

Chapitre 5 : Moteur asynchrone

Introduction

I / constitution du moteur asynchrone triphasé.

1. Stator ou inducteur
2. rotor ou induit
3. Symboles
4. plaque signalétique

II / Principe de fonctionnement

1. principe
2. glissement
 - a) définition
 - b) exercices

III / Caractéristique du moteur asynchrone

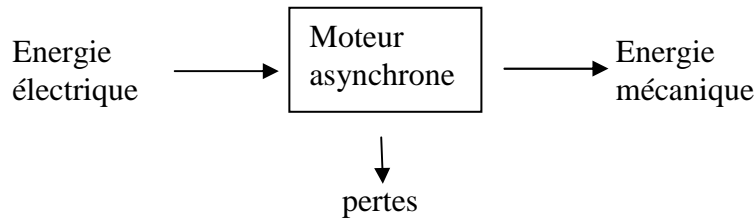
1. étude à vide
2. étude en charge
3. caractéristique mécanique : $T_u=f(n)$
4. caractéristique $I=f(n)$
5. conclusions

IV / Puissances et rendement

1. puissance absorbée
2. puissance utile
3. pertes joules au stator : P_{Js}
4. pertes fer statoriques : P_{Fe}
5. puissance transmise : P_{trans}
6. puissance disponible au rotor : P_r
7. pertes joule au rotor P_{Jr}
8. pertes mécaniques
9. Bilan
10. rendement
11. détermination des pertes constantes

Introduction

- le moteur asynchrone est un convertisseur d'énergie électro-mécanique.



- c'est le moteur le plus utilisé car le plus robuste, le plus facile à construire et donc le moins coûteux des moteurs électriques.
- On retrouve le moteur asynchrone monophasé dans les machines à laver, les compresseurs de frigo...
- On retrouve le moteur asynchrone triphasé dans les machines outils et le TGV.

I / Constitution du moteur asynchrone triphasé

1. Stator ou inducteur

- Il est identique à celui d'une machine synchrone : trois conducteurs, placés dans les encoches du stator, forment trois enroulements qui sont alimentés par un réseau triphasé de fréquence f .
- Il se crée donc un champ magnétique tournant à la fréquence de synchronisme n_s :

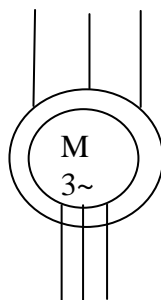
$$n_s = \frac{f}{p}$$

n_s : en tr.s^{-1}
 f en Hz
 p : nombre de paire de pôles

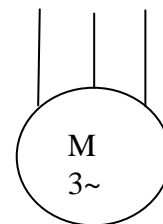
2. rotor ou induit

Il existe deux types de rotor, rotor à cage d'écureuil et rotor bobiné, dans les deux cas, on a : des conducteurs court-circuités

