République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de M'sila

Faculté de Technologie

Département de Génie Electrique

Année : Master1 Electromécanique

Modélisation et simulation des machines électriques

TP 2 : Modélisation et simulation de la machine asynchrone triphasée

2020/2021

Le modèle mathématique équivalent de la MAS triphasée dans un repère (référentiel) (d, q) lié au champ tournant est donné par le système d'équations suivante :

$$i_{sd} = \frac{1}{(R_s + pL_s)}(V_{sd} - Mpi_{rd} + \omega_s L_s i_{sq} + \omega_s M i_{rq}) \tag{1}$$

$$i_{sq} = \frac{1}{(R_s + pL_s)}(V_{sq} - Mpi_{rq} - \omega_s L_s i_{sd} - \omega_s M i_{rd}) \tag{2}$$

$$\begin{aligned} i_{rd} &= \frac{1}{(R_r + pL_r)}(V_{rd} - Mpi_{sd} + \omega_r M i_{sq} + \omega_r L_r i_{rq}) \\ &= \frac{1}{(R_r + pL_r)}(0 - Mpi_{sd} + \omega_r M i_{sq} + \omega_r L_r i_{rq}) \end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned} i_{rq} &= \frac{1}{(R_r + pL_r)}(V_{rq} - Mpi_{sq} - \omega_r M i_{sd} - \omega_r L_r i_{rd}) \\ &= \frac{1}{(R_r + pL_r)}(0 - Mpi_{sq} - \omega_r M i_{sd} - \omega_r L_r i_{rd}) \end{aligned} \tag{4}$$

$$C_e = p_p M\left(i_{sq} i_{dr} - i_{sd} i_{rq}\right) \tag{5}$$

$$\Omega = \frac{1}{f + Jp}(C_e - C_r) \qquad \text{et} \qquad \omega = p_p\,\Omega \tag{6}$$

Ce modèle est obtenu après l'application de la transformation de Park au système d'équation électrique et magnétique de la MAS dans le repère réel triphasé ABC.

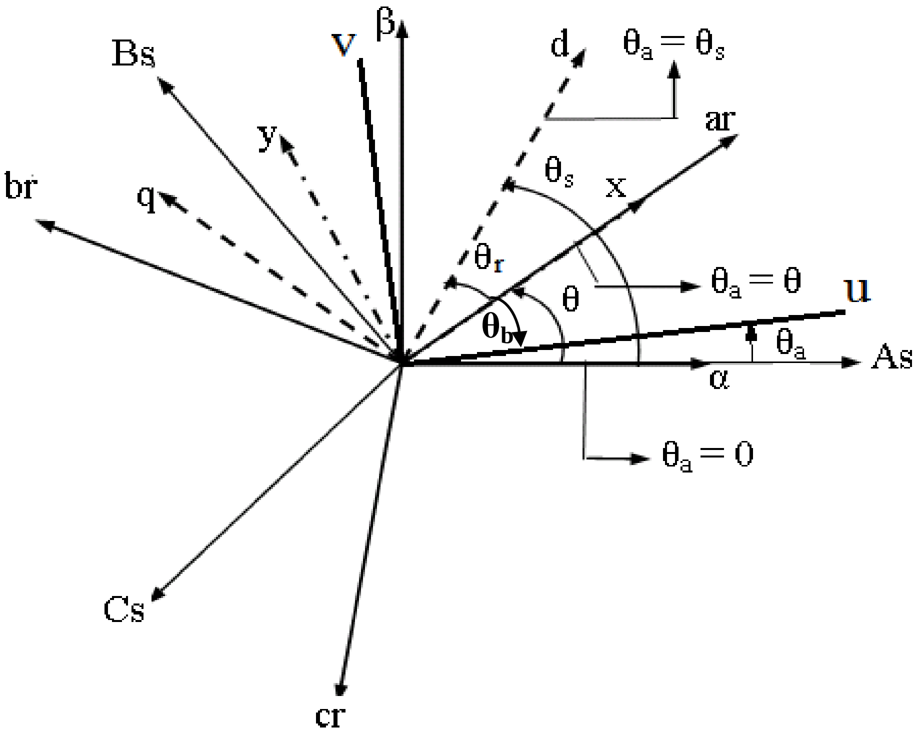

Figure 1. : Passage du système triphasé au système biphasé et inversement pour une MAS

Le passage du système triphasé de tension statorique (abc) au système triphasé statorique (dqo) s'obtient à partir de la matrice de transformation de PARK [$P_i(\theta a)$] (avec i = 2), sachant que la composante homopolaire V_{so} est nulle pour les systèmes triphasés équilibrés, comme indiqué ci-dessous :

$$\begin{bmatrix} V_{sd} \\ V_{sq} \\ V_{so} \end{bmatrix} = \left[P_i(\theta_a)\right] \begin{bmatrix} V_{sa} \\ V_{sb} \\ V_{sc} \end{bmatrix} \qquad \text{avec} \quad i = 2 \qquad (7)$$

Le passage du système statorique triphasé au système biphasé s'obtient à partir de la matrice de transformation de PARK $P_2(\theta_a)$].

$$\left[P_2(\theta_a)\right] = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos(\theta_a) & \cos(\theta_a - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta_a - \frac{4\pi}{3}) \\ -\sin(\theta_a) & -\sin(\theta_a - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta_a - \frac{4\pi}{3}) \\ \sqrt{\frac{1}{2}} & \sqrt{\frac{1}{2}} & \sqrt{\frac{1}{2}} \end{bmatrix} \qquad (8)$$

