

**MODELISATION ET PRINCIPE DE L'AUTOPILOTAGE DE LA MACHINE SYNCHRONE****INTRODUCTION**

- Les machines de type synchrone sont des convertisseurs électromécaniques d'énergie .
- Elles couvrent une gamme de puissance très large qui s'étend de quelques  $\mu\text{W}$ , jusqu'à 1 GW environ.
- Traditionnellement, les fortes puissances restent le domaine réservé de la production d'électricité. En fonctionnement moteur, en revanche, les puissances installées dépassent rarement quelques dizaines de MW.
- Le fonctionnement d'une machine est régi par un système d'équations volumineux dont la résolution exige l'emploi d'un ordinateur.

**COMPARAISON MACHINE SYNCHRONE – MACHINE A COURANT CONTINU****Comparaison machine synchrone – machine à courant continu**

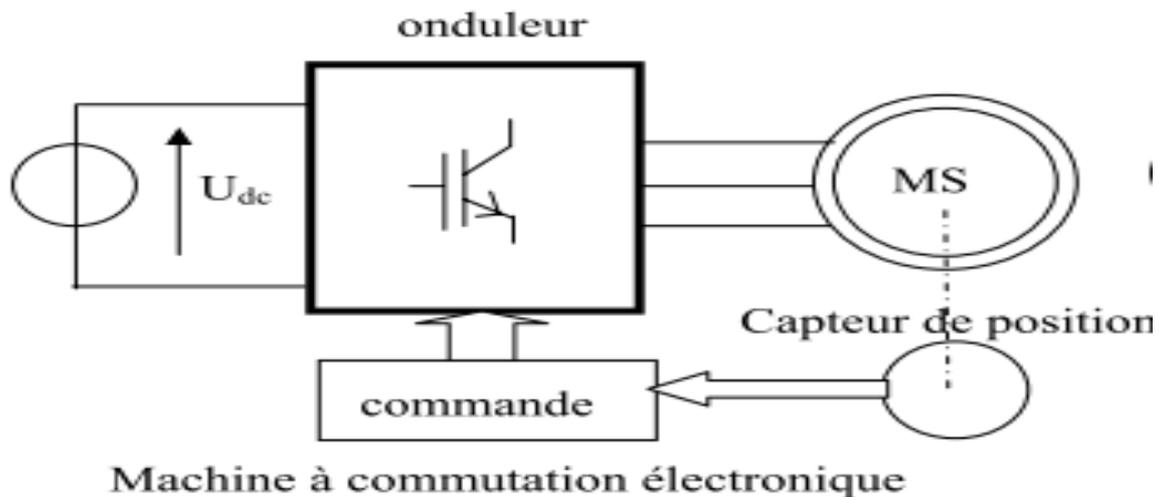
Dans la machine à courant continu (MCC) et dans la machine synchrone (MS) le couple est obtenu par interaction entre un champ « inducteur » produit par électroaimants ou des aimants permanents et un champ dit « induit » produit par les courants d'alimentation I.

Dans la machine à courant continu (MCC) et dans la machine synchrone (MS) le couple est obtenu par interaction entre un champ « inducteur » produit par électroaimants ou des aimants permanents et un champ dit « induit » produit par les courants d'alimentation I.

Dans la machine à courant continu (MCC) et dans la machine synchrone (MS) le couple est obtenu par interaction entre un champ « inducteur » produit par électroaimants ou des aimants permanents et un champ dit « induit » produit par les courants d'alimentation I.