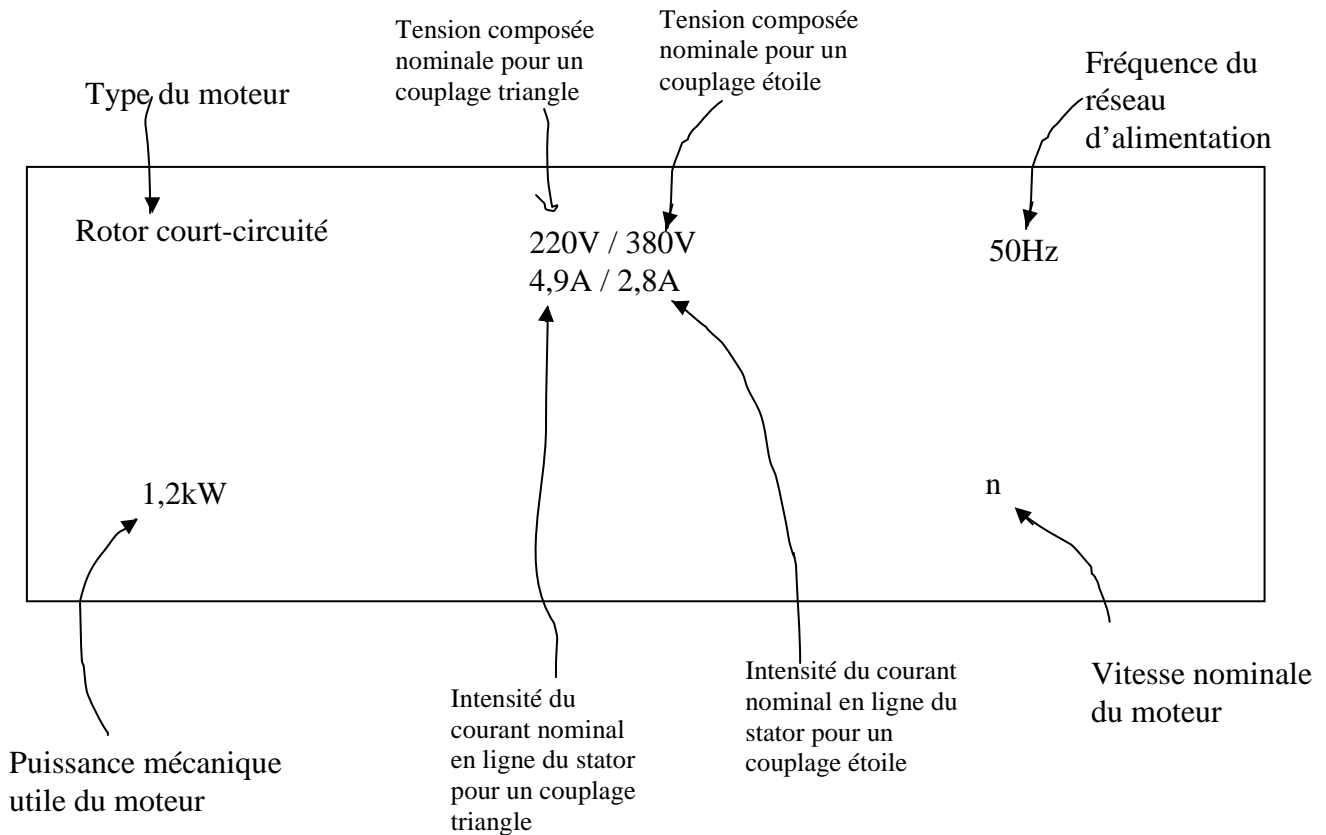
3. Symboles



Moteur à rotor bobiné



Moteur à rotor à cage

4. plaque signalétiqueII / Principe de fonctionnement1. principe

- Le stator alimenté par un réseau triphasé équilibré de fréquence f . crée, dans l'entrefer, un champ magnétique tournant à $\Omega_s = 2\pi f/p$ (Ω_s en rad.s^{-1} , f en Hz)
- Sous l'effet de ce champ tournant, des fém induites dans les conducteurs du rotor. Comme ces conducteurs sont en court-circuit, ils sont parcourus par des courants induits (ou courants de Foucault).

D'après la loi de Lenz, les courants induits s'opposent à la cause qui leur ont donné naissance, donc ce rotor se met à tourner à la vitesse $\Omega < \Omega_s$

On dit que le rotor glisse à la vitesse Ω par rapport au champ tournant.

2. glissement

a) définition

- on définit le glissement g par la relation :

$$g = \frac{\Omega_s - \Omega}{\Omega_s} = \frac{n_s - n}{n_s}$$

Avec $\Omega_s = 2\pi n_s$ et $\Omega = 2\pi n$ (Ω en rad/s et n en tr.min⁻¹)

- on l'exprime généralement en pourcentage.
- Ordre de grandeur : en fonctionnement normal, le glissement est de l'ordre de 2 à 6 %

b) exercices

1/ la plaque signalétique d'un moteur asynchrone indique : 50Hz ; 1440 tr/min

- 4% - calculer le glissement pour le régime nominal.
- 13% - calculer le glissement quand la vitesse du moteur est 1300tr/min.

