



Contribution à la commande robuste de la MAS(avec régulateur LQG)



Cherade Keltoum*Aiachi Mouloud , Dr. Khettache Laid,
U K M Ouargla Faculte des sciences appliquées

Département de génie électrique 2^{eme} Master: Machines et EP année:2014/2015

Introduction :

La représentation du modèle mathématique sous forme dynamique de la machine asynchrone permet l'observation et l'analyse des différentes évolutions de ses grandeurs électromécanique d'une part et d'autre part l'élaboration des lois de commande, et de prévoir le control nécessaire. Dans ce travail, nous présenterons la modélisation de la machine asynchrone, en utilisant la transformation de PARK, ce qui nous permet d'élaborer un modèle de la machine alimentée en tension. En suite une modélisation de la commande vectorielle direct en vue de contrôle la vitesse, ainsi que les courants et flux.

I. Hypotheses de travail

Afin de faciliter l'étude de la machine asynchrone et la mise en équation, les hypothèses Généralement admises sont. Le bobinage est réparti de manière à donner une f.m.m. sinusoïdale s'il est alimenté par Des courants sinusoïdaux. Régime non saturé, le phénomène d'hystérésis et les courants de Foucault en plus l'effet de peau sont négligés. Le régime homopolaire est nul. Dans ces conditions, si on considère que le moteur à induction est triphasé au stator et au rotor Les trois types d'équations traduisant le comportement du moteur sont :

- Les équations électriques.
- Les équations magnétiques.
- L'équation mécanique.

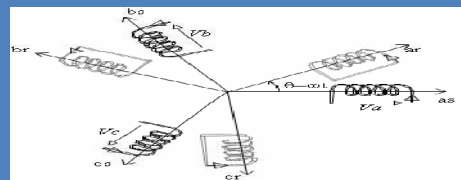


Figure (I.1) : Model triphasé de la machine asynchrone.

Model d'état de la machine asynchrone

Pour le cas du référentiel synchronisme, qui semble le plus utile nous avons le modèle qui suit, après séparation des parties réelles et imaginaires [6], avec

$$\omega_{ref} = \omega_r$$

Equations de tension :

$$\begin{cases} V_{ds} = R_s I_{ds} + \frac{d\phi_{ds}}{dt} - \omega_s \phi_{qs} \\ V_{qs} = R_s I_{qs} + \frac{d\phi_{qs}}{dt} + \omega_s \phi_{ds} \\ V_{dr} = R_r I_{dr} + \frac{d\phi_{dr}}{dt} - (\omega_s - \omega_r) \phi_{qr} \\ V_{qr} = R_r I_{qr} + \frac{d\phi_{qr}}{dt} - (\omega_s - \omega_r) \phi_{dr} \end{cases}$$

Equations de flux :

$$\begin{cases} \phi_{ds} = L_s I_{ds} + M I_{dr} \\ \phi_{qs} = L_s I_{qs} + M I_{qr} \\ \phi_{dr} = L_r I_{dr} + M I_{ds} \\ \phi_{qr} = L_r I_{qr} + M I_{qs} \end{cases}$$

Le couple électromagnétique peut être dérivé de l'expression de la Co-énergie ou obtenu à l'aide d'un bilan de puissance. Il en résulte plusieurs expressions toutes égales :

$$C_e = P(\phi_{ds} I_{qs} - \phi_{qs} I_{ds})$$

$$C_e = P(\phi_{qr} I_{dr} - \phi_{dr} I_{qr})$$

$$C_e = PM(I_{qs} I_{dr} - I_{ds} I_{qr})$$

$$C_e = \frac{PM}{L_r} (\phi_{dr} I_{qs} - \phi_{qr} I_{ds})$$

Model d'état

choisissons de fixer le repère (dq) au champ tournant. L'avantage d'utiliser ce référentiel, est d'avoir des grandeurs constantes en régime permanent.

il est alors aisé d'en faire la régulation, le système d'équation différentielle d'ordre 4 et le système d'équation des flux décrivent d'une manière générale le fonctionnement de la machine, il permet de concevoir une représentation d'état pour le processus de contrôle en choisissant deux variables d'état parmi quatre (is, ir, φ_{ds}, φ_{qr}). Les états utilisés sont ceux données au moins par une mesure d'état (is) tel que (is, ir), (is, φ_r) et (is, φ_r).