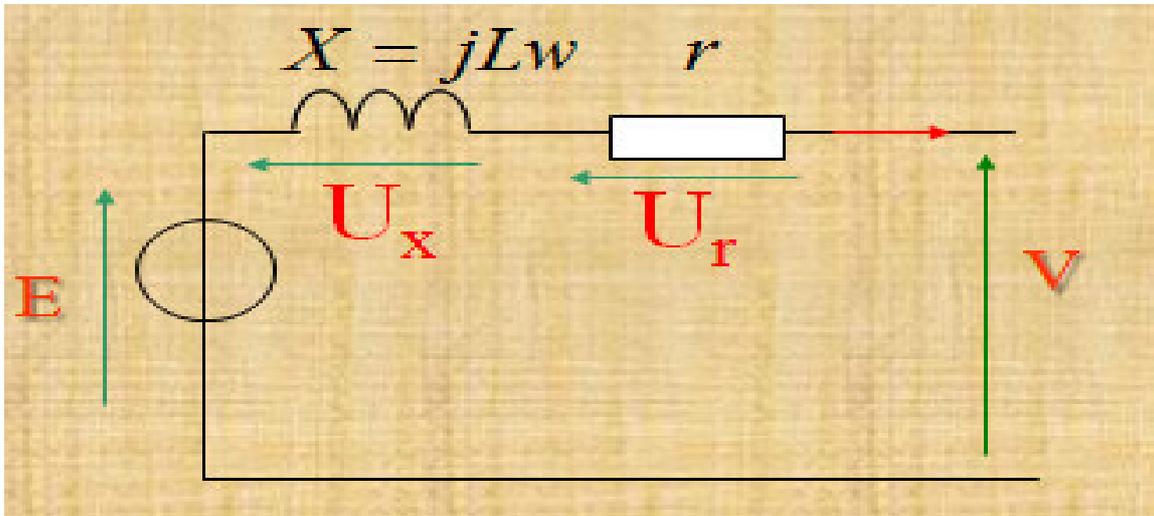
Dans la machine à courant continu (MCC) et dans la machine synchrone (MS) le couple est obtenu par interaction entre un champ « inducteur » produit par électroaimants ou des aimants permanents et un champ dit « induit » produit par les courants d'alimentation I.

**La figure présente la structure de commande d'un MS:**



- ❑ Comme l'indique la figure , le MS a besoin d'une connaissance de la position du rotor par rapport au stator pour réaliser la synchronisation des courants d'induits avec le flux inducteur, c'est à dire l'autopilotage.

**MODELE EQUIVALENT DE MS**



E : f.é.m. à vide (V)

V : tension aux bornes d'un enroulement de la machine (V)

r : résistance de l'enroulement (Ohm)

X : réactance synchrone (Ohm)

$$\begin{cases} -U_{ds} = R_s \cdot I_{ds} + \frac{d\Phi_{ds}}{dt} - \omega \cdot \Phi_{qs} \\ -U_{qs} = R_s \cdot I_{qs} + \frac{d\Phi_{qs}}{dt} + \omega \cdot \Phi_{ds} \\ U_f = R_f \cdot I_f + \frac{d\Phi_f}{dt} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Phi_{ds} = L_s \cdot I_{ds} + M \cdot I_f \\ \Phi_{qs} = L_s \cdot I_{qs} \\ \Phi_f = L_f \cdot I_f + M \cdot I_{ds} \end{cases}$$

$$\begin{cases} -U_{ds} = R_s \cdot I_{ds} + \frac{d(L_s \cdot I_{ds} + M \cdot I_f)}{dt} - \omega \cdot L_s \cdot I_{qs} \\ -U_{qs} = R_s \cdot I_{qs} + \frac{d(L_s \cdot I_{qs})}{dt} + \omega \cdot (L_s \cdot I_{ds} + M \cdot I_f) \\ U_f = R_f \cdot I_f + \frac{d(L_f \cdot I_f + M \cdot I_{ds})}{dt} \end{cases}$$

Mise sous forme d'équation d'états :

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} I_{ds} \\ I_{\varphi} \\ I_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{ds} & 0 & M \\ 0 & L_{\varphi} & 0 \\ M & 0 & L_f \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} R_s & -\omega L_{\varphi} & 0 \\ \omega L_{ds} & R_s & \omega M \\ 0 & 0 & R_f \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{ds} \\ I_{\varphi} \\ I_f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_{ds} & 0 & M \\ 0 & L_{\varphi} & 0 \\ M & 0 & L_f \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} -U_{ds} \\ -U_{\varphi} \\ U_f \end{bmatrix}$$

## PRINCIPE DE L'AUTOPILOTAGE

### Introduction:

Le moteur synchrone ne peut fournir un couple qu'à la vitesse de synchronisme

$n_s = 60 \cdot f / p$  ; Pour faire varier la vitesse du moteur, il faut donc agir sur la fréquence  $f$ ; pour cela nous devons alimenter le moteur par un convertisseur alternatif fonctionnant à fréquence variable (Onduleur).