2/ les valeurs du glissement $g=0$ et $g=1$ correspondent à quelles valeurs de vitesse n de rotation du moteur ?

III / Caractéristique du moteur asynchrone

1. étude à vide

alimenté par le réseau 380V ;50Hz ; le moteur n'entraîne pas de charge.

On mesure

-l'intensité de ligne $I_0=1,6A$

-la puissance absorbée $P_0=256W$

-la fréquence de rotation $n_0=1500tr/min$

on calcule le facteur de puissance : $\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{U \cdot I_0 \cdot \sqrt{3}} = \frac{256}{380 \cdot 1,6 \cdot \sqrt{3}} = 0,18$

Dans ce fonctionnement, le rotor tourne pratiquement au synchronisme : $g_0=0$

2. étude en charge

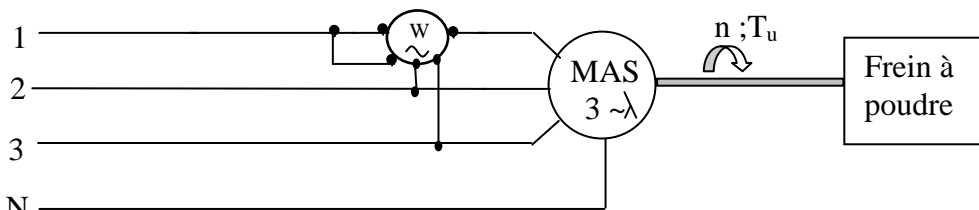
Le stator est toujours alimenté par le réseau 380V ; 50 Hz
 On augmente la charge qu'entraîne le moteur.

On constate :

- intensité du courant absorbé I augmente
- f_p augmente.
- Fréquence de rotation diminue (de 5%)

3. caractéristique mécanique : $T_u=f(n)$

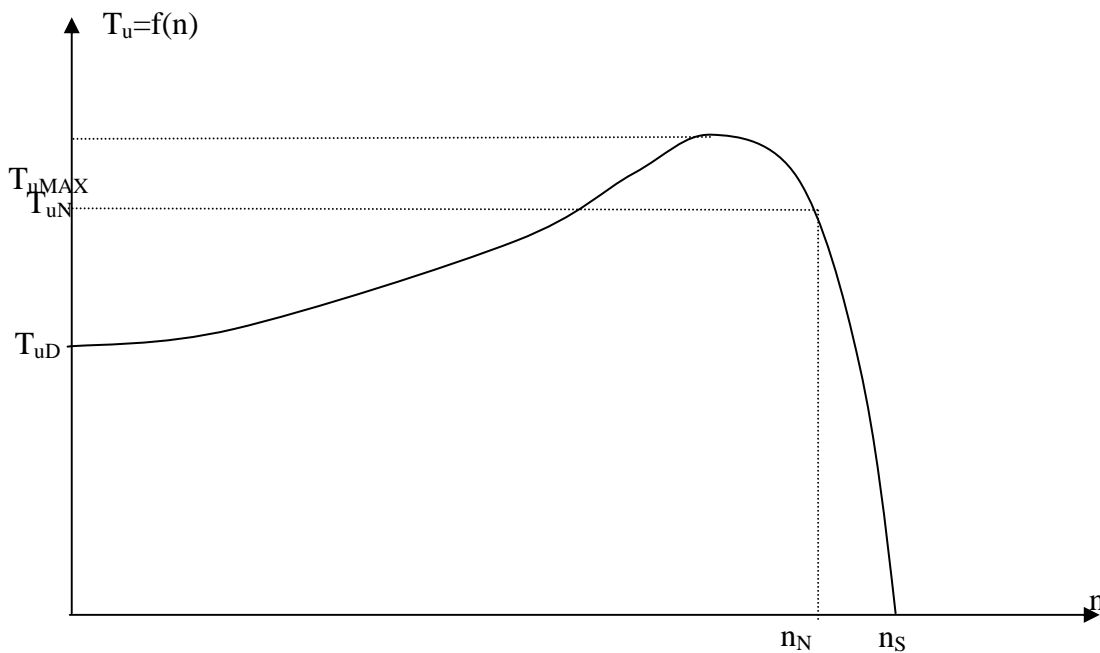
le moteur est alimenté par le réseau 380V ; 50Hz



