

1. Introduction

Le comportement électrique et dynamique d'un système quelconque ne peut être étudié que s'il est possible de le définir par un modèle mathématique. C'est ce qu'on appelle modélisation; Il est donc évident que cette étape de modélisation est un passage indispensable pour concevoir des systèmes de surveillance ou de commande performants .

A cet effet, nous avons pris comme point de départ un rappel du modèle mathématique de la machine généralisée, suivi de la simplification des équations par la transformation de PARK, en vue de représenter la machine asynchrone triphasée en machine biphasée équivalente, et après un choix convenable du référentiel, on déduit le modèle de la machine asynchrone alimentée en tension.

2. Description du modèle :

La machine asynchrone triphasée comporte un stator fixe et un rotor mobile autour de l'axe de symétrie de la machine. Dans des encoches régulièrement réparties sur la face interne du stator sont logés trois enroulements identiques, leurs axes sont distants entre eux d'un angle électrique égal à $2\pi/3$.

3. Hypothèses simplificatrices:

En vue de simplifier la modélisation de la machine, on va admettre les hypothèses simplificatrices suivantes [KRA87]:

- entrefer constant;
- effet des encoches négligé;
- distribution spatiale sinusoïdale des forces magnétomotrices d'entrefer;
- circuit magnétique non saturé et à perméabilité constante;
- pertes ferromagnétiques négligeables;
- l'influence de l'effet de peau et de l'échauffement sur les caractéristiques n'est pas prise en compte;

Parmi les conséquences importantes des hypothèses suscitées, on peut citer :

- l'additivité des flux;
- la constance des inductances propres;
- la loi de variation sinusoïdale des inductances mutuelles entre les enroulements statoriques et rotoriques en fonction de l'angle électrique de leurs axes magnétiques.

La machine est représentée sur la figure (2.1) par ces six enroulements dans l'espace électrique, l'angle (α) repère l'axe de la phase rotorique de référence (R_a') par rapport à l'axe fixe de la phase statorique de référence (S_a'). Les flux sont comptés positivement selon les axes des phases.

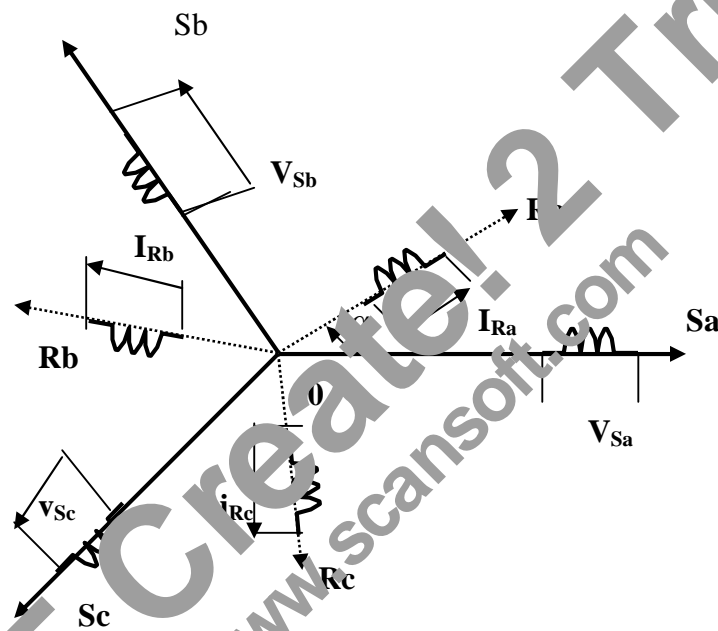


Figure (2.1) : Représentation des enroulements de la machine asynchrone triphasée dans l'espace électrique.

4. Equation générale de la machine non saturée:

D'après les lois de Lenz et Faraday on déduit les équations électriques de la machine

$$V = RI + \frac{d\Phi}{dt} \quad (2.1)$$

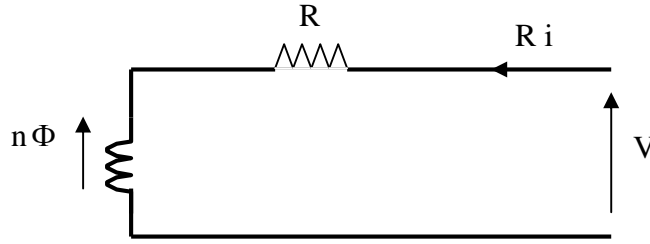


Figure (2.2) : modèle d'une phase avec f.e.m.

