

COMMANDE SCALAIRE DE LA MACHINE ASYNCHRONE

La variation de la vitesse des moteurs à courant alternatif s'effectue de plus en plus par la variation de la fréquence statorique. Pour contrôler le flux dans la machine il faut varier l'amplitude des tensions et courants. Deux modes d'alimentation sont donc possibles:

- 1- Alimentation en tension (onduleur de tension),
- 2- Alimentation en courant (onduleur de courant).

Dans le premier mode la forme de l'amplitude des tensions fournies peuvent être considérées indépendantes de la charge.

Dans le deuxième mode, les courants fournis ont des formes et des amplitudes influencées par la nature de la charge.

A - Commande scalaire:

Le contrôle du couple et de la vitesse de la machine asynchrone nécessite le contrôle de son flux magnétique interne selon deux types:

1 - Contrôle indirect:

En imposant l'amplitude de la tension ou du courant en fonction des fréquences.

2 - Contrôle direct:

En régulant le flux, ce qui nécessite son estimation.

B - Lois de Commande:

Pour étudier le comportement de la machine en régime permanent, il nous faut considérer l'équation du circuit rotorique qui s'écrit:

$$0 = R_R \cdot \overline{I_R} + j\omega_g \cdot L_R \cdot \overline{I_R} + j\omega_g M \cdot \overline{I_S} \quad (1)$$

Avec: $\omega_g = g\omega_s$: pulsation des courants rotoriques.

La relation exprimant le flux statorique est:

$$\overline{\varphi_S} = L_S \cdot \overline{I_S} + M \cdot \overline{I_R} \quad (2)$$

A partir de ces deux équations, on peut en déduire:

$$\overline{I_R} = -\frac{j\omega_g \cdot M}{R_R + j\omega_g \cdot L_R} \cdot \overline{I_S} \quad (3)$$

D'où l'on peut déduire l'expression du flux statorique:

$$\overline{\varphi}_S = L_S \cdot \left(\frac{R_R + j\omega_g \cdot L_R \cdot \sigma}{R_R + j\omega_g \cdot L_R} \right) \overline{I}_S \quad (4)$$

Avec: σ est le coefficient de dispersion de BLONDEL.

Si on tient compte de la constante de temps rotorique donnée par : $\tau_R = \frac{L_R}{R_R}$, alors on peut

écrire l'expression du module du courant statorique comme suit:

$$I_S = \frac{\varphi_S}{L_S} \cdot \sqrt{\frac{1 + (\tau_R \cdot \omega_g)^2}{1 + (\sigma \cdot \tau_R \cdot \omega_g)^2}} \quad (5)$$

Cette expression est la base des lois de commande à flux constant des machines alimentées en courant.

C - Expression du couple:

Le couple électromagnétique est donné par l'expression suivante:

$$C_{ém} = pM(I_{dr} \cdot I_{qs} - I_{ds} \cdot I_{qr}) = pM \cdot I_m \cdot (\overline{I}_S \cdot \overline{I}_R) \quad (6)$$

A partir des équations (3), (4) et (6) on obtient:

$$C_{ém} = p \left(\frac{M}{L_S} \right)^2 \cdot \varphi_S^2 \cdot \frac{\omega_g}{R_R [1 + (\sigma \tau_R \cdot \omega_g)^2]} \quad (7)$$

Cette dernière expression montre que lorsque le module du flux est constant, le couple ne dépend que de ω_g .

En régime permanent la tension d'alimentation est exprimée par la relation suivante:

$$V_S = R_S \cdot I_S + j\omega_S L_S I_S + j\omega_S M \cdot I_R \quad (8)$$

En remplaçant (3) dans (8) et après développement on aura:

$$\overline{V}_S = \frac{R_S}{1 + j\tau_R \cdot \omega_g} \left[(1 - \sigma \cdot \tau_R \cdot \tau_S \cdot \omega_g \cdot \omega_S) + j(\tau_R \cdot \omega_g + \tau_S \cdot \omega_S) \right] \cdot \overline{I}_S \quad (9)$$

En reportant l'expression (5) dans (9), le module de la tension statorique sera comme suit:

$$V_S = \frac{\varphi_S}{\tau_S} \cdot \sqrt{\frac{(1 - \sigma \cdot \tau_R \cdot \tau_S \cdot \omega_g \cdot \omega_S)^2 + (\tau_R \cdot \omega_g + \tau_S \cdot \omega_S)^2}{1 + (\sigma \cdot \tau_R \cdot \omega_g)^2}} \quad (10)$$

Cette relation reste valable entre les valeurs efficaces des tensions et des flux statoriques. Elle constitue le principe fondamentale des lois de commande à flux constant des machines alimentées en tension.

Après cela, deux types de commandes scalaires sont possibles:

1. Une commande par le contrôle de la fréquence statorique ω_s et du courant (ou de la tension) statorique.
2. Une commande avec autopilotage et contrôle de la pulsation des courants rotoriques ω_g .