Pour $U = U_N$; relever I ; T_u ; n pour une quinzaine de I (I_0 à $1,5 \times I_N$)

I	1.62	1.66	1.74	1.81	1.93	2.05	2.2	2.3	2.9	3.4	4.1	5.5
T_u	0	1	2	3	4	5	6	7	10.3	13	16	22.4
n	1500	1500	1488	1485	1480	1472	1465	1459	1438	1416	1386	1380

Tracer $T_u=f(n)$



On a un T_u , important au démarrage, qui présente un max T_{uMAX} , qui varie quasi linéairement au voisinage du nominal.

$$T_u = a \times n + b \quad \text{avec pente : } a = -3.2 \quad \text{et } b = 3200$$

En effet à vide $n = n_s$ et $T_u = 0$
 au nominal $n = n_N$ et $T_u = T_{uN}$

$$\text{donc } T_u = -3.2 \times n + 3200$$

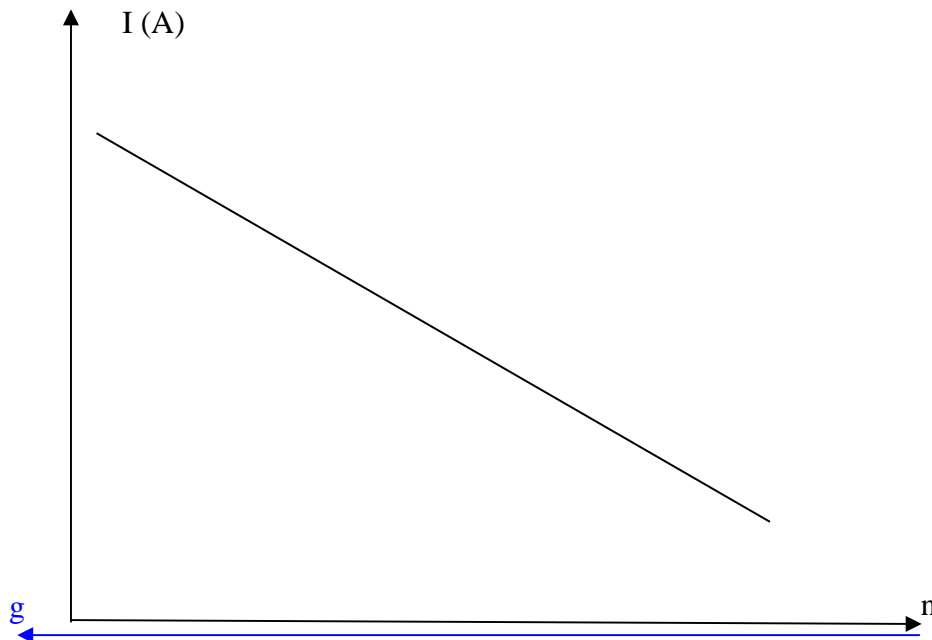
$$\text{or } g = (n_s - n) / n_s \quad \text{donc } n = n_s (1 - g)$$

$$\begin{aligned} \text{d'où } T_u &= -3.2 \times n_s (1 - g) + 3200 \\ &= 3200 \times g \end{aligned}$$

