

---

### MOTEUR ASYNCHRONE - correction exercice 1

---

1) Un moteur asynchrone triphasé à rotor bobiné et à bagues est alimenté par un réseau triphasé 50 Hz dont la tension entre phases est  $U = 380 \text{ V}$ . Les enroulements du stator et du rotor sont en étoile. La résistance mesurée à chaud entre deux bornes de phases du stator est  $R_s = 0,2 \Omega$ , celle mesurée à chaud entre deux bagues du rotor est  $R = 0,08 \Omega$ . A vide, le moteur tourne pratiquement à 1500 tr/min et la méthode des deux wattmètres donne:

$$P_A = 900 \text{ W et } P_B = - 410 \text{ W.}$$

- 1) Calculer le nombre de pôles du stator, le facteur de puissance et l'intensité en ligne à vide.
- 2) Les pertes mécaniques sont constantes et égales à 100 W. Calculer les pertes dans le fer du stator. Ces pertes seront considérées comme constantes.
- 3) Lors d'un essai en charge, on obtient:

$$N' = 1440 \text{ tr/min ; } P_1 = 4500 \text{ W ; } P_2 = 2000 \text{ W}$$

Calculer le glissement, le facteur de puissance, le courant au stator, le rendement et le moment du couple utile.

Le moteur entraîne une machine dont la caractéristique mécanique est une droite d'équation:

$$T_r = 20 + (N'/100)$$

( $N'$  s'exprime en tr/min et  $T_r$  en Nm).

- 4) Calculer la fréquence de rotation du groupe et la puissance utile du moteur sachant que sa caractéristique mécanique est une droite en fonctionnement normal.
- 5) Quelle résistance doit-on mettre en série avec chacun des enroulements du rotor pour que la fréquence du groupe précédent devienne 1410 tr/min.

### 1) Nombre de pôles, facteur de puissance et courant à vide

#### Nombre de pôles

Lorsque le moteur tourne à vide sa vitesse est proche de la vitesse de synchronisme, on a alors

$$f = pN$$

où  $f$  est la fréquence en Hertz,  $p$  le nombre de paires de pôles et  $N$  la vitesse de rotation en tours/ seconde, soit

$$p = f / N = 2$$

Il s'agit d'un moteur à 4 pôles

#### Facteur de puissance et courant à vide

La méthode des deux wattmètres nous donne les puissances actives et réactive absorbées par le moteur:

$$P_0 = P_A + P_B = 490 \text{ W}$$

$$Q_0 = \sqrt{3}(P_A - P_B) = 2269 \text{ VAR}$$

$$S_0 = \sqrt{P_0^2 + Q_0^2} = 2321 \text{ VA}$$

On en déduit:

$$\cos \phi_0 = P_0 / S_0 = 0,21$$

$$I_0 = \frac{S_0}{\sqrt{3}U} = 3,53 \text{ A}$$

### 2) Pertes fer au stator

A vide la puissance absorbée est constituée de

- pertes fer au stator ( $P_{fs}$ )
- pertes mécaniques ( $P_m = 100 \text{ W}$ )
- pertes joules au stator:  $P_{js} = 3/2 R_s I_0^2 = 3,74 \text{ W}$

soit,

$$P_{fs} = P_0 - P_m - P_{js} = 386 \text{ W}$$

Les pertes joules au rotor à vide sont négligeables en raison de la très faible valeur de glissement ainsi que les pertes fer au rotor.

### 3) Glissement, facteur de puissance, rendement et couple utile en charge

#### Glissement

La vitesse du rotor étant de 1440 tr/mn, le glissement est

$$g = (N - N') / N = 0,004$$

$N$  et  $N'$  désignant respectivement la vitesse de synchronisme ( $N = 1500 \text{ tr/mn}$ ) et la vitesse du rotor ( $N' = 1440 \text{ tr/mn}$ ).

### Facteur de puissance

En appliquant la méthode des deux wattmètres,

$$\begin{aligned}P &= P_1 + P_2 = 6500 \text{ W} \\Q &= \sqrt{3}(P_1 - P_2) = 4330 \text{ VAR} \\S &= \sqrt{P^2 + Q^2} = 7810 \text{ VA}\end{aligned}$$

d'où

$$\cos \phi = P / S = 0,83$$

### Courant au stator

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} = 11,8 \text{ A}$$

### Rendement

La puissance absorbée en charge est

$$P_{ab} = P_u + P_{fs} + P_{js} + P_{jr} + P_m$$

$P_u$ : puissance utile

$P_{fs} = 386 \text{ W}$ : pertes fer au stator

$P_{js} = 3/2 R_s I^2 = 41,8 \text{ W}$ : pertes joules au stator

$P_m = 100 \text{ W}$ : pertes mécaniques

$P_{tr} = P - P_{js} - P_{fs} = 6072 \text{ W}$ : puissance transmise

$P_{jr} = gP_{tr} = 242,8 \text{ W}$ : pertes joules au rotor

Le rendement en charge est donc:

$$\eta = P_u / P = (P - P_{fs} - P_{js} - P_{jr} - P_m) / P = 0,88$$

### Moment du couple utile

Il est défini par:

$$C_u = P_u / 2\pi N' = (P - P_{fs} - P_{js} - P_{jr} - P_m) / 2\pi N' = 38 \text{ Nm}$$

( $N'$  en tours /seconde)