On déduit pour l'ensemble des phases Statoriques:

$$[V_{sabc}] = [R_s] [I_{sabc}] + \frac{d}{dt} [\Phi_{sabc}] \quad (2.2)$$

$$\begin{bmatrix} V_{sa} \\ V_{sb} \\ V_{sc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 \\ 0 & 0 & R_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{sa} \\ I_{sb} \\ I_{sc} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \Phi_{sa} \\ \Phi_{sb} \\ \Phi_{sc} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Et pour les phases rotoriques:

$$[V_{rabc}] = [R_r] [I_{rabc}] + \frac{d}{dt} [\Phi_{rabc}] \quad (2.4)$$

$$\begin{bmatrix} V_{ra} \\ V_{rb} \\ V_{rc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_r & 0 & 0 \\ 0 & R_r & 0 \\ 0 & 0 & R_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{ra} \\ I_{rb} \\ I_{rc} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \Phi_{ra} \\ \Phi_{rb} \\ \Phi_{rc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

La matrice des inductances $[L(\alpha)]$ établit la relation entre les flux et les courants; elle comporte 36 coefficients non nuls dont la moitié dépend du temps, par l'intermédiaire de α (position du rotor).

Soit:

$$\begin{bmatrix} \Phi_{sa} \\ \Phi_{sb} \\ \Phi_{sc} \\ \Phi_{ra} \\ \Phi_{rb} \\ \Phi_{rc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_s & M_s & M_s & M1 & M3 & M2 \\ M_s & l_s & M_s & M2 & M1 & M3 \\ M_s & M_s & l_s & M3 & M2 & M1 \\ M1 & M2 & M3 & l_r & M_r & M_r \\ M3 & M1 & M2 & M_r & l_r & M_r \\ M2 & M3 & M1 & M_r & M_r & l_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{sa} \\ I_{sb} \\ I_{sc} \\ I_{ra} \\ I_{rb} \\ I_{rc} \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

Où:

$$M1 = M_{sr} \cos(\alpha)$$

$$M2 = M_{sr} \cos(\alpha + 2\pi/3)$$

$$M3 = Msr \cos(\alpha - 2\pi/3)$$

La matrice des flux réels fait apparaître quatre sous-matrices d'inductances:

$$\begin{bmatrix} \Phi_{sabc} \\ \Phi_{rabc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [Ls] & [Msr] \\ [Mrs] & [Lr] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Isabc \\ Irabc \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Avec :

$$[Ls] = \begin{bmatrix} ls & Ms & Ms \\ Ms & ls & Ms \\ Ms & Ms & ls \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

$$[Lr] = \begin{bmatrix} lr & Mr & Mr \\ Mr & lr & Mr \\ Mr & Mr & lr \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

$$[Msr] = [Mrs]^t = Msr \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & \cos(\alpha + 2\pi/3) & \cos(\alpha - 2\pi/3) \\ \cos(\alpha - 2\pi/3) & \cos(\alpha) & \cos(\alpha + 2\pi/3) \\ \cos(\alpha + 2\pi/3) & \cos(\alpha - 2\pi/3) & \cos(\alpha) \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

Finalement les tensions statoriques et rotoriques seront écrites sous la forme suivante :

$$\begin{cases} [Vsabc] = [Rs][Isabc] + \frac{d}{dt} \{ [Ls][Isabc] + [Msr][Irabc] \} \\ [Vrabc] = [Rr][Irabc] + \frac{d}{dt} \{ [Mrs][Isabc] + [Lr][Irabc] \} \end{cases} \quad (2.11)$$

5. Transformation de Park appliquée à la machine asynchrone triphasée:

La transformation de Park consiste à transformer un système triphasé (abc) en un système biphasé équivalent (dq), comme il est montré sur la **figure 2.3**.