on a donc $T_u = k \times g$

4. caractéristique $I=f(n)$

Tracer $I=f(n)$



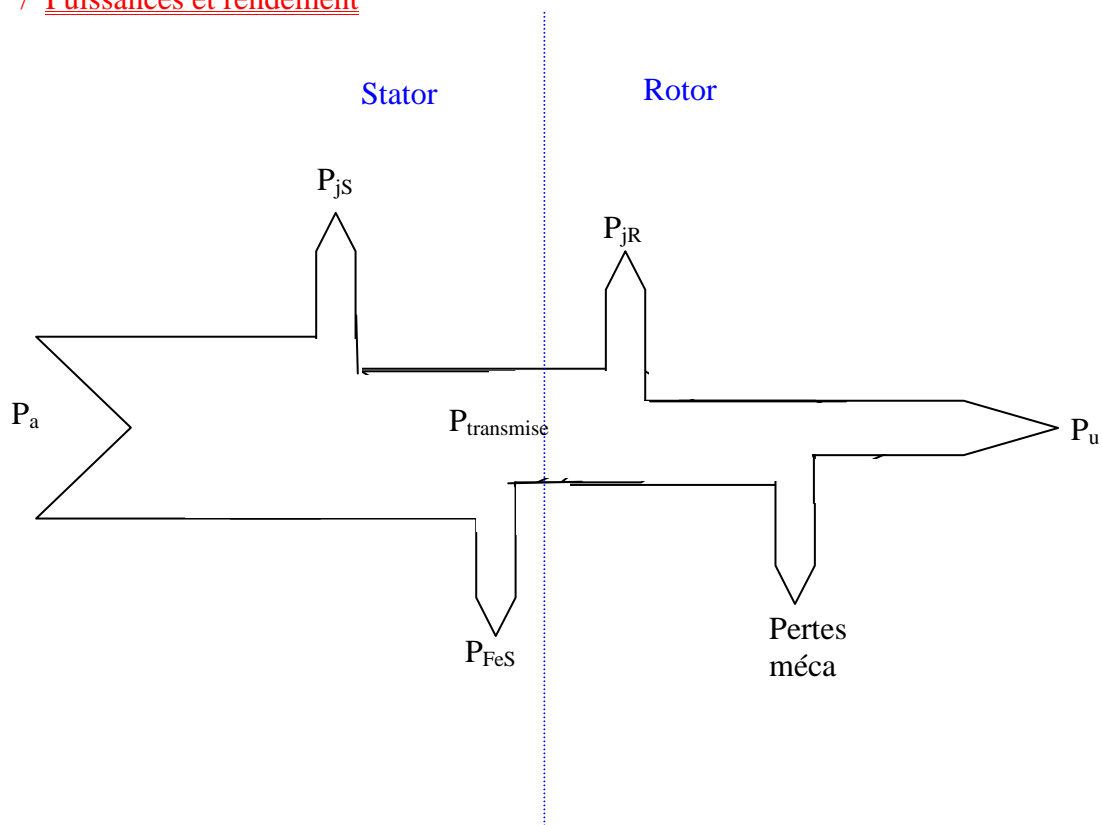
l'intensité du courant (non négligeable à vide) augmente avec le glissement (et donc avec le moment du couple résistant).

Rq : Très fort appel de courant au démarrage.

5. conclusions

- sa fréquence de rotation varie peu
- moment de son couple utile est proportionnel au glissement
- I augmente avec g

IV / Puissances et rendement



1. puissance absorbée

$$P_a = \sqrt{3}.U.I \cos\varphi$$

2. puissance utile

$$P_u = T_u \cdot \Omega$$

$$T_u \text{ en N.m} \quad , \quad \Omega \text{ en rad.s}^{-1} \quad \Omega = 2\pi n/60$$

3. pertes joules au stator : P_{jS}

$$P_{jS} = (3/2).R_m.I^2$$

où R_m : résistance mesurée entre les 2 bornes de phases du stator couplé.

