

TD 1: Modélisation en régime permanent et rappel sur la commande scalaire de la MAS

Exercice1

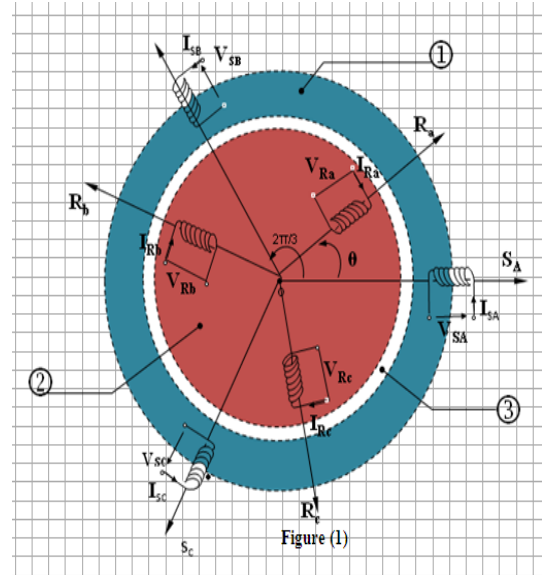
Sous les hypothèses simplificatrices, la machine asynchrone triphasée est représentée schématiquement par la figure. 1. Elle est munie de six enroulements:

- Le stator de la machine est formé de trois enroulements identiques décalés entre elles de $\frac{2\pi}{3}$ rad dans l'espace traversés par trois courants variables et soit en avance soit en retard par rapport au rotor par un angle θ .
- Le rotor peut être modélisé par trois enroulements identiques décalés dans l'espace entre elles de $\frac{2\pi}{3}$ rad et soit en avance soit en retard par rapport au stator par un angle θ . Ces enroulements sont en court-circuit et la tension à leurs bornes est nulle.

On différencie les vecteurs statoriques par l'indice 's' et les vecteurs rotoriques par l'indice 'r'.

① Partie fixe : Stator. ② Partie mobile : Rotor. ③ Entrefer constant.

θ est un angle électrique variable en fonction du temps définie la position de la phase (a) du rotor par rapport au phase (a) du stator.



1- Donner les expressions des tensions statoriques et rotoriques (v_{sa} et v_{ra}) de la MAS en fonction des courants (i_{sa} et i_{ra}) et du flux (SR) (ϕ_{sa} et ϕ_{ra}).

2- Donner les expressions des flux (SR) (ϕ_{sa} et ϕ_{ra}) en fonction des courants (SR), des inductances cycliques propres (L_s et L_r) et mutuelles cycliques (SR) M .

3- Donner les expressions complexe des flux (SR) $\underline{\phi}_s$ et $\underline{\phi}_r$ en fonction des \underline{I}_s , \underline{I}_r , L_s , L_r et M .

4- Donner les expressions complexe des tensions (SR) \underline{V}_s et \underline{V}_r en fonction des \underline{I}_s , \underline{I}_r , L_s , L_r , M et de la pulsation statorique ω_s en régime permanent.

5- Donner le schéma équivalent de la machine asynchrone qui traduit les expressions complexe des tensions (SR) de la quatrième question (Modèle à inductances couplées) en régime sinusoïdal (en régime permanent).

6- Par l'utilisation du rapport de transformation qui permet de ramener le rotor au stator $m_{r \rightarrow s} = M/L_s$.

6-1 Donner le schéma équivalent du moteur asynchrone-modèle ramené au stator avec fuites magnétiques totalisées au rotor et représenter les composantes ramenées au stator.

6-2 Donner les expressions de flux statoriques et rotoriques de ce modèle en fonctions des courants SR, de l'inductance cyclique propre statorique et de l'inductance mutuelle cyclique (SR).

6-3 Donner l'expression du courant rotorique ramené au stator I'_r en fonction de \underline{I}_r , L_s et M et établir l'expression du flux statorique en fonction de I'_r .

6-4 Donner le coefficient de dispersion de Blondel σ en fonction des L_s , L_r et M .

6-5 Donner l'inductance de fuites totalisée au rotor N_r en fonction de σ et L_r .