le modèle de la machine dans le repère (dq) lié au champ tournant pour un vecteur d'état $x = [I_{ds} \ I_{qs} \ \phi_{dr} \ \phi_{qr}]^T$ et de tension de commande $v = [v_{ds} \ v_{qs}]^T$ est donné sous forme condensé tel que : $\dot{X} = a \cdot X + b \cdot u$

$$\begin{cases} \frac{dI_{ds}}{dt} = -\left(\frac{1}{\sigma T_s} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r}\right) I_{ds} + \omega_s I_{qs} + \frac{1-\sigma}{\sigma M T_r} \phi_{dr} + \frac{1-\sigma}{\sigma M} P \Omega \phi_{qr} + \frac{1}{\sigma L_s} V_{ds} \\ \frac{dI_{qs}}{dt} = -\left(\frac{1}{\sigma T_s} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r}\right) I_{qs} - \omega_s I_{ds} + \frac{1-\sigma}{\sigma M T_r} \phi_{qr} - \frac{1-\sigma}{\sigma M} P \Omega \phi_{dr} + \frac{1}{\sigma L_s} V_{qs} \\ \frac{d\phi_{dr}}{dt} = \frac{M}{T_r} I_{ds} - \frac{1}{T_r} \phi_{dr} + (\omega_s - P \Omega) \phi_{qr} \\ \frac{d\phi_{qr}}{dt} = \frac{M}{T_r} I_{qs} - \frac{1}{T_r} \phi_{qr} + (\omega_s - P \Omega) \phi_{dr} \end{cases}$$

Avec; $\omega_s = p\Omega$: pulsation mécanique. $\sigma = 1 - \frac{M}{L_r L_s}$: Coefficient de dispersion de la machine.

$T_s = \frac{L_s}{R_s}$: Constante de temps des courants statoriques.

$T_r = \frac{L_r}{R_r}$: Constante de temps des courants rotoriques.

L'équation mécanique :

$$\frac{d\Omega}{dt} = \frac{1}{J} (C_e - C_r - f_v \Omega)$$

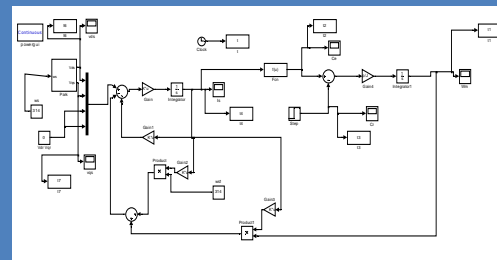


Figure (I-5): Schéma Blok de MAS

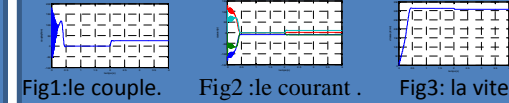


Figure (I.6) : Résultat de simulation de la MAS

Résultats de simulation

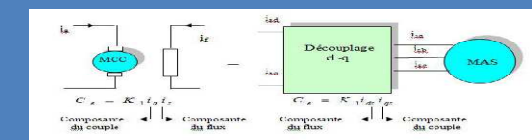
Les résultats de simulation donnés par la figure(I.6) représentent l'évolution des grandeurs fondamentales de la machine asynchrone: la vitesse (Ω), le couple électromagnétique (Cem), les courants statoriques Isd, Isq. La simulation a été réalisée pour un démarrage à vide, à l'instant t=4s on applique une charge nominale Cr = 25Nm.

- ✓ Vitesse du rotor : La vitesse atteint presque la vitesse de synchronisme (323 rad/s) après un temps de réponse de (0.4s), mais elle subit une diminution de (4 rad/s) en charge.
- ✓ Couple électromagnétique : Le couple de démarrage atteint la valeur (180 Nm) et après un temps de réponse de (0.5s), il atteint sa valeur finale (0Nm) dans le cas à vide, et en charge.
- ✓ Courant statorique : Après un fort courant de démarrage qui vaut (15A) et un temps de réponse de (0.5s), le courant entre dans son régime normal avec une intensité entre (-0.3 et 0.3 A), de une stable l'intensité de courant 2s).