4. pertes fer statoriques : P_{Fe}

pertes fer ne dépendent que de U et f donc, ici, constantes

5. puissance transmise : P_{trans}

$$P_{trans} = P_a - P_{jS} - P_{FeS}$$

- c'est la puissance transmise au rotor
- cette puissance est transmise par le champ magnétique tournant à la vitesse de synchronisme Ω_S .
- il lui correspond un couple, dit électromagnétique, T_{em} tel que :

$$P_{trans} = T_{em} \cdot \Omega_S$$

6. puissance disponible au rotor : P_r

Le rotor reçoit le couple électromagnétique T_{em} et tourne à la vitesse Ω donc $P_r = T_{em} \cdot \Omega$

Or $T_{em} = P_{trans} / \Omega_S$ donc $P_r = P_{trans} \cdot \Omega / \Omega_S = (P_{trans} \cdot \Omega_S (1-g)) / \Omega_S$

D'où $P_r = (1-g) \cdot P_{trans}$

Donc $P_r < P_{trans}$ à cause des pertes joules rotoriques

7. pertes joule au rotor P_{jR}

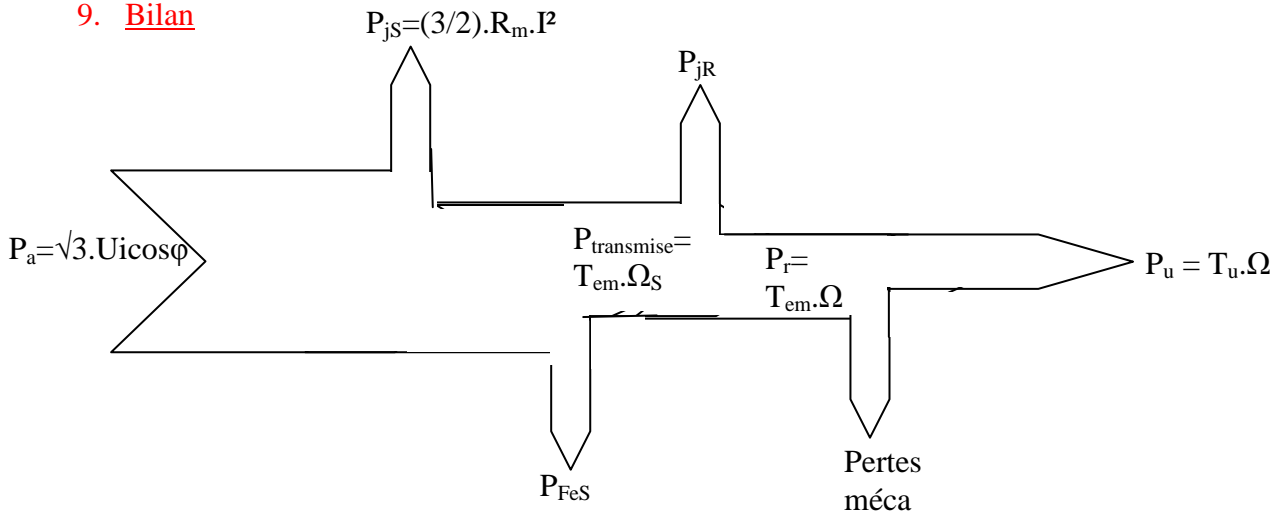
$$P_{jR} = P_{trans} - P_r = P_{trans} - (1-g)P_{trans}$$

Donc $P_{jR} = g \cdot P_{trans}$

8. pertes mécaniques

les pertes mécaniques ne dépendent que de la vitesse de rotation qui reste sensiblement la même.

Donc : pertes méca sont pratiquement constantes.

9. Bilan10. rendement

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_u}{P_u + P_{jR} + P_{jS} + P_{FeS} + P_{méca}} = \frac{P_u}{P_u + P_{jR} + P_{jS} + P_{constantes}}$$

11. détermination des pertes constantes

$$P_c = \text{Pertes méca} + P_{FeS}$$

On détermine P_c par un essai à vide sous tension et fréquence nominales.

- Alors on mesure P_0 et I_0
- On calcule $P_{jS0} = (3/2) \cdot R_m \cdot I_0^2$
- $n = n_s$ donc $g = 0$ donc $P_{jR} = 0$

$$\text{et finalement } P_0 = P_{jS0} + \text{Pertes méca} + P_{FeS} = P_{jS0} + P_c$$

$$\text{d'où } P_c = P_0 - P_{jS0}$$

$$\text{on a souvent } \text{Pertes méca} = P_{FeS} = P_c / 2$$

docs élève