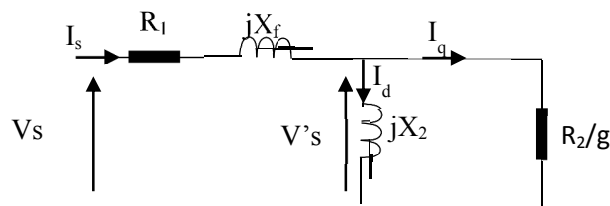


Exercice 4

On considère une machine asynchrone triphasée tétra-polaire ($p=2$) alimenté par un onduleur de courant. Son modèle par phase à réactance de fuite totalisée au stator, en régime permanent sinusoïdal et de pertes ferromagnétiques négligeable, est donné par le schéma de la figure suivante :



Avec :

$$R_1 = 20m\Omega; N_s = 0.5mH; L'_s = 10mH; R_2 = 15m\Omega; \omega_{sn} = 314rd/s; \omega_m = 7.85rd/s$$

$$X_f = N_s \omega_s; X_2 = L'_s \omega_s; g = \frac{\omega_r}{\omega_s}$$

I. Fonctionnement nominale

I.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} .

I.2. déterminer les expressions de \underline{I}_q et \underline{I}_d en fonction de \underline{I}_s et des éléments du modèle.

Montrer que leurs valeurs efficaces s'expriment en fonction de \underline{I}_s par les relations :

$$I_d = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (L'_s \omega_r)^2}} I_s ; I_q = \frac{L'_s \omega_r}{\sqrt{R_2^2 + (L'_s \omega_r)^2}} I_s .$$

En déduire les valeurs efficaces I_{dn} et I_{qn} .

I.3. à l'aide du schéma équivalent exprimer la puissance transmise P_r du stator au rotor en fonction de I_q puis de \underline{I}_s .

Commande des machines électriques

I.4. exploiter les résultats précédents pour montrer que le moment du couple s'exprime en

fonction de I_s et ω_r par : $T_{em} = \frac{a}{\frac{b}{\omega_r} + c} I_s^2$. En déduire la valeur du couple nominal.

I.5. pour quelle valeur ω_{r0} de ω_r le couple est-il maximal (à I_s constant). Quelle est l'expression du couple maximal en fonction de I_s .

I.6. calculer la vitesse de rotation en tr/min, au maximum de couple.

II. Commande scalaire

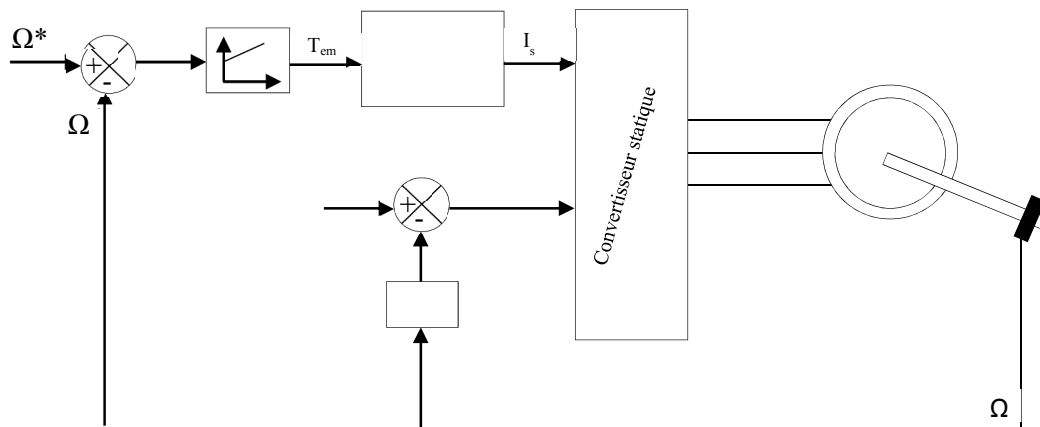
On considère la commande scalaire de la machine dans laquelle ω_r est constamment égale à ω_{rM} , de sorte que la seule grandeur influente du couple est le courant I_s .

II.1. déterminer la relation entre le couple T_{em} et I_s à $\omega_r = \omega_{rM}$.

II.2. déterminer la relation entre V_s et I_s à $\omega_r = \omega_{rM}$.

II.3. écrire la relation d'autopilotage fréquentiel.

II.4. indiquer sur le schéma bloc de la figure ci-dessous les expressions des différents blocs du schéma.