D - Machine asynchrone alimentée en tension:

La loi de commande (10) permet de maintenir le flux constant, mais elle est trop complexe pour être exploitée sans moyen de calcul puissant. Donc elle doit être allégée, simplifiée. Pour cela on suppose que:

- Si la pulsation $\omega_g \ll$ est très faible on a:

$$V_s = \varphi_s \cdot \omega_s \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{(\tau_s \cdot \omega_s)^2}} \quad (11)$$

- Si de plus, $R_s \cdot I_s \ll$ (la chute de tension due à la résistance statorique est négligeable), alors on a:

$$V_s = \varphi_s \cdot \omega_s \quad (12)$$

Ce qui caractérise la loi de commande en $V_s / f_s = cte$.

Si la fréquence statorique f_s diminue, alors les réactances de flux décroissent, par contre les résistances demeurent constantes et par conséquent le terme $R_s \cdot I_s$ n'est plus négligeable, ce qui implique une régulation de V_s / f_s ce qui mènerait à de fortes variations du flux φ_s . Ces lois simplifiées ne suffisent pas à réguler le flux pour les faibles valeurs de ω_s et les forts glissements. On ajoute, fréquemment un terme correctif pour prendre en compte la pulsation rotorique:

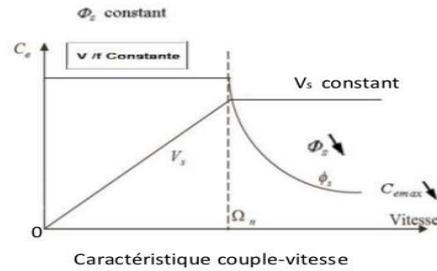
$$V_s = \varphi_s \cdot (\omega_s + k \cdot \omega_g) \quad (13)$$

Avec: $k = \tau_R / \tau_s$.

Les lois précédentes assurent un maintien du flux jusqu'à la vitesse nominale, au delà la tension ne peut plus évoluer et elle est maintenue constante est égale à: $V_{\max} = V_n$.

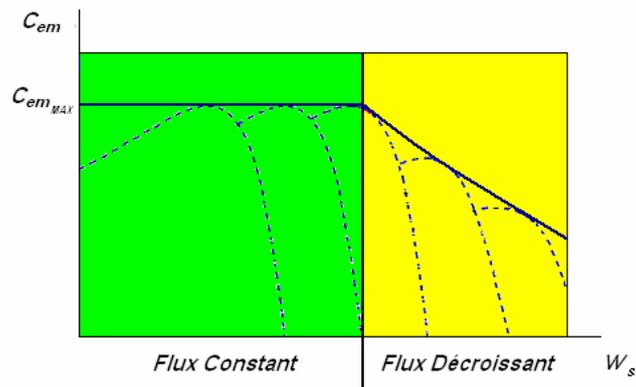
La figure qui suit, illustre les modes de fonctionnement utilisés:

- Jusqu'à la fréquence nominale ($\omega_s = \omega_n$), la loi de commande assure un fonctionnement à flux constant et donc pour une pulsation rotorique donnée à couple constant.
- Au-delà de la fréquence ω_n , la commande commute sur le mode à puissance constante.

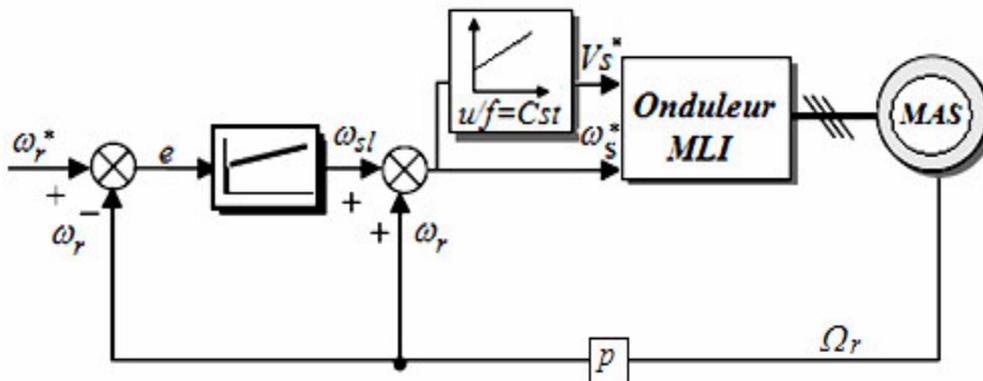


- D'une vitesse nulle à la vitesse nominale, on maintiendra le flux constant à sa valeur maximale pour minimiser les pertes.
 - V/f Constante, Pour cette plage, on disposera du couple nominal de la machine.
- Pour des vitesses supérieures à la vitesse nominale, la tension est constante, il est caractérisé par un flux décroissant ce qui provoque une diminution du couple. On est en régime de survitesse.

39



La figure suivante illustre une commande scalaire d'une MAS alimentée en tension.



. Schéma d'un contrôle scalaire avec alimentation en tension