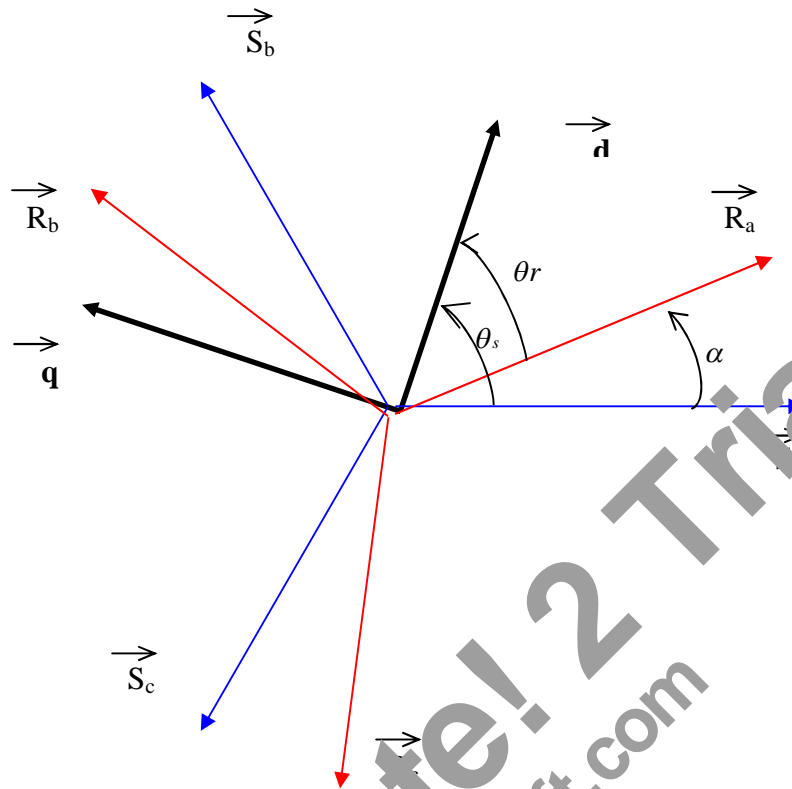


Figure (2.3) : Repérage angulaire de systèmes d'axes dans l'espace électrique

On a:

$$[V_{abc}] = [R] [I_{abc}] + \frac{d}{dt} [L_{abc}] \quad (2.12)$$

$$R = \begin{bmatrix} r & 0 & 0 \\ 0 & r & 0 \\ 0 & 0 & r \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

La transformation linéaire $[p]$ est appliquée à l'équation précédente

$$[p]^{-1} [V_{dqo}] = [R] [p]^{-1} [I_{dqo}] + \frac{d}{dt} [p]^{-1} [\Phi_{dqo}] \quad (2.14)$$

Avec:

$$[p] = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ -\sin(\theta) & -\sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

Cette matrice est orthogonale, c'est-à-dire $[p(\theta)]^t = [p(\theta)]^{-1}$. La transformation de Park peut être appliquée aux tensions, aux courants et aux flux.

En multipliant (2.14) par $[p]$:

$$[Vdqo] = [R][Idqo] + \frac{d}{dt} [\Phi dqo] + [p] \left(\frac{d}{dt} [p]^{-1} \right) [\Phi dqo] \quad (2.16)$$

On pourra démontrer que:

$$[p] \left(\frac{d}{dt} [p]^{-1} \right) = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \frac{d\theta}{dt} \quad (2.17)$$

On obtient finalement le système des équations de Park, qui constitue ainsi un modèle électrique dynamique pour l'enroulement diphasé équivalent.

$$\begin{cases} Vd = rId + \left(\frac{d\Phi d}{dt} \right) - \left(\frac{d\theta}{dt} \right) \Phi q \\ Vq = rIq + \left(\frac{d\Phi q}{dt} \right) + \left(\frac{d\theta}{dt} \right) \Phi d \\ Vo = rIo + \left(\frac{d\Phi o}{dt} \right) \end{cases} \quad (2.18)$$

