

Commande indirecte en courant

L'objectif de cette partie est d'implémenter une commande vectorielle à flux rotorique orienté basée sur une commande indirecte en courant de la machine asynchrone (le contrôle des courants sera réalisé au moyen de comparateurs à hystérésis, le flux sera contrôlé en boucle ouverte).

1 Équations de la machine.

La commande vectorielle à flux rotorique orienté suppose que l'axe d est toujours aligné sur le vecteur flux du rotor, alors $\psi_{rq}=0$ et $\frac{d\psi_{rq}}{dt}=0$. Dans ce cas, on montre les relations suivantes :

- $\psi_{rd} + \tau_r \frac{d\psi_{rd}}{dt} = M i_{sd}$ [1] avec $\tau_r = \frac{L_r}{R_r}$ (constante de temps du rotor)

- $\omega_r = \frac{M i_{sq}}{\tau_r \psi_{rd}}$ [2]

- $c_e = p \frac{3}{2} \frac{M}{L_r} \psi_{rd} i_{sq}$ [3]

La relation [1] montre que le flux ψ_{rd} est contrôlé par le courant i_{sd} .

La relation [2] permet d'orienter le repère dq par rapport au stator (afin qu'il soit correctement aligné avec le flux du rotor) par la relation :

$$\theta_s = \theta_r + p \Theta = \int (\omega_r + p \Omega) dt$$
 [4]

La relation [3] montre que si le flux ψ_{rd} est constant, le couple électromagnétique est proportionnel au courant i_{sq} .

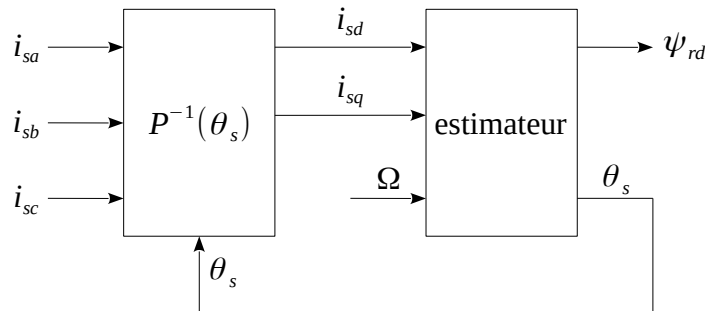
Travail théorique :

- En vous aidant des relations du document de cours, montrer les relations [1], [2] et [3].
- Déterminer la fonction de transfert $H_\psi(s) = \frac{\psi_{rd}(s)}{i_{sd}(s)}$.

2 Estimation de l'amplitude et de la position du flux du rotor.

Le flux du rotor n'est pas directement mesurable, il est donc nécessaire de l'estimer ou de l'observer. Un estimateur simule en boucle ouverte le comportement de la machine. Il est simple à mettre en œuvre mais est sensible aux variations paramétriques de part sa structure en boucle ouverte et les hypothèses sur lesquelles il s'appuie.

Pour déterminer l'amplitude et la position du flux ψ_{rd} , on propose de réaliser l'estimateur représenté ci dessous.



Travail pratique :

- A partir des relations [1], [2] et [4], créer avec Simulink l'estimateur de flux et d'angle.
- Mettre en œuvre cet estimateur en simulant son fonctionnement lors d'un démarrage à vide sous pleine tension de la machine. En déduire la valeur en régime permanent du flux du rotor ψ_{rd} (cette valeur servira de référence de flux pour la suite).

3 Commande indirecte en courant.

Le schéma de commande indirecte en courant est représenté dans le fichier « schéma de la commande indirecte ».

- ✕ Le flux de référence $\psi_{rd\text{ réf}}$ sera égal à 0,5 Wb (valeur approximative du flux du rotor obtenu au moyen de l'estimateur lors du démarrage à vide sous pleine tension dans la partie 2).
- ✕ La vitesse de référence $\Omega_{\text{réf}}$ sera égal à 150 rad/s.
- ✕ Le flux est contrôlé en boucle ouverte. L'intensité du courant $i_{sd\text{ réf}}$ est élaborée à partir du flux de référence $\psi_{rd\text{ réf}}$. On compense la constante de temps naturel du processus

$$\psi_{rd} = f(i_{sd}) \text{ par un compensateur à avance de phase de fonction de transfert } \frac{1}{M} \frac{1 + \tau_r s}{1 + \tau s}$$

(τ sera alors la nouvelle constante de temps de ce processus).

- ✕ L'angle d'orientation θ_s du référentiel dq est élaboré à partir de la référence du flux (et non du flux réel).

- ✕ La vitesse est contrôlée en boucle fermée au moyen d'un correcteur PI élaborant la référence de couple $c_{e\text{ réf}}$.

Travail théorique :

- En supposant que $\psi_{rd} = \psi_{rd\text{ réf}}$, inverser les relation [2] et [3] pour justifier la loi de commande du schéma.
- Déterminer la fonction de transfert $H_{\Omega}(s) = \frac{\Omega(s)}{c_e(s)}$.
- Déterminer les paramètres du correcteur PI permettant d'obtenir pour la fonction de transfert $\frac{\Omega(s)}{\Omega_{\text{réf}}(s)}$ une constante de temps en boucle fermée égale à 0,3 s.

Travail pratique

- En utilisant l'onduleur et la transformée de Park précédemment réalisés, élaborer avec Simulink la commande indirecte en courant de la machine (on choisira une largeur d'hystérésis de $\pm 0,5A$, une tension continue U_0 égale à 700V et une constante de temps τ égale à la moitié de la constante de temps du rotor τ_r).
- Valider le fonctionnement de la commande en observant le flux, le couple et la vitesse. Observer et commenter les courbes.