- 6-6 Etablir l'expression de flux rotorique en fonction de $\underline{I}_r, \underline{I}_s, I_r', N_r$ et M .
- 7- Etablir les expressions des tensions \underline{V}_s et \underline{V}_r en fonction de $R_s, \underline{I}_r, \underline{I}_s, I_r', N_r, g, M$ et ω_s .
- 8- Donner l'inductance des fuites totalisées au rotor N_r' en fonction de N_r, L_s et M .
- 9- Donner la résistance rotorique ramenée au stator R_r' en fonction de R_r, L_s et M .
- 10- Donner l'expression de I_r' en fonction V_s, R_r', N_r', g et ω_s .
- 11- Donner l'expression de la puissance électromagnétique (puissance transmise au rotor) P_{tr} en fonction I_r' et R_r' .
- 12- Donner l'expression du couple électromagnétique C_e en fonction des I_r', R_r' et ω_s .
- 13- Donner l'expression du couple électromagnétique C_e en fonction de V_s, g, R_r', N_r' et ω_s .
- 14- Pour quel glissement maximal g_{\max} , le couple est-il maximal? Quelle est l'expression du couple maximal $C_{e\max}$ en fonction de la tension statorique et de l'inductance de fuites totalisées au rotor N_r' ?
- 15- Dédire l'expression du couple $C_{e\max}$ en fonction de la pulsation rotorique ω_r .
- 16- Dédire l'expression du couple $C_{e\max}$ en fonction du courant I_s de la pulsation rotorique ω_r .
- 17- Pour quelle pulsation rotorique maximale $\omega_{r\max}$, le couple est-il maximal (à courant statorique I_s constant)? Quelle est l'expression du couple maximal $C_{e\max}$ en fonction de I_s ?
- 18- Quel type de commande il est important de faire afin de maintenir le $C_e = C_{e\max}$ disponible quel que soit la fréquence.

Exercice2

On désire varier la vitesse d'un MAS alimentée en tension dans le régime permanent par la commande scalaire.

On donne : $V_s = 220V, f = 50Hz, p = 2, n_n = 1470tr/min, R_r' = 1,05\Omega, N_r' = 32mH, L_s = 15,15mH$.

Partie1:

- Donner le schéma équivalent du moteur asynchrone ramené au stator avec fuites magnétiques totalisées au rotor.
- Quelle condition faut-il remplir pour négliger la résistance R_s ?
- Donner l'expression de la tension V_s en fonction de I_r' .
- Montrer que le couple électromagnétique développé par le moteur peut se mettre sous la forme:

$$C_e = \frac{3pV_s^2}{\omega_s} \frac{R_r'/g}{\left(\frac{R_r'}{g}\right)^2 + (N_r'\omega_s)^2}$$

- Montrer que lorsque le glissement est maximal, le couple électromagnétique maximal $C_{e\max}$ est donné par:

$$C_{e\max} = k \left(\frac{V_s}{f} \right)^2$$

- 5-1 Calculer K, g_{\max} et $C_{e\max}$.
- 5-2 Calculer la valeur de la vitesse correspondant le couple max.
- 6- Donner l'expression du couple C_e en fonction des $C_{e\max}, g$ et g_{\max} et calculer K, g_{\max} et $C_{e\max}$.
 - 6-1 Calculer le couple de démarrage C_{ed} .
 - 6-2 Calculer les valeurs efficaces des courants I_r', I_s et I_s' .

Partie2:

- Tracer les deux caractéristiques $C_e(g)$ et $C_e(\Omega)$.
- Donner les expressions des différentes parties des deux caractéristiques.

8-1 l'expression du C_e dans la partie droite (Zone utile) de la caractéristique $C_e(g)$ en fonctions des $C_{e_{\max}}$, g et

g_{\max} .

8-2 l'expression du couple dans la partie hyperbole de la caractéristique $C_e(g)$ en fonctions des $C_{e_{\max}}$, g et

g_{\max} .

8-3 l'expression du couple dans la partie droite de la caractéristique $C_e(n)$ en fonction de n .

9- Calculer la vitesse pour une fréquence de 40Hz et 0.8 du couple nominale.

10- Calculer la fréquence pour une de vitesse 1050tr/min et un couple nominale.

11- Calculer le couple pour une fréquence de 30Hz et une vitesse de 1100tr/min.

Partie3: Ce moteur entraîne une charge dont le couple résistant est constant et égal à 6 Nm.