#### 4) Fréquence de rotation et puissance utile

Pour des valeurs faibles de glissement la courbe  $C_u (N')$  du couple utile en fonction de la vitesse de rotation est pratiquement linéaire. En négligeant les pertes mécaniques on a les points de fonctionnement:

$$\begin{aligned}N' = 1500 \text{ tr/mn} & \quad C_u = 0 \text{ Nm} \\N' = 1440 \text{ tr/mn} & \quad C_u = 38 \text{ Nm}\end{aligned}$$

soit pour le moteur l'équation:

$$C_u = -0,633 N' + 950$$

En régime établi le couple moteur ainsi défini et le couple résistant imposé par la charge sont égaux. on a donc à

résoudre le système:

$$\begin{aligned}C_u &= -0,633 N' + 950 \\T_r &= 20 + (N'/100)\end{aligned}$$

dont les solutions sont,

$$\begin{aligned}N' &= 1446 \text{ tr/mn} \\C_u = T_r &= 34,46 \text{ Nm}\end{aligned}$$

La puissance utile est donc

$$P_u = C_u 2\pi N' = 5218 \text{ W}$$

### 5) Réduction de la vitesse à 1410 tr/mn

Le couple moteur est proportionnel au glissement et inversement proportionnel à la résistance sur une phase du rotor,

$$C_u = Kg / R_r \quad (R_r = R / 2 = 0,04 \Omega \text{ bobinage étoile})$$

Connaissant le point de fonctionnement ( $C_u = 34,46 \text{ Nm}$   $N' = 1446 \text{ tr/mn}$ ) on en déduit

$$K = 38,29$$

Si on ajoute une résistance  $R_h$  en série sur chacune des phases du rotor on aura

$$C_u = Kg / (R_r + R_h)$$

En régime établi le couple moteur est égal au couple résistant de la charge. D'après l'équation du couple résistant, pour une vitesse de rotation de 1410tr/mn on a un couple de

$$T_r = 20 + (N'/100) = 34,14 \text{ Nm}$$

On en déduit la résistance à ajouter sur chacune des phases du rotor

$$R_h = Kg / C_u - R_r = 0,027 \Omega \quad (\text{ pour } N' = 1410 \text{ tr/mn} \quad g = 0,06)$$

## MOTEUR ASYNCHRONE - correction exercice 2

---

2) Un moteur asynchrone triphasé, dont le stator est monté en étoile, est alimenté par un réseau 380 V entre phase 50 Hz. Chaque enroulement du stator a une résistance  $R = 0,4 \Omega$ . Lors d'un essai à vide, le moteur tournant pratiquement à 1500 tr/min, la puissance absorbée est de  $P_V = 1150 \text{ W}$ , le courant par fil de ligne est  $I_V = 11,2 \text{ A}$ .

Un essai avec la charge nominale sous la même tension de 380 V, 50 Hz, a donné les résultats suivants:

- glissement: 4%,
- puissance absorbée: 18,1 kW,
- courant en ligne: 32 A.

1) Essai à vide:

a) Calculer les pertes par effet Joule dans le stator lors de l'essai à vide. Que peut-on dire des pertes par effet Joule dans le rotor lors de cet essai?

b) En déduire les pertes dans le fer sachant que les pertes mécaniques valent 510 W.

2) Essai en charge:

a) Calculer le facteur de puissance nominal et la fréquence nominale de rotation.

b) Calculer la fréquence des courants rotoriques pour un glissement de 4%. Que peut-on en déduire pour les pertes dans le fer du rotor?

3) Calculer les pertes par effet Joule dans le stator et dans le rotor en charge nominale.

4) Calculer la puissance utile et le rendement du moteur en charge nominale.

5) Calculer le moment du couple utile nominale.

## 1) Essai à vide

### a) Pertes Joule

A vide la puissance absorbée se décompose en:

$$P_v = P_{fs} + P_{js} + P_m$$

$P_{fs}$ : pertes fer au stator

$P_{js0}$ : pertes Joule au stator à vide

$p_m$ : perte mécaniques

Les pertes Joule au rotor sont proportionnelles au glissement et à la puissance transmise  $P_{tr}$

$$P_{js} = gP_{tr} = g ( P_{abs} - P_{fs} - P_{js} )$$

A vide le glissement est très faible, la vitesse de rotation du rotor est quasiment égale à la vitesse de synchronisme, et la puissance transmise est faible (Puissance utile nulle). A vide, les pertes Joule au rotor sont donc négligeables.

### b) Pertes fer et pertes mécaniques

A vide les pertes Joule au stator s'exprime par:

$$P_{js0} = (3/2)R_a I_0^2 = 150,5 \text{ W}$$

où  $R_a = 2R = 0,8 \Omega$  est la résistance mesurée entre phase au stator. On a donc

$$P_{fs} + P_m = P_v - P_{js0} = 999,5 \text{ W}$$

$P_m = 510 \text{ W}$ , d'où:

$$P_{fs} = 489,5 \text{ W}$$

Pour ce qui est des pertes fer au rotor, que ce soit en charge ou à vide, elles sont fonction de la tension au rotor et de la fréquence des courants rotoriques. La fréquence des courants au rotor étant très faible ( $f_{rotor} = g f_{stator}$ ) et celui ci étant en court-circuit les pertes fer au rotor peuvent être négligées.

## 2) Essai en charge

### a) Facteur de puissance et vitesse de rotation

A partir de la définition de la puissance active en triphasé on déduit

$$\cos \phi = \frac{P}{\sqrt{3}UI} = 0,859$$

Le glissement étant définit par

$$g = (N - N') / N$$

on a

$$N' = (1 - g)N = 1440 \text{ tr/mn}$$

f) Fréquence des courants rotoriques

$$