IV

# Chapitre III : Modélisation de la machine asynchrone

Objectifs intermédiaires du chapitre :

- connaître les différentes équations qui régissent le système (savoir)
- élaborer un modèle mathématique du moteur pour faire la commande (savoir-faire)

Les pré-requis pour ce chapitre regroupe :

- Passage du domaine temporel vers le domaine de Laplace
- Matrice de passage d'un système triphasé vers un système biphasé

## 1. Hypothèses simplificatrices

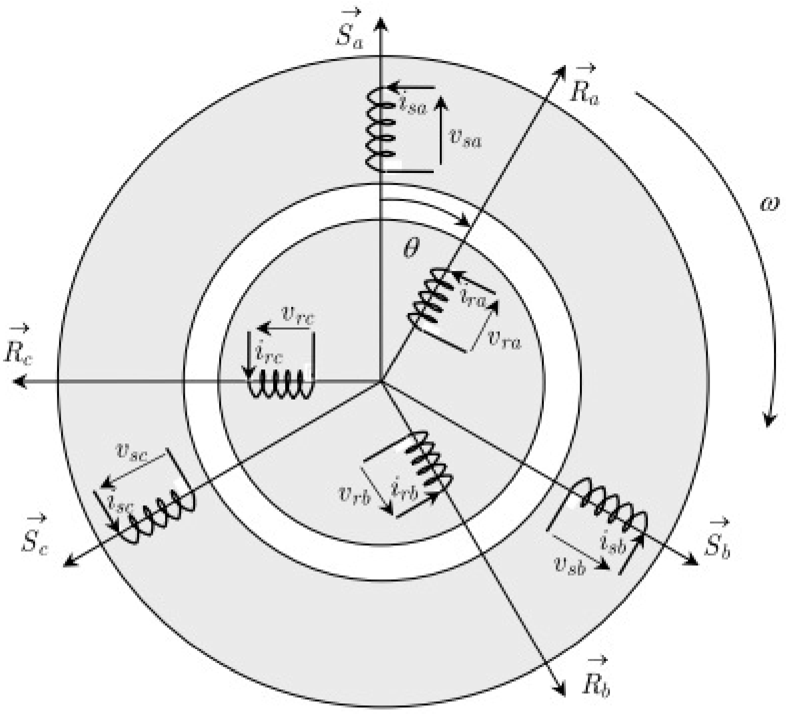
On suppose que :

Le circuit magnétique de la machine asynchrone n'est pas saturé et qu'il n y a pas présence des phénomènes d'hystérésis, donc les inductances deviennent constantes, La répartition du champ magnétique dans l'entrefer de la machine est sinusoïdale,

L'effet de peau (pelliculaire) est négligeable, donc les résistances de la machine sont considérées comme des constantes [PIN 07].

## 2. Modèle de la Machine Asynchrone dans le repère abc

La machine asynchrone est représentée sur la figure ci-dessous par ces six enroulements dans l'espace électrique. L'angle θ repère l'axe magnétique de la phase rotorique de référence Ra par rapport à l'axe magnétique fixe de la phase statorique Sa [BOS 86]




*modele de la MAS*

## 2.1. Équations électriques de la machine asynchrone

Les équations de tension des phases statoriques et rotoriques s'écrivent :

$$[V_s]=R_s.[i_s]+\frac{d}{dt}[\Phi_s] \quad [V_r]=0=R_r.[i_r]+\frac{d}{dt}[\Phi_r]$$

## 2.2. Équations magnétiques de la machine asynchrone

Les flux magnétiques traversant chaque phase statorique et rotorique, sont décrits par :

$$[\Phi_s]=L_s.[i_s]+M_{sr}.[i_r]$$
$$[\Phi_r]=M_{rs}.[i_s]+L_r.[i_r]$$

## 2.3. Équation mécanique de la machine asynchrone

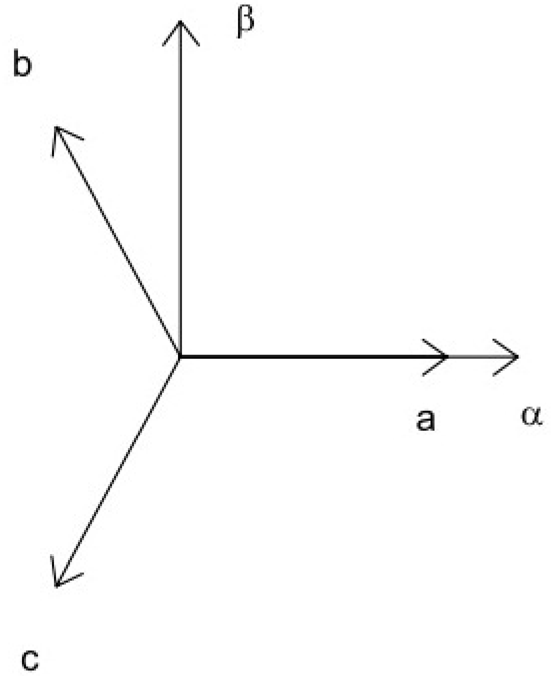
L'équation générale du couple électromagnétique est exprimée comme suit :

$$J\frac{d\Omega}{dt}=C_{em}-f\,\Omega-C_r$$

## 2.4. Transformation triphasé - diphasé

Le but de l'utilisation de cette transformation c'est de passer d'un système triphasé abc vers un système diphasé αβ. Il existe principalement deux transformations : Clarke et Concordia.