Les variables triphasées statoriques réelles sont obtenues à partir des variables biphasées (V_{sd} ,V_{sq}, V_{so}) par la transformation inverse comme suit:

$$\begin{bmatrix} V_{sa} \\ V_{sb} \\ V_{sc} \end{bmatrix} = \left[P_i(\theta_a)\right]^{-1} \begin{bmatrix} V_{sd} \\ V_{sq} \\ V_{so} \end{bmatrix} \qquad \text{avec} \quad i = 2 \qquad (9)$$

La matrice inverse de Park est donnée par :

$$\left[P_2(\theta_a)\right]^{-1} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos(\theta_a) & -\sin(\theta_a) & \sqrt{\frac{1}{2}} \\ \cos(\theta_a - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta_a - \frac{2\pi}{3}) & \sqrt{\frac{1}{2}} \\ \cos(\theta_a - \frac{4\pi}{3}) & -\sin(\theta_a - \frac{4\pi}{3}) & \sqrt{\frac{1}{2}} \end{bmatrix} \qquad (10)$$

Le passage du repère **(abc)** au repère **(uv)** est applicable pour les tensions, les courants et les flux statoriques.

Avec :

Indices (s) et (r) : stator et rotor

V , i et Φ sont respectivement la tension, le courant et le flux.

R_s : résistance d'une phase statorique.

R_r : résistance d'une phase du rotor.

L_s : Inductance propre cyclique du stator à pôles lisses.

L_r : Inductance propre cyclique du rotor à pôles lisses.

M : Inductance mutuelle cyclique entre stator et rotor.

J : Moment d'inertie.

f : Coefficient de fortement.

C_r : Couple résistant imposé par la charge mécanique.

C_e : Couple électromagnétique.

Ω : Vitesse mécanique de rotation du rotor.

ω : Vitesse électrique de rotation du rotor.

p_p : Nombre de paires de pôles et $\omega_s - \omega = \omega_r$ et $\omega_a = \omega_s$

$\theta_a = \theta_s$: Représente l'angle instantané entre la phase de l'axe statorique A_s et l'axe d du repère de Park.

$\omega = \dfrac{d\theta}{dt}$: Vitesse angulaire de rotation du rotor par rapport à l'axe (**As**) du repère d'axes triphasés statoriques **(ABC)**.

$\omega_s = \dfrac{d\theta_s}{dt}$: Vitesse angulaire de rotation du champ tournant (statorique) par rapport à l'axe (**As**) du repère d'axes triphasés statoriques **(ABC)**.

$\omega_r = \dfrac{d\theta_r}{dt}$: Vitesse angulaire de rotation du champ tournant (statorique) par rapport à l'axe **(ar)** du rotor (vitesse du glissement).

L'équation (1) peut être mise sous forme schéma fonctionnel fréquentiel (Laplace), comme indiqué par la figure suivante :

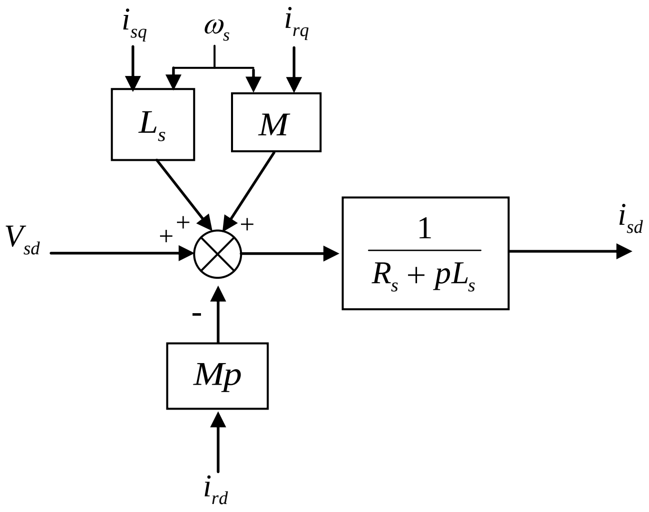

Figure 2. Schéma fonctionnel fréquentiel du modèle électrique statorique de la MAS selon l'axe (d) ($i_{sd} = f\,(V_{sd}, i_{rd}, i_{sq}, i_{rq}, \omega_s)$)

Travail demandé :

1- Présenter les équations 2, 3,4, 5 et 6 sous forme schéma fonctionnel fréquentiel (Laplace).

2- Construit en utilisant le logiciel Matlab/Simulink les schémas fonctionnels fréquentiel (Laplace) des équations 1, 2, 3,4, 5 et 6 et relier les pour avoir un modèle complet de la MAS.

3- Introduire les paramètres suivants de simulation dans le modèle complet de la MAS obtenu dans le travail 2.

Paramètres de simulation

R_s=2,25 Ω	Ω_n=1420 tr/mn
R_r=0,7 Ω	τ_s=0,0546 s
L_s=0,1232 H	τ_r=0,160 s
L_r=0,1122 H	σ=0,09
M=0,1118 H	a_2=0,049 Nm s/rd
J=0,038 kg m^2 (machine seule)	I_n : 21/12 A
f=0,0124 kg m^2	P_n=5,5 kW.
p_p : 2	
V=220 V , U : 380 V	
f_n=50 Hz	

4- Rédiger un rapport détaillé en format Word **et envoyer le avec le programme de simulation en Matlab/Simulink à l'email ci-dessous :**

Email : bens082002@yhaoo.fr

(Les rapports des TPs et des mini-projets doivent être envoyés au même email).