Pour la relation de la matrice des inductances les transformations proposées établissent les relations entre les flux des axes d, q, o et les flux des axes a, b, c :

$$[\Phi sdqo] = [p(\theta s)] [\Phi sabc] \text{ et } [\Phi rdqo] = [p(\theta r)] [\Phi rabc] \quad (2.19)$$

En développant les expressions des flux, elles deviennent :

a- au stator :

$$[\Phi sdqo] = [p(\theta s)] [[Ls][Isabc] + [Msr][Irabc]] \quad (2.20)$$

Soit:

$$[\Phi sdqo] = [p(\theta s)] [Ls] [p(\theta s)]^{-1} [Isdqo] + [p(\theta s)] [Msr] [p(\theta r)]^{-1} [Irdqo] \quad (2.21)$$

b- au rotor :

$$[\Phi_{rdqo}] = [p(\theta_r)] \left[[Msr][Isabc] + [Lr][Irabc] \right] \quad (2.22)$$

Soit:

$$[\Phi_{rdqo}] = [p(\theta_r)] [Msr] [p(\theta_s)]^{-1} [Isdqo] + [p(\theta_r)] [Lr] [p(\theta_r)]^{-1} [Irdqo] \quad (2.23)$$

Après le calcul, on trouve :

$$\begin{bmatrix} \Phi_{ds} \\ \Phi_{qs} \\ \Phi_{os} \\ \Phi_{dr} \\ \Phi_{qr} \\ \Phi_{or} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ls - Ms & 0 & 0 & \frac{3}{2}Msr & 0 & 0 \\ 0 & ls - Ms & 0 & 0 & \frac{3}{2}Msr & 0 \\ 0 & 0 & ls + 2Ms & 0 & 0 & 0 \\ \frac{3}{2}Msr & 0 & 0 & lr - Mr & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3}{2}Msr & 0 & 0 & lr - Mr & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & lr - 2Mr \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Ids \\ Iqs \\ Ios \\ Idr \\ Iqr \\ Ior \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

$Ls = ls - Ms$: Inductances cycliques statorique;

$Lr = lr - Mr$: Inductances cycliques rotorique;

$M = \frac{3}{2}Msr$: Inductance mutuelle cyclique entre stator et rotor.

Le mode habituel d'alimentation du stator et la structure des enroulements rotoriques conférant la nullité aux sommes des courants statoriques et de courants rotoriques, les composantes d'indice (0) sont nulles.

Dans ces conditions de fonctionnement en mode non dégradé, les flux d'axes d et q sont simplement définis par les trois paramètres constants Ls, Lr, M , et reliés aux courants par la relation (2.25) :

$$\begin{bmatrix} \Phi_{ds} \\ \Phi_{qs} \\ \Phi_{dr} \\ \Phi_{qr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Ls & 0 & M & 0 \\ 0 & Ls & 0 & M \\ M & 0 & Lr & 0 \\ 0 & M & 0 & Lr \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Ids \\ Iqs \\ Idr \\ Iqr \end{bmatrix} \quad (2.25)$$

En effet, la substitution des enroulements fictifs S_d, S_q, R_d, R_q aux enroulements triphasés permet, par interprétation de leur représentation à la figure (2.4), de déduire l'équation (2.25).

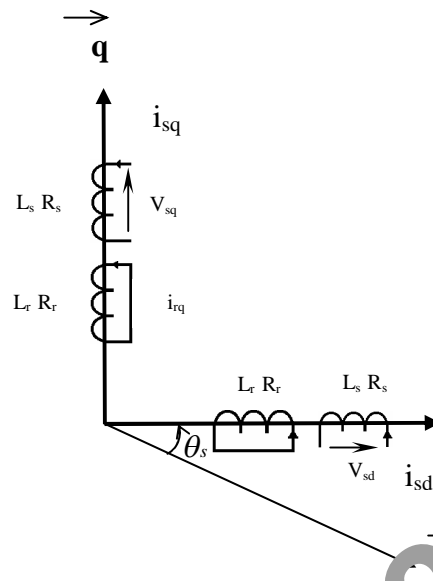


Figure (2.4) : Représentation des courants fictifs d'axes d et q

Les équations de Park des tensions statoriques et rotoriques s'écrivent:

$$\begin{aligned}
 V_{ds} &= R_s I_{ds} + \frac{d\Phi_{ds}}{dt} - \frac{d\theta_s}{dt} \Phi_{qs} \\
 V_{qs} &= R_s I_{qs} + \frac{d\Phi_{qs}}{dt} + \frac{d\theta_s}{dt} \Phi_{ds} \\
 V_{dr} &= R_r I_{dr} + \frac{d\Phi_{dr}}{dt} - \frac{d\theta_r}{dt} \Phi_{qr} = 0 \\
 V_{qr} &= R_r I_{qr} + \frac{d\Phi_{qr}}{dt} + \frac{d\theta_r}{dt} \Phi_{dr} = 0
 \end{aligned} \tag{2.26}$$

Dans le repère de Park (d, q) tournant à la vitesse angulaire $\omega_s = \frac{d\theta_s}{dt}$ l'équation (2.26)

devient :

$$\begin{cases}
 V_{ds} = R_s I_{ds} + \frac{d\Phi_{ds}}{dt} - \omega_s \Phi_{qs} \\
 V_{qs} = R_s I_{qs} + \frac{d\Phi_{qs}}{dt} + \omega_s \Phi_{ds}
 \end{cases} \tag{2.27}$$

$$\begin{cases} 0 = R_r I_{dr} + \frac{d\Phi_{dr}}{dt} - (W_s - W)\Phi_{qr} \\ 0 = R_r I_{qr} + \frac{d\Phi_{qr}}{dt} + (W_s - W)\Phi_{dr} \end{cases} \quad (2.28)$$

Avec les flux :

$$\begin{cases} \Phi_{ds} = L_s I_{ds} + M I_{dr} \\ \Phi_{qs} = L_s I_{qs} + M I_{qr} \end{cases} \quad (2.29)$$

$$\begin{cases} \Phi_{dr} = L_r I_{dr} + M I_{ds} \\ \Phi_{qr} = L_r I_{qr} + M I_{qs} \end{cases} \quad (2.30)$$

Nous avons exprimé les équations de la machine, mais il reste également le couple électromagnétique. Ce dernier peut être dérivé de l'expression de la co-énergie ou obtenu à l'aide d'un bilan de puissance.

6. Equations mécaniques []:

L'équation du couple et celle du mouvement s'écrivent:

$$C_e = PM [I_{qs} I_{dr} - I_{ds} I_{qr}] \quad (2.31)$$

$$\frac{J}{p} \frac{dW}{dt} = C_e - C_r - \frac{f}{p} W \quad (2.32)$$

7. Définition de différents référentiels :

Il existe différentes possibilités pour le choix de l'orientation du repère d'axes d, q qui dépendent généralement des objectifs de l'application.

7.1. Référentiel fixe par rapport au stator:

L'utilisation du référentiel fixe par rapport au stator est souvent nécessaire lors des études des variations importantes de la vitesse de rotation. Toutefois, dans le cas général, il est choisi pour étudier le régime transitoire du rotor [].

Il se traduit par les conditions:

$$\begin{aligned}\theta_s &= 0 & ; & \quad \theta_r = -\theta \\ \frac{d\theta_s}{dt} &= 0 & ; & \quad \frac{d\theta_r}{dt} = -\frac{d\theta}{dt} \\ W_s &= 0 & ; & \quad W_r = -W\end{aligned}$$

Les équations électriques prennent la forme:

$$\begin{cases} V_{ds} = R_s I_{ds} + \frac{d\Phi_{ds}}{dt} \\ V_{qs} = R_s I_{qs} + \frac{d\Phi_{qs}}{dt} \\ 0 = R_r I_{dr} + \frac{d\Phi_{dr}}{dt} + W \Phi_{qr} \\ 0 = R_r I_{qr} + \frac{d\Phi_{qr}}{dt} - W \Phi_{dr} \end{cases} \quad (2.33)$$