Pour les onduleurs, la fréquence est généralement imposée par sa commande indépendamment de la charge; ce mode de fonctionnement ne convient pas ici car le risque de voir décrocher le moteur lors des variations de fréquence ou lors des variations des charges est important.

Supposons un moteur ayant 2 pôles, alimenté à :

\*  $f = 50\text{Hz}$ ; il tourne à  $n_s = 3\,000\text{tr/min}$ .

Amenons brusquement la fréquence à :

\*  $f' = 25\text{ Hz}$ : l'inertie électrique étant faible, le champ tournant prend quasi instantanément la vitesse  $n'_s = 1500\text{ tr/min}$ ; l'inertie mécanique ne pouvant être négligée, le rotor continue à tourner à  $n_s$ .

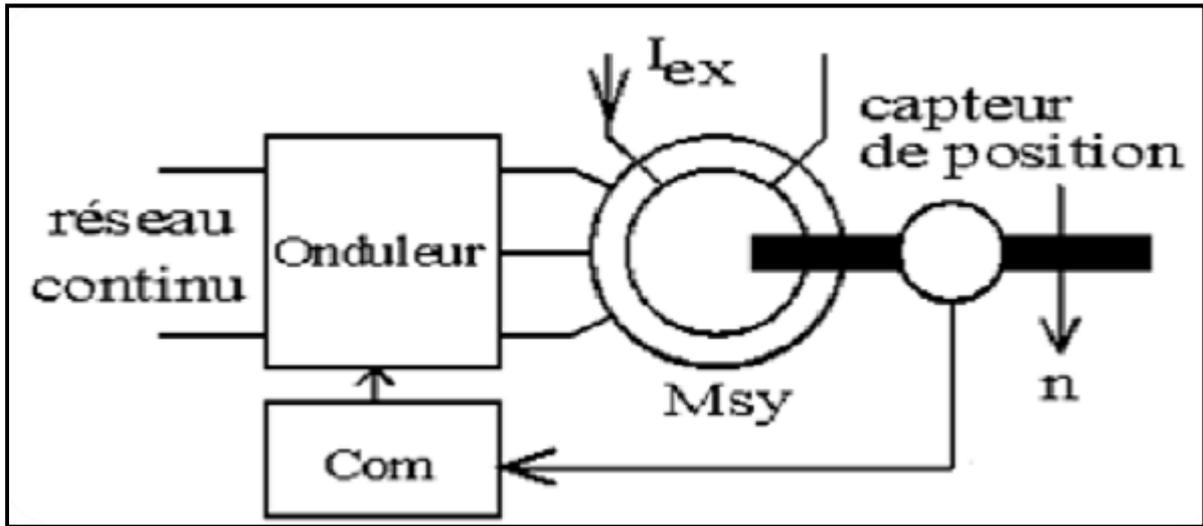
Donc, le moteur est *désynchronisé* et son couple moteur s'annule; freiné par sa charge, le rotor se bloque très rapidement et n'a pas le temps de se synchroniser au passage à  $n'_s$  ; donc il y a un *décrochage* ; pour éviter cela, il faut que le moteur soit **autopiloté**.

### Définition de l'autopilotage :

L'autopilotage est que la commande de l'onduleur soit asservie à la vitesse et à la position du rotor.

A chaque instant les phases du rotor doivent être alimentées de telle sorte que le champ tournant reste synchrone du rotor.

Le moteur va donc donner les ordres de commande des interrupteurs de son convertisseur de commande; nous dirons que le moteur est **autopiloté**



*Synoptique général alimentation par onduleur de courant*