12- Le démarrage en charge du moteur est-il possible?

13- Déterminer la vitesse de rotation de l'ensemble en régime établi.

14- Calculer la puissance transmise à la charge par le moteur.

15- Ce moteur est entraîné une pompe dont le couple résistant est donné par : $C_r = 10^{-5} n^2$ avec C_r en Nm et n en tr/min.

15-1 Représenter sur le graphique précédent la courbe $C_r(n)$.

15-2 En régime établi, déterminer la vitesse de rotation de l'ensemble ainsi que le couple utile du moteur.

Partie4:

16- Montrer que la tension statorique est exprimée en fonction du flux statorique par la relation:

$$V_s = \omega_s \phi_s \sqrt{\frac{(R_s / \omega_s L_s - \sigma \omega_r T_r)^2 + (1 + \omega_r T_r R_s / \omega_s L_s)^2}{1 + (\sigma \omega_r T_r)^2}}$$

Avec $T_r = L_r / R_r$, et $\sigma = 1 - \frac{M^2}{L_s L_r}$

17- Lorsque $L_r \ll R_r$, donner l'expression de la tension statorique.

18- Donner l'expression de la tension statorique lorsqu'on néglige R_s .

19- Que signifie le rapport V_s / f et quel est l'intérêt de garder ce rapport constant ?

20- A l'aide de la relation d'autopilotage $\theta_s = \theta_r + \theta$ et le rapport V_s / f constant.

20-1 Donner le schéma de la commande scalaire en tension et en courant en faible et fort vitesse et expliquer le rôle des différentes parties de chaque schéma.

20-2 Quel est le convertisseur de l'électronique de puissance capable pour alimenté ce moteur dans chaque commande?

20-3 Quelles sont les techniques de commandes utilisées pour la génération des signaux de contrôle des interrupteurs du convertisseur dans chaque commande?

20-4 Expliquer le principe de chaque technique.

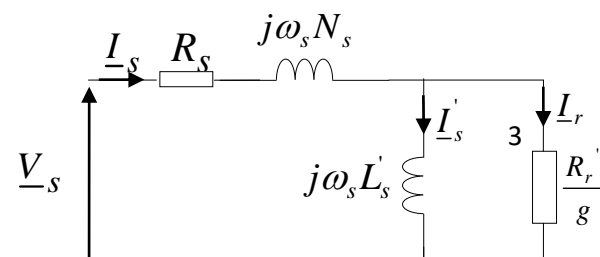
Exercice3

Le schéma équivalent par phase en régime permanent du moteur asynchrone, à fuites magnétiques totalisées au stator, est donné par la figure suivante:

On donne : $R_s = 15m\Omega$, $N_s = 0.45mH$, $L'_s = 9.5mH$, $f = 50Hz$, $p = 2$, $n_n = 1463tr / min$, $V_{sn} = 220V$.

1- Donner l'expression complexe de la tension \underline{V}_s en fonction des \underline{I}_s ,

R_r , L'_s , R_s , N_s , ω_s et ω_r . En déduire la valeur efficace de I_{sn} .



- 2- Donner les expressions complexe des courants (SR) \underline{I}_r et \underline{I}'_s en fonctions des \underline{I}_s , R_r , L'_s , et ω_r . Calculer I_{rn} et I'_{sn} .
- 3- Donner l'expression du couple C_e en fonction des I_s , R_r , L'_s , et ω_r . Calculer C_{en} .
- 4- Donner l'expression du couple $C_{e\max}$ en fonction de I_s . Calculer g_{\max} et $C_{e\max}$.
- 5- Calculer la valeur de la vitesse correspondant le couple max.
- 6- Donner l'expression du courant I_r en fonction des C_e , R_r , g , et ω_s .
- 7- Tracer les deux caractéristiques $C_e(g)$ et $C_e(\Omega)$.
- 8- Calculer les valeurs efficaces I_r , I'_s et I_s pour un glissement de 1.2% et un couple de 20Nm.
- 9- Calculer les puissances P, Q et S absorbées au réseau.
- 10- A l'aide de la relation d'autopilotage $\theta_s = \theta_r + \theta$ et le rapport V_s/f constant. Donner le schéma de la commande scalaire en courant et expliquer le rôle des différentes parties de chaque schéma.