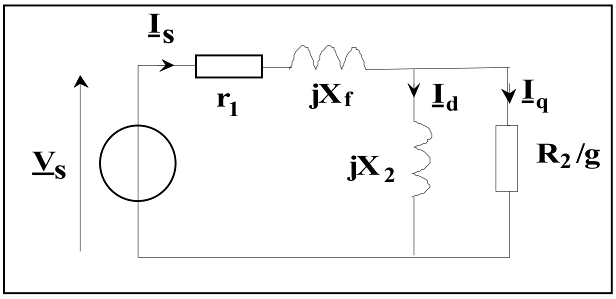
Machine asynchrone contrôlée en courant
Modèle à réactance de fuite totalisée au stator

On considère le schéma de la figure suivante :



il représente un modèle par phase d'un moteur asynchrone triphasé, différent de celui habituellement utilisé en régime permanent.

Notation

r_1 résistance par phase statorique,
X_f réactance de fuite totalisée au stator,
X_2 réactance magnétisante,
R_2 résistance proportionnelle à celle des phases rotoriques,
ω_s pulsation de synchronisme,
g glissement,
p nombre de paires de pôles,
$\underline{V}_s$ amplitude complexe de la tension par phase statorique,
$\underline{I}_s$ amplitude complexe du courant par phase statorique.

Hypothèse : les pertes fer sont négligées.
Valeurs numériques : r_1 = 2 Ω, R_2 = 0,7 Ω, p = 2, le moteur est alimenté par un onduleur de fréquence f_s = 12,5 Hz : X_f = 2,4 Ω, X_2 = 39 Ω.

1. Etablir l'expression du couple électromagnétique C_e en fonction de la valeur efficace I_s, X_2, R_2, g, p, f_s.
2. Tracer , à I_s constant (grandeur de réglage), la caractéristique du couple électromagnétique C_e en fonction de la vitesse angulaire de rotation Ω :

– préciser l'expression numérique du couple maximal en fonction de I_s,
– calculer la vitesse de rotation, en tr/min, au maximum de couple,
– caractériser dans les quadrants du plan $C_e(\Omega)$ le fonctionnement de la machine
 a) vis-à-vis de la partie mécanique,
 b) vis-à-vis de l'onduleur.

3. Pour un glissement de 1%, le couple électromagnétique développé sur le rotor est égal à 25 Nm, calculer :
 les valeurs efficaces I_d, I_q, I_s ;
 les puissances active et réactive absorbées au réseau ;
 la valeur efficace V_s à laquelle il faut régler les tensions statoriques par phase.

Corrigé succinct

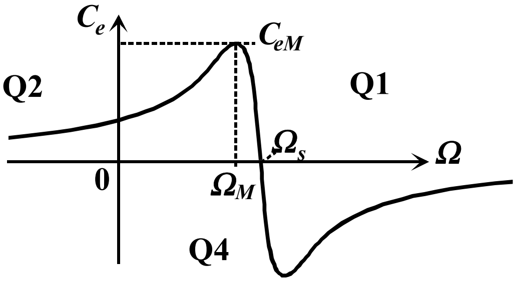
1. L'expression du couple électromagnétique C_e est déduite de celle de la puissance transmise P_T du stator au rotor, calculée par la puissance reçue par les trois résistances motionnelles (R_2 / g) :

$P_T = C_e \Omega_s = 3(R_2 / g) I_q^2$, avec $\Omega_s = \omega_s / p = 2\pi f_s / p$ la vitesse angulaire de synchronisme.

Par la division de courant : $\underline{I}_q = \underline{I}_s \dfrac{jX_2}{(R_2 / g) + jX_2}$, d'où l'on tire :

$$C_e = \frac{3p}{2\pi f_s} I_s^2 \frac{g R_2 X_2^2}{R_2^2 + g^2 X_2^2}$$

2. La vitesse apparaît dans l'expression du couple par le changement de variable $g = (\Omega_s - \Omega) / \Omega_s$.



Couple maximal C_{eM} obtenu pour $g_M = R_2 / X_2 = 1{,}8\%$ à la vitesse angulaire $\Omega_M = (1 - g_M)\Omega_s$, soit :

$N_M = 60(f_s / p)(1 - g_M) = 368$ tr/ min

$$C_{eM} = \frac{3p}{4\pi f_s} X_2 I_s^2 = 1{,}49\ I_s^2$$

Le fonctionnement de la machine est caractérisé par le signe de la puissance mécanique $P_m = C_e \Omega$ vis-à-vis de la partie mécanique et par le signe de la puissance transmise $P_T = C_e \Omega_s$ vis-à-vis de l'onduleur :

Quadrant 1 : $P_m > 0$, moteur ; $P_T > 0$ récepteur
Quadrant 2 : $P_m < 0$, frein ; $P_T > 0$ récepteur
Quadrant 4 : $P_m < 0$, frein ; $P_T < 0$ générateur

3. Conditions de fonctionnement : $g = 1\%,\ C_e = 25$ Nm .

$I_q = \sqrt{\dfrac{g C_e \Omega_s}{3R_2}} = 2{,}16$ A , $I_d = \dfrac{R_2}{g X_2} I_q = 3{,}88$ A , $I_s = \sqrt{I_d^2 + I_q^2} = 4{,}44$ A

Calcul des puissances active P et réactive Q par bilan de puissance sur le modèle (Boucherot)

$P = 3\left[r_1 I_s^2 + (R_2 / g) I_q^2\right] = 1098$ W , $Q = 3\left[X_f I_s^2 + X_2 I_d^2\right] = 1903$ var

$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 3 V_s I_s \Rightarrow V_s = 165$ V

Fin du corrigé