La transformation de Clarke conserve l'amplitude des grandeurs mais pas la puissance ni le couple (on doit multiplier par un coefficient 3/2). Tandis que celle de Concordia, qui est normée, elle conserve la puissance mais pas les amplitudes.




*transformation triphasé-biphasé*

Le choix de matrice de passage non normée (Clarke) est bien pratique en commande où l'on traite des grandeurs dq (I ds, I qs que l'on verra par la suite). En effet, cela permet, par exemple, d'apprécier directement le module du courant qui est absorbé par le moteur, sans avoir à passer par un coefficient multiplicateur. Mathématiquement parlant, le choix d'une matrice normée (Concordia) est souvent utilisé pour des raison de symétrie de transformation directe et inverse. Nous allons utiliser la transformation de Concordia dans notre modélisation.

Après la transformation on a alors réduit le système de 3 équations à un système à 2 équations, les équations redeviennent alors :

$$[V_{\alpha\beta s}]=R.[i_{\alpha\beta s}]+\frac{d}{dt}[\Phi_{\alpha\beta s}] \quad [V_{\alpha\beta r}]=R.[i_{\alpha\beta r}]+\frac{d}{dt}[\Phi_{\alpha\beta r}]$$

*Remarque*

On dispose à présent d'une modélisation de la machine asynchrone dans 2 repères séparés :

Les grandeurs statoriques sont exprimées dans le repère αβ stator et les grandeurs rotoriques le sont dans le repère αβ rotor. Il faut exprimer toute la modélisation dans un repère commun.

## 2.5. Transformation de Park

La transformation de Park est constitué d'une transformation triphasé - diphasé suivie d'une rotation. Elle permet de passer du repère abc vers le repère αβ puis vers le repère dq. Le repère αβ est toujours fixe par rapport au repère abc (Figure 2), par contre le repère dq est mobile. Il forme avec le repère fixe αβ un angle qui est appelé l'angle de la transformation de

Park ou angle de Park.

Revenons au choix de ces angles de transformation pour chaque ensemble de grandeurs (statoriques et rotoriques). Si l'on note par θ s (resp. par θ r ) l'angle de la transformation de Park des grandeurs statoriques (resp. rotoriques), il existe une relation qui les lie et qui simplifie les équations et par la même le modèle final.

les équations dans le repère de Park sont exprimé comme suit :

$$[V_{ds}]=R.[i_{ds}]+\frac{d}{dt}[\Phi_{ds}]+\dot{\theta}_s\Phi_{qs}$$

$$[V_{qs}]=R.[i_{qs}]+\frac{d}{dt}[\Phi_{qs}]+\dot{\theta}_s\Phi_{ds} \qquad \begin{array}{l}\Phi_{ds}=L_s.[i_{ds}]+M.i_{dr}\\ \Phi_{qs}=L_s.[i_{ds}]+M.i_{qr}\end{array}$$

Jusqu'à présent, nous avons exprimé les équations et les grandeurs de la machine dans un repère dq qui fait un angle électrique θ s avec le stator et qui fait également un angle électrique θ r avec le rotor mais qui n'est pas défini par ailleurs, c'est à dire qu'il est libre.

Il existe trois choix important. On peut fixer le repère dq au stator, au rotor ou au champ tournant. Rappelons que le repère dq est le repère mobile, c'est-à-dire qu'il nous appartient de calculer les angles des transformations de Park θ s et θ r afin d'effectuer les rotations. On peut donc le lier à un référentiel mobile comme le champ tournant.

Le champ tournant est le champ crée par le bobinage statorique et qui tourne, en régime permanent, à la vitesse de synchronisme. Il est symbolisé par le vecteur flux statorique. On parle de vecteur alors qu'on vérité on a tout un champ. Le vecteur permet de donner une idée visuelle de la phase et du module d'amplitude du flux.

Le flux rotorique, quand à lui, est représenté par un vecteur flux rotorique qui tourne également à la même vitesse, c'est-à-dire au synchronisme. En effet, c'est le rotor qui "glisse" par rapport au champ tournant. Mais, en régime permanent, les deux flux, statorique et rotorique tournent à la même vitesse, au synchronisme.

# 3. Exercice :

## Exercice 1

Etablir le schéma simulink de la transformation de Park direct et inverse en prenant la composante homopolaire nulle.

# 4. Exercice :

## Exercice 2

Etablir le schéma simulink d'un MAS à cage (référentiel lié au champ tournant)