Après arrangement des équations en fonction de $(I_{ds}, I_{qs}, I_{dr}, I_{qr})$, on aboutit à:

$$\begin{cases} \frac{dI_{ds}}{dt} = -\frac{1}{T_s \sigma} I_{ds} - \frac{M}{L_s L_r \sigma} W I_{qs} + \frac{M}{L_s T_r \sigma} I_{dr} + \frac{M}{L_s \sigma} W I_{qr} + \frac{V_{ds}}{L_s \sigma} \\ \frac{dI_{qs}}{dt} = -\frac{M^2}{L_s L_r \sigma} I_{ds} - \frac{1}{T_s \sigma} I_{qs} - \frac{M}{L_s \sigma} W I_{dr} + \frac{M}{L_s T_r \sigma} I_{qr} + \frac{V_{qs}}{L_s \sigma} \\ \frac{dI_{dr}}{dt} = -\frac{M}{L_r T_s \sigma} I_{ds} - \frac{M}{L_r \sigma} W I_{qs} - \frac{1}{T_r \sigma} I_{dr} - \frac{1}{\sigma} W I_{qr} - \frac{M}{L_s L_r \sigma} V_{ds} \\ \frac{dI_{qr}}{dt} = \frac{M}{L_r \sigma} W I_{ds} + \frac{M}{L_r T_s \sigma} I_{qs} + \frac{1}{\sigma} W I_{dr} - \frac{1}{T_r \sigma} I_{qr} - \frac{M}{L_s L_r \sigma} V_{qs} \end{cases} \quad (2.34)$$

On note que:

$$\sigma = 1 - \frac{M^2}{L_s L_r} \quad : \text{Le Coefficient de dispersion;}$$

$$T_r = \frac{L_r}{R_r} \quad : \text{Le Constante de temps rotorique;}$$

$$T_s = \frac{L_s}{R_s} \quad : \text{Le Constante de temps statorique.}$$

7.2. Référentiel fixe par rapport au rotor :

Le référentiel fixe par rapport au rotor est choisi de préférence en vue d'étudier des variations des grandeurs statoriques [].

Il se traduit par les conditions :

$$\begin{aligned} \theta_s &= \theta & ; & \quad \theta_r = 0 \\ \frac{d\theta_s}{dt} &= \frac{d\theta}{dt} & ; & \quad \frac{d\theta_r}{dt} = 0 \\ W_r &= 0 & ; & \quad W_s = W \end{aligned}$$

Dans ce cas, les équations électriques prennent la forme :

$$\begin{cases} V_{ds} = R_s I_{ds} + \frac{d\Phi_{ds}}{dt} - W_s \Phi_{qs} \\ V_{qs} = R_s I_{qs} + \frac{d\Phi_{qs}}{dt} + W_s \Phi_{ds} \\ 0 = R_r I_{dr} + \frac{d\Phi_{dr}}{dt} \\ 0 = R_r I_{qr} + \frac{d\Phi_{qr}}{dt} \end{cases} \quad (2.35)$$

Après arrangement des équations, on aboutit à :

$$\begin{cases} \frac{dI_{ds}}{dt} = -\frac{1}{T_s \sigma} I_{ds} + \frac{1}{\sigma} W I_{qs} + \frac{M}{L_s T_r \sigma} I_{dr} + \frac{M}{L_s \sigma} W I_{qr} + \frac{V_{ds}}{L_s \sigma} \\ \frac{dI_{qs}}{dt} = -\frac{1}{\sigma} W I_{ds} - \frac{1}{T_s \sigma} I_{qs} - \frac{M}{L_s \sigma} W I_{dr} + \frac{M}{L_s T_r \sigma} I_{qr} + \frac{V_{qs}}{L_s \sigma} \\ \frac{dI_{dr}}{dt} = \frac{M}{L_r T_s \sigma} I_{ds} - \frac{M}{L_r \sigma} W I_{qs} - \frac{1}{T_r \sigma} I_{dr} - \frac{M^2}{L_s L_r \sigma} W I_{qr} - \frac{M}{L_s L_r \sigma} V_{ds} \\ \frac{dI_{qr}}{dt} = \frac{M}{L_r \sigma} W I_{ds} + \frac{M}{L_r T_s \sigma} I_{qs} + \frac{M^2}{L_s L_r \sigma} W I_{dr} - \frac{1}{T_r \sigma} I_{qr} - \frac{M}{L_s L_r \sigma} V_{qs} \end{cases} \quad (2.36)$$

7.3. Référentiel fixe par rapport au champ tournant:

Ce référentiel est le seul qui n'introduit pas de simplification dans la formulation des équations. Il fait correspondre des grandeurs continues aux grandeurs sinusoïdales en régime permanent; raison pour laquelle ce référentiel est utilisé en commande [].

