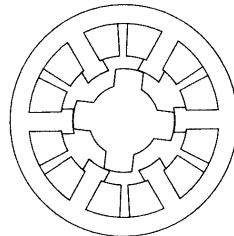


## MOTEUR SYNCHRONE

### 1. STRUCTURE

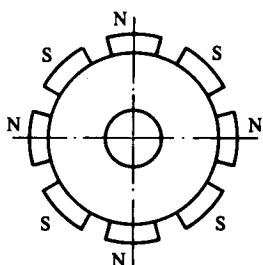
Le moteur synchrone est caractérisé par un rotor tournant à la même vitesse que le champ tournant statorique ou dans un rapport constant (certains moteurs pas à pas). Le rotor peut être principalement de trois types différents :

- réluctant, à pôles saillants (puissances de 100 W à 200 kW) (Fig. 1)

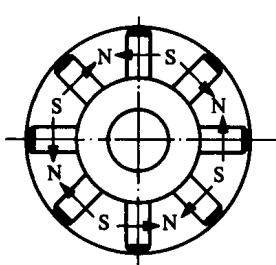


**Figure 1**

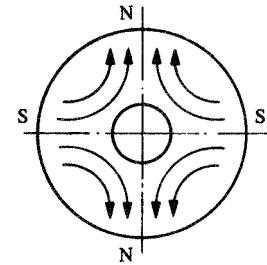
- constitué d'aimants permanents (puissances de 1  $\mu$ W à 100 kW) (Fig. 2a, b, c)



**Figure 2a**

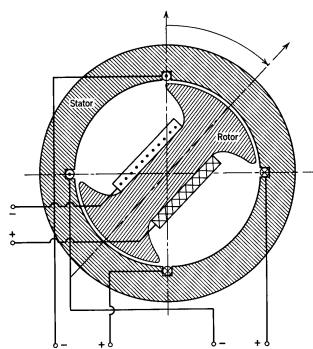


**Figure 2b**



**Figure 2c**

- constitué de pôles excités par un bobinage à courant continu (puissances de 10 kW à 1000 MW) (Fig. 3)

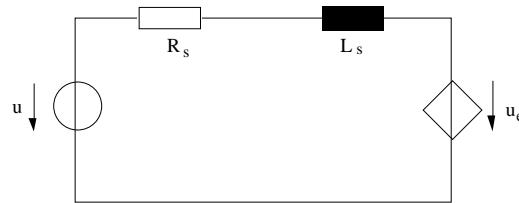


**Figure 3**

### 2. EXPRESSIONS PRINCIPALES

Les expressions qui suivent sont basées sur l'hypothèse d'une tension induite et d'une alimentation sinusoïdales.

Le schéma équivalent d'un moteur à aimants permanents est décrit par la Figure 4, pour une phase :



$$u = \text{tension d'alimentation} = \hat{U} \sin(\omega t + \varepsilon)$$

$$u_e = \text{tension induite de mouvement due à l'excitation}$$

$$= \hat{U}_e \sin \omega t = k_e \Omega \sin \omega t$$

$$\Omega = \text{vitesse angulaire}$$

$$R_s = \text{résistance de phase}$$

$$\omega = p \Omega$$

$$L_s = \text{inductance de phase}$$

En complexe :

$$\hat{U} e^{j\varepsilon} = (R_s + j\omega L_s) \hat{I} + k_e \Omega$$

Le courant  $\hat{I}$  vaut :

$$\hat{I} = \frac{\hat{U} e^{j\varepsilon} - k_e \Omega}{Z_s} \quad (1) \quad Z_s = R_s + j\omega L_s = Z_s e^{j\varphi_s}$$

A courant imposé, le couple vaut, pour 3 phases :

$$M = \frac{3}{2} k_e \hat{I} \cos \psi \quad (2)$$

$\psi$  = angle de déphasage entre courant et tension induite (Fig. 5).

A tension imposée, le couple prend l'expression suivante :

$$M = \frac{3}{2} \frac{k_e}{Z_s} [\hat{U} \cos(\varphi_s - \varepsilon) - k_e \Omega \cos \varphi_s] \quad (3)$$

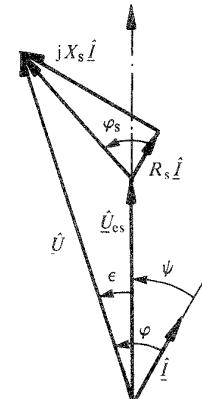


Figure 5

### 3. ALIMENTATION EN CIRCUIT OUVERT

En circuit ouvert, à tension et fréquence imposées, le couple devient une fonction de l'angle  $\varepsilon$  :

$$M = M_{\text{res}} = f(\varepsilon) \quad (\text{Fig. 6})$$

Ce couple présente un domaine stable, un maximum et un minimum.

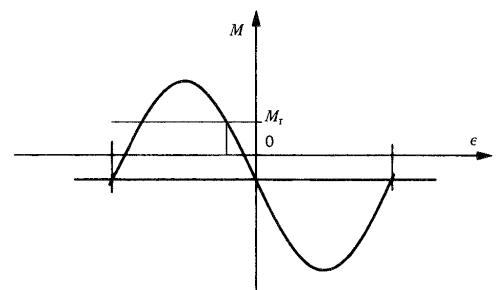


Figure 6

#### 4. ALIMENTATION AUTO-COMMUTÉE

Le mode auto-commuté correspond à une commutation des phases en fonction de la position du moteur. Pour ce régime, l'angle  $\varepsilon$  est imposé. Dans ces conditions, deux modes d'alimentation sont possibles.

##### 4.1 Alimentation en courant

Par l'expression (2), on impose un courant en phase avec la tension induite, soit un angle  $\psi$  nul. Ceci est possible en utilisant un capteur en phase avec la tension induite.

$$M = \frac{3}{2} k_e \hat{I}$$

##### 4.2 Alimentation en tension

Pour ce cas, 3 possibilités existent :

- $\varepsilon = 0$  ou une autre constante

Selon (3), le couple décroît relativement rapidement avec la vitesse.

- $\varepsilon = \Phi_s$

Le couple est maximum et vaut :

$$M = \frac{3}{2} \frac{k_e}{Z_s} [\hat{U} - k_e \Omega \cos \Phi_s]$$

- $\psi = 0$

Le rendement est maximum (couple maximum pour un courant donné).

Comparé au cas à couple maximum, le courant est plus faible pour une vitesse quelconque.

L'angle  $\varepsilon$  correspondant vaut :

$$\varepsilon = \arccos \left( \frac{\hat{U}_e \omega L_s}{Z_s \hat{U}} \right) - \operatorname{arctg} \left( \frac{R_s}{\omega L_s} \right)$$