

Commande scalaire d'une machine asynchrone contrôlée en courant

On considère une machine asynchrone triphasée tétrapolaire ($p = 2$). Son modèle par phase, en régime permanent sinusoïdal, a été identifié ; il est donné à la figure 1 dans l'hypothèse de la localisation des fuites magnétiques au stator et de pertes ferromagnétiques négligeables.

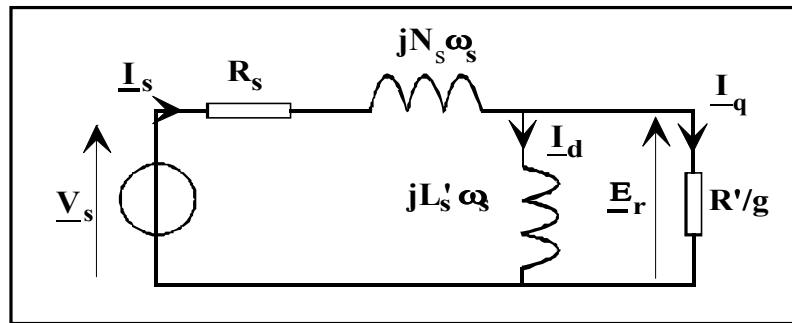


Figure 1 Modèle par phase, à fuites localisées au stator.

ω_s est la pulsation des tensions statoriques ;

ω_r est la pulsation des courants rotoriques ;

$g = \omega_s / \omega_r$ est le glissement.

On donne : $R_s = 16 \text{ m}\Omega$, $N_s = 200 \text{ }\mu\text{H}$, $L'_s = 8 \text{ mH}$, $R' = 11 \text{ m}\Omega$,

valeurs nominales (indice n) :

$\omega_{sn} = 100\pi \text{ rad/s}$, $\omega_{rn} = 2,5\pi \text{ rad/s}$, $I_{sn} = 883 \text{ A}$.

1-. Fonctionnement nominal

- 1.1 Établir l'expression complexe de $\underline{V}_s$ en fonction de $\underline{I}_s$ et des éléments du modèle ; en déduire la valeur efficace V_{sn} .
- 1.2 Déterminer les expressions de $\underline{I}_d$, $\underline{I}_q$ en fonction de $\underline{I}_s$ et des éléments du modèle ; en déduire les valeurs efficaces I_{dn} , I_{qn} .
- 1.3 Exprimer la puissance transmise P_T du stator au rotor en fonction de I_q puis de I_s ; en déduire l'expression du couple électromagnétique c_e en fonction de I_s et ω_r . Calculer la valeur nominale du couple. Pour quelle valeur ω_{rM} de ω_r , le couple est-il maximal (à I_s constant) ? Quelle est l'expression du couple maximal C_{eM} en fonction de I_s ?

2-. On considère la commande scalaire de la machine (mode électromécanique dominant) dans laquelle ω_r est constamment égale à ω_{rM} , de sorte que la seule grandeur influente du couple est le courant I_s .

- 2.1 Déterminer la relation entre V_s et I_s , à $\omega_r = \omega_{rM}$.
- 2.2 Établir le Graphe Informationnel Causal sur la machine accouplée à un système mécanique, la grandeur influente d'entrée étant I_s .
- 2.3 Indiquer, sous la forme d'un graphe, comment est effectué le réglage de l'onduleur de tension (V_s , ω_s) à partir de la connaissance de ω_{rM} , Ω (la vitesse angulaire) et $I_s = I_{sREG}$.
- 2.4 Proposer, après justification, le graphe de la commande.

Corrigé succinct

1. Fonctionnement nominal

$$1.1 \quad \underline{V}_s = \underline{I}_s \left[R_s + jN_s \omega_s + \frac{(R'/g)jL'_s \omega_s}{(R'/g) + jL'_s \omega_s} \right]; \quad g\omega_s = \omega_r$$

$$V_s = I_s \sqrt{\frac{(R_s R' - L'_s N_s \omega_s \omega_r)^2 + L_s'^2 (R' \omega_s + R_s \omega_r)^2}{R'^2 + L_s'^2 \omega_r^2}} = 0,453 I_s \Rightarrow V_{sn} = 400 \text{ V}$$