Il se traduit par les conditions :

$$\frac{d\theta_s}{dt} = W_s \quad ; \quad \frac{d\theta_r}{dt} = W_s - W = W_r$$

Les équations électriques prennent la forme:

$$\begin{cases} V_{ds} = R_s I_{ds} + \frac{d\Phi_{ds}}{dt} - W_s \Phi_{qs} \\ V_{qs} = R_s I_{qs} + \frac{d\Phi_{qs}}{dt} + W_s \Phi_{ds} \\ 0 = R_r I_{dr} + \frac{d\Phi_{dr}}{dt} - W_r \Phi_{qr} \\ 0 = R_r I_{qr} + \frac{d\Phi_{qr}}{dt} + W_r \Phi_{dr} \end{cases} \quad (2.37)$$

Après arrangement des équations, on aboutit à:

$$\begin{cases} \frac{dI_{ds}}{dt} = -\frac{1}{T_s\sigma} I_{ds} + (W_r + \frac{1}{\sigma}) I_{qs} + \frac{M}{L_s Tr\sigma} I_{dr} + \frac{M}{L_s\sigma} W I_{qr} + \frac{1}{L_s\sigma} V_{ds} \\ \frac{dI_{qs}}{dt} = -(W_r + \frac{1}{\sigma}) I_{ds} - \frac{1}{T_s\sigma} I_{qs} - \frac{M}{L_s\sigma} W I_{dr} + \frac{M}{L_s Tr\sigma} I_{qr} + \frac{1}{L_s\sigma} V_{qs} \\ \frac{dI_{dr}}{dt} = -\frac{M}{L_r T_s\sigma} I_{ds} - \frac{M}{L_r\sigma} W I_{qs} - \frac{1}{Tr\sigma} I_{dr} + (W_r - \frac{M^2}{L_s L_r\sigma} W) I_{qr} - \frac{M}{L_s L_r\sigma} V_{ds} \\ \frac{dI_{qr}}{dt} = \frac{M}{L_r\sigma} W I_{ds} + \frac{M}{L_r T_s\sigma} I_{qs} + (-W_r + \frac{M^2}{L_s L_r\sigma} W) I_{dr} - \frac{1}{Tr\sigma} I_{qr} - \frac{M}{L_s L_r\sigma} V_{qs} \end{cases} \quad (2.38)$$

8. Conclusion

Dans l'objectif d'étudier le comportement de la machine asynchrone dans les régimes normaux et anormaux de fonctionnement, le deuxième chapitre a été consacré à l'élaboration du modèle mathématique triphasé de la machine. A cet effet, en premier lieu, on a fait sa

modélisation (et cela à partir des équations de la machine généralisée), et par la suite nous avons présenté ce modèle dans un système biphasé en appliquant le modèle de Park. Ce dernier nous permettra de présenter le modèle simple de la machine asynchrone, et nous offre aussi la possibilité de présenter ce modèle dans plusieurs référentiels à savoir : le référentiel fixe par rapport au stator, le référentiel fixe par rapport au rotor, et ainsi que le champ tournant. Le choix d'un référentiel se base sur le cas à étudier (commande, diagnostic, étude des défauts statorique ou rotorique...etc).

Par ailleurs, d'après la recherche bibliographique, l'étude du comportement de la machine asynchrone vis-à-vis des défauts nécessite un modèle précis avec minimum de simplification. A cet effet, pour étudier les défauts rotoriques de la machine asynchrone, on va opter pour le modèle multi enroulement présenté dans un référentiel lié au rotor. Cette étude sera l'objet du chapitre suivant. Ensuite, afin de d'étudier les défauts statorique, le dernier chapitre sera consacré à la modélisation de la machine asynchrone dans un système triphasé.