Solution

I.1. Expression complexe et la valeur efficace de \underline{V}_s

$$\underline{V}_s = \left(R_1 + jN_s \omega_s + \frac{jL'_s \omega_s \times \frac{R_2}{g}}{jL'_s \omega_s + \frac{R_2}{g}} \right) \underline{I}_s \Rightarrow V_s = \sqrt{\frac{(R_2 R_1 - N_s L'_s \omega_s \omega_r)^2 + (R_2 \omega_s + R_1 \omega_r)^2}{R_2^2 + (L'_s \omega_s)^2}} I_s$$

$$V_s = 2.96 I_s \Rightarrow I_{sn} = 74.3 A$$

I.2. les expressions complexes et les valeurs efficaces de \underline{I}_q et \underline{I}_d

$$\underline{I}_d = \frac{R_2}{R_2 + jL'_s \omega_r} \underline{I}_s \Rightarrow I_d = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (L'_s \omega_r)^2}} I_s \Rightarrow I_{dn} = 13.75 A$$

$$\underline{I}_q = \frac{jL'_s \omega_r}{R_2 + jL'_s \omega_r} \underline{I}_s \Rightarrow I_q = \frac{L'_s \omega_r}{\sqrt{R_2^2 + (L'_s \omega_r)^2}} I_s \Rightarrow I_{qn} = 72 A$$

I.3. la puissance transmise P_r du stator au rotor

$$P_{jr} = 3 \left(\frac{R_2}{g} \right) I_q^2 = 3 \frac{R_2}{g} \frac{(L'_s \omega_r)^2}{R_2^2 + (L'_s \omega_r)^2} I_s^2 = 3 \left(\frac{R_2 \omega_s}{\omega_r} \right) \frac{(L'_s \omega_r)^2}{R_2^2 + (L'_s \omega_r)^2} I_s^2$$

I.4. Expression du couple électromagnétique

$$T_{em} = \frac{p}{\omega_s} P_{jr} = \frac{p}{\omega_s} \times 3 \left(\frac{R_2 \omega_s}{\omega_r} \right) \times \frac{(L'_s \omega_r)^2}{R_2^2 + (L'_s \omega_r)^2} I_s^2 = 3p \times \frac{R_2 \times L_s'^2}{\frac{R_2^2}{\omega_r} + L_s'^2 \omega_r} I_s^2$$

$$T_{em} = 3p \times \frac{R_2 \times L_s'^2}{\frac{R_2^2}{\omega_r} + L_s'^2 \omega_r} I_s^2 = \frac{a}{\frac{b}{\omega_r} + c} I_s^2 \quad \text{avec : } a = 3p R_2 L_s'^2 ; b = R_2^2 ; c = L_s'^2$$

I.5. pour quelle valeur ω_{r0} de ω_r le couple est-il maximal (à I_s constant). Quelle est l'expression du couple maximal en fonction de I_s .

Le couple nominal : $T_n = 63 N.m$

Le couple maximal à $I_s = Cte$:

$$\frac{\partial T_{em}}{\partial \omega_r} = 0 \Rightarrow \omega_{r0} = \frac{R_2}{L'_s} = 1.5 \text{ rd / s} \Rightarrow T_{max} = \frac{3}{2} p L'_s I_s^2 = 165.61 \text{ N.m}$$

I.6. La vitesse de rotation au maximum de couple est :

$$\Omega = (1 - g_0) \Omega_s; \text{ avec } g_0 = \frac{\omega_{rM}}{\omega_s} = \frac{R_2}{L'_s \omega_s} = 0.03$$

$$N_{max} = \left(\frac{60f}{p} \right) (1 - g_0) = 1455 \text{ tr / min}$$

II.1. pour $\omega_r = \omega_{rM}$ le couple $T_{max} = \frac{3}{2} p L'_s I_s^2$ d'où : $I_s = \sqrt{\frac{2T_{max}}{3pL'_s}}$

II.2. pour $\omega_r = \omega_{rM}$: $V_s = \left(R_1 + jN_s \omega_s + \frac{jL'_s \omega_s}{2} \right) I_s \Rightarrow V_s = \sqrt{R_1^2 + \left(N_s + \frac{L'_s}{2} \right)^2 \omega_s^2} I_s^2$

II.3. la relation d'autopilotage : $\omega_s = \omega_{rM} \pm p\Omega$

II.4.