1.2 Division de courant :

$$\underline{I}_d = \underline{I}_s \frac{R'}{R' + jL'_s \omega_r}, \quad \underline{I}_q = \underline{I}_s \frac{jL'_s \omega_r}{R' + jL'_s \omega_r} \Rightarrow I_{dn} = 152 \text{ A}, \quad I_{qn} = 870 \text{ A}$$

$$1.3 \quad P_T = 3(R'/g)I_q^2 = 3 \frac{R' \omega_s}{\omega_r} \frac{L_s'^2 \omega_r^2}{R'^2 + L_s'^2 \omega_r^2} I_s^2 = C_e(\omega_s / p), \quad C_e = 3p \frac{R' L_s'^2 \omega_r}{R'^2 + L_s'^2 \omega_r^2} I_s^2$$

$$\Rightarrow C_{en} = 6360 \text{ Nm}; \quad \omega_{rM} = R'/L'_s = 1,375 \text{ rad/s}, \quad C_{eM} = 3L'_s I_s^2$$

2. Commande scalaire [J.P. Caron, J.P. Hautier . *Systèmes électrotechniques - Applications industrielles - Problèmes et solutions. Problème 7*. Editions Technip, Paris 2000], [J.P. Caron, J.P. Hautier. *Modélisation et commande de la machine asynchrone*. Editions Technip, Paris 1995]

$$2.1 \quad \underline{V}_s = (R_s + jN_s \omega_s + jL'_s \omega_s / 2) \underline{I}_s \Rightarrow V_s = \sqrt{(R_s)^2 + (N_s + L'_s/2)^2 \omega_s^2} I_s,$$

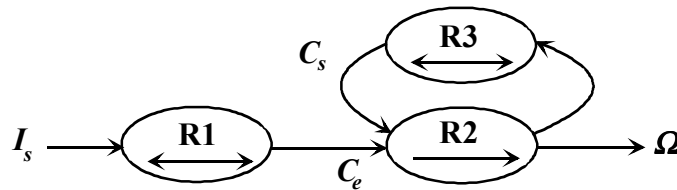
2.2 Dans l'hypothèse du mode électromécanique dominant, l'expression de C_e est celle du régime harmonique permanent :

$$R1 \rightarrow C_e = 3L'_s I_s^2$$

$$R2 \rightarrow \frac{d\Omega}{dt} = \frac{1}{J}(C_e - C_s), \text{ avec } J \text{ le moment d'inertie total ramené au rotor, } C_s \text{ le}$$

couple de charge : R3 $\rightarrow$ loi $C_s(\Omega)$

Graphe informationnel causal sur le processus :



2.3 ω_s est donné par la relation rigide **R4** d'autopilotage fréquentiel :

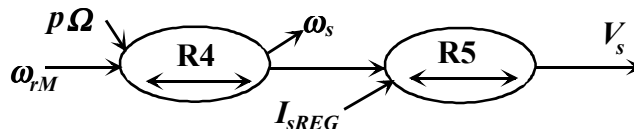
$$R4 \rightarrow \omega_s = \omega_{rM} + p\Omega$$

et V_s par :

$$R5 \rightarrow V_s = \sqrt{R_s^2 + (N_s + L'_s/2)^2 \omega_s^2} I_{sREG}, \text{ (note : REG désigne une grandeur de}$$

réglage)

- Graphe informationnel causal sur le réglage de la fréquence et de la tension de sortie de l'onduleur



2.4 Graphe de commande de la vitesse

- Inversion indirecte de la relation R2 :

$$RC2 \rightarrow C_{eREG} = C_2(\Omega_{REF} - \hat{\Omega}) + \tilde{C}_s$$

avec : Ω_{REF} , la référence de vitesse,

$\hat{\Omega}$, la vitesse captée,

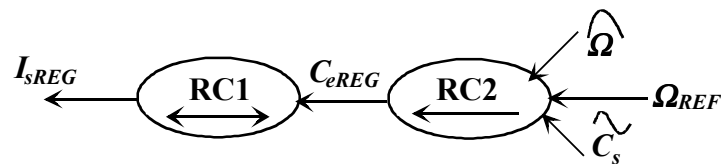
$\tilde{C}_s$, le couple de charge estimé,

C_2 , l'algorithme de réglage (correcteur de vitesse)

- Inversion directe de la relation R1

$$RC1 \rightarrow I_{sREG} = \sqrt{C_{eREG} / 3L'_s}$$

- Graphe informationnel causal sur la commande scalaire contrôlée en courant :



Fin du corrigé