L'objectif de la commande vectorielle

L'objectif de ce type de contrôle est d'obtenir un modèle simple de la machine asynchrone qui rend compte de la commande séparée de la grandeur courant générateur du flux et du couple. Il s'agit donc de retrouver la quadrature entre, le flux et le couple naturellement découplés comme pour une machine à courant continu; courant d'excitation pour la production de flux, et courant d'induit production du couple. L'examen de l'expression de couple de la machine asynchrone montre qu'elle résulte d'une différence de produits de deux composantes en quadrature, des flux rotoriques et des courants statoriques.

L'objectif de la commande par orientation du flux est le découplage des grandeurs responsables de la magnétisation de la machine et de la production du couple. Mathématiquement, la loi de commande consiste à établir l'ensemble des transformations pour passer d'un système possédant une double non linéarité structurelle à un système linéaire qui assure l'indépendance entre la création du flux et la production du couple comme dans une machine à courant continu à excitation séparée.



Figure(II.1):Equivalence entre la commande d'une MCC et la commande vectorielle d'une MAS

Découplage par compensation

Les équation de la MAS par orientation du flux rotorique s'écrivent :

$$\begin{cases} L_{ss} \frac{d}{dt} \sigma I_{sd} + R_s I_{sd} = V_{sd} - \frac{M}{L_{rr}} \frac{d}{dt} \phi_r + \omega_s L_{ss} \sigma I_{sq} \\ L_{ss} \frac{d}{dt} \sigma I_{sq} + R_s I_{sq} = V_{sq} - \frac{M}{L_{rr}} \omega_s \phi_r - \omega_s L_{ss} \sigma I_{sd} \end{cases}$$

Le principe de découplage revient à définir deux nouvelles variables de commande

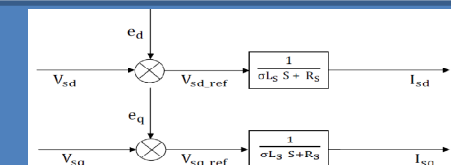
$V_{sd,ref}$ et $V_{sq,ref}$ tel que $V_{sd,ref}$ agit que sur I_{sd} et $V_{sq,ref}$ sur I_{sq} .

Définitions de deux nouvelles variable de commande $V_{sd,1}$ et $V_{sq,1}$ telles que :

$$\begin{cases} V_{sd} = V_{sd,ref} - e_d \\ V_{sq} = V_{sq,ref} - e_q \end{cases} \text{ Avec } \begin{cases} e_d = \omega_s L_{ss} \sigma I_{sq} + \frac{M}{L_r} \frac{d}{dt} \phi_r \\ e_q = -(\omega_s L_{ss} \sigma I_{sd} + \omega_s \frac{M}{L_r} \phi_r) \end{cases}$$

Les tensions V_{sd} et V_{sq} sont alors reconstituées à partir des tensions $V_{sd,1}$ et $V_{sq,1}$ dans la figure (II.04)

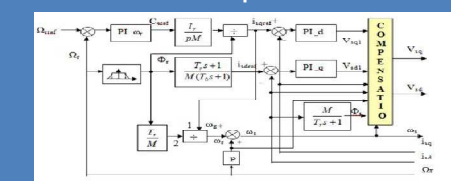
$$\text{Tel que: } \begin{cases} V_{sd,ref} = L_s \frac{d}{dt} \sigma I_{sd} + R_s I_{sd} \\ V_{sq,ref} = L_s \frac{d}{dt} \sigma I_{sq} + R_s I_{sq} \end{cases}$$



Figure(II.4): Compensation des tensions d'alimentation

Principe de fonctionnement

Le schéma bloc de la structure de commande vectorielle indirecte par orientation du flux d'une MAS alimentée en tension est représenté par la figure (II.5). CV-OFR: Commande vectorielle Indirecte par orientation du flux rotorique



Figure(II.5): Schéma-bloc de la structure de la CV-OFR de la MAS alimenté en tension