsi de générer un réseau triphasé 50 Hz en sortie du stator de la MADA quelle que soit la vitesse de rotation de l'arbre moteur.

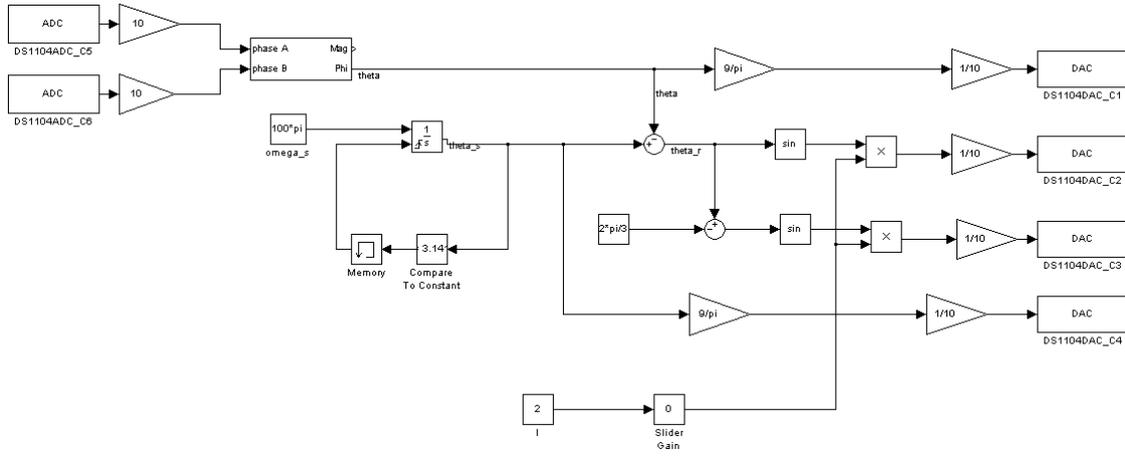


FIG. 2 – Génération des courants statoriques de la MADA

## 2.4 Couplage sur le réseau

### 2.4.1 Modification de la commande

Pour coupler la MADA sur le réseau, on va quelque peu raffiner la commande précédente comme indiqué sur la figure 3.

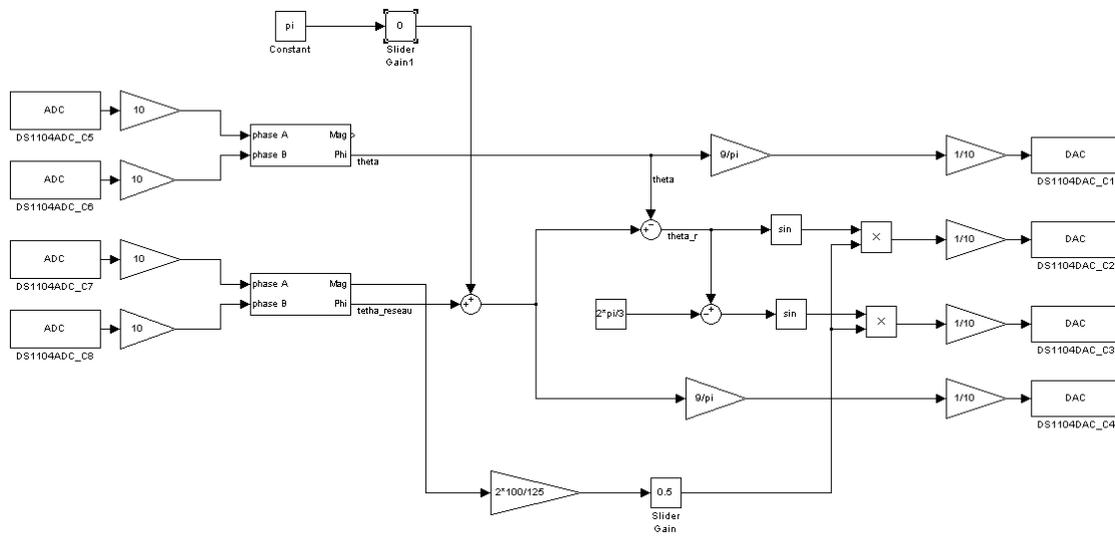


FIG. 3 – Couplage de l'éolienne au réseau

On peut voir que l'on a remplacé la génération d'une consigne angulaire arbitraire pour le stator par un phaseur qui mesure la position angulaire du système triphasé du réseau. Ainsi, on va imposer des pulsations statoriques en phase avec la tension réseau ce qui va permettre un couplage aisé.

(On pourra remarquer que le schéma-bloc comporte un élément permettant de régler le déphasage entre le “réseau” en sortie de la MADA et le réseau. Ceci permet, dans une approche pédagogique de montrer sur un interrupteur à lampes que les tensions sont bien en phases).

### 2.4.2 Procédure de couplage

Pour coupler l'éolienne au réseau, on va suivre la procédure suivante :

- On démarre le système avec le stator de la MADA relié sur une charge<sup>2</sup>.
- On règle ensuite l'amplitude des courants statoriques de manière à ce que tensions statoriques de la MADA aient même amplitude que les tensions du réseau<sup>3</sup>.
- On couple la MADA sur le réseau.
- On débranche la charge maintenant située en parallèle du réseau.
- On peut maintenant réguler le transit de puissance vers le réseau.

### 2.4.3 Régulation de la puissance

En effet, une fois la machine couplée sur le réseau, on peut agir sur l'amplitude des tensions induites au stator de la MADA ainsi que sur leur déphasage avec le réseau.

Le réglage de l'amplitude de ces tensions va permettre de régler la puissance réactive absorbée dans la machine (différence de tension aux bornes de l'inductance statorique). Le déphasage va ensuite permettre de régler la puissance active fournie au réseau.

---

<sup>2</sup>Ceci permet de pouvoir effectivement imposer les courants rotoriques souhaités et donc d'obtenir les tensions statoriques désirées.

<sup>3</sup>Ceci n'est pas réalisé automatiquement dans le schéma de commande car il n'y a plus d'entrée disponible sur la carte dSpace pour mesurer la tension statorique de la MADA. Seule l'amplitude des tensions réseau peut alors être déterminée par l'intermédiaire du phaseur.