

TP N°03 Simulation Numérique de la Commande Vectorielle d'une Machine Synchrone à Aimants Permanents (MSAP)

Objectif :

L'objectif de la commande vectorielle de la MSAP est d'améliorer son comportement dynamique. Le principe de la commande vectorielle est identique à celui de la commande d'une machine à courant continu à excitation séparée. Il faut cependant se placer dans un repère particulier où le couple électromagnétique s'exprime simplement en fonction des composantes des courants suivant les deux axes (axe d et axe q). L'objectif de ce TP est de simuler la commande vectorielle d'un moteur synchrone à aimants permanents en utilisant le logiciel Matlab et l'interface graphique Simulink.

Modélisation de la MSAP :

Les machines synchrones en général, sont alimentées au stator par des enroulements triphasés et au rotor par une tension continue. Alimentée à fréquence constante, sa vitesse est synchrone avec le champ tournant et ne dépend que de la fréquence de l'alimentation et du nombre de pôles de la machine. Les équations statoriques de la machine exprimées dans le référentiel de Park lié au rotor sont :

$$\begin{cases} V_d = R_s i_d + \frac{d\varphi_d}{dt} - \omega \varphi_q \\ V_q = R_s i_q + \frac{d\varphi_q}{dt} + \omega \varphi_d \end{cases} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \varphi_d = L_d i_d + \varphi_f \\ \varphi_q = L_q i_q \end{cases} \quad (1)$$

Où : L_d et L_q sont respectivement les inductances statoriques d'axe direct et en quadrature.

La connaissance du couple électromagnétique est essentielle pour l'étude de la machine et sa commande et l'expression de ce terme est exprimée par:

$$C_e = p \left[(L_d - L_q) i_d i_q + \varphi_f i_q \right] \quad (2)$$

L'équation mécanique est donnée par la relation suivante :

$$J \frac{d\Omega}{dt} = C_e - C_r - f \Omega \quad (3)$$

Avec: f , J , C_r et Ω sont respectivement le coefficient des frottements visqueux, le moment d'inertie des masses tournantes, le couple de charge et la vitesse mécanique de rotation.

Principe de la commande vectorielle d'une MSAP :

L'idée fondamentale de cette méthode de commande est de ramener le comportement de la MSAP à celui d'une MCC. Si le courant i_d est dans la même direction que le flux rotorique, le flux statorique suivant l'axe (d) s'ajoute au flux des aimants, ce qui donne une augmentation au flux d'entrefer. D'autre part, si le courant i_d est négatif, le flux statorique sera en opposition à celui du rotor, ce qui donne une diminution du flux d'entrefer (défluxage). Le courant i_d doit être nul, lorsque le système travaille à couple optimal linéaire. On a donc :

$$\begin{cases} i_d = 0 \Rightarrow i_q = I_s \\ \varphi_d = \varphi_f \end{cases} \quad (4)$$

Le couple électromagnétique devient :

$$C_e = p \varphi_f i_q \quad (5)$$

Comme le flux est constant, le couple est directement proportionnel à i_q . La figure (1) représente la structure générale d'une commande vectorielle d'une MSAP.

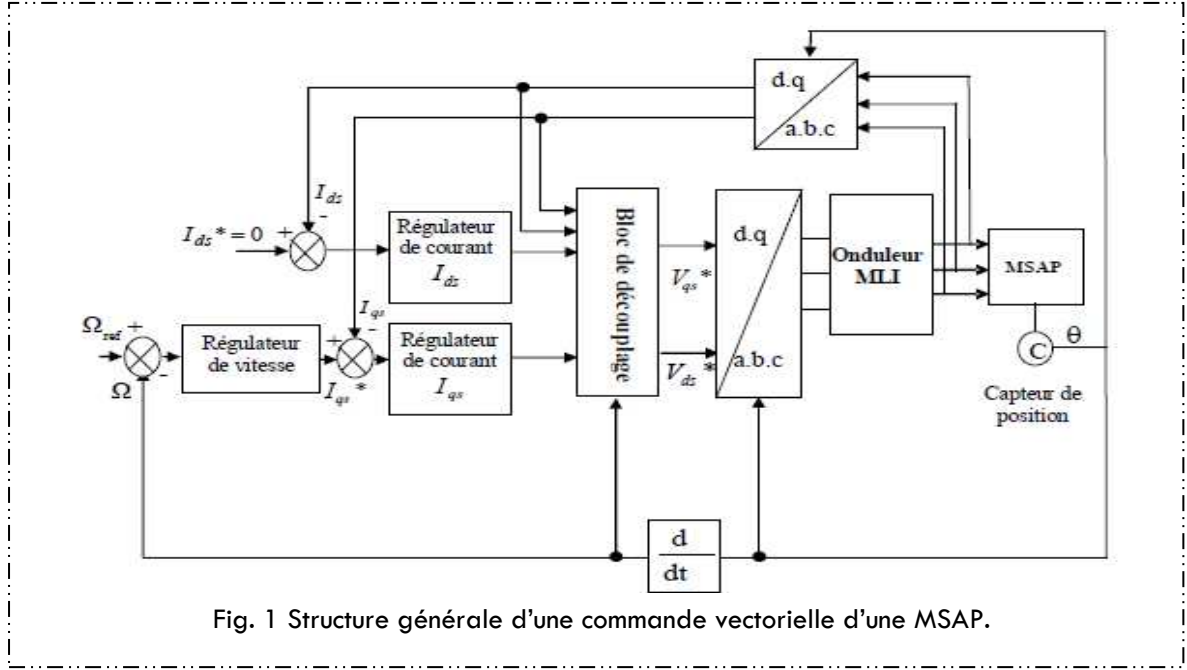


Fig. 1 Structure générale d'une commande vectorielle d'une MSAP.

Découplage entrée-sortie par compensation :

On tient à signaler ici que le schéma bloc de la structure de commande en tension contient un bloc de compensation dont les équations sont données comme suit :

$$\begin{cases} V_d = V_{d1} - E_d \\ V_q = V_{q1} - E_q \end{cases} \quad (6)$$

Posons :

$$\begin{cases} E_d = \omega L_d i_d + \omega \phi_f \\ E_q = \omega L_q i_q \end{cases} \quad (7)$$

Les tensions V_d et V_q sont alors reconstituées à partir des tensions V_{d1} et V_{q1} .

Travail à faire :

Sous l'environnement Matlab/Simulink, simuler le comportement du système de commande donné par la Figure 1.

Paramètres de la MSAP :

$R_s = 1.4 \, \Omega$, $p = 3$, $\phi_f = 0.1564 \, \text{Wb}$, $L_d = 0.0066 \, \text{H}$, $L_q = 0.0058 \, \text{H}$, $J = 0.00176 \, \text{Kg.m}^2$, $f = 0.0003881 \, \text{N.m.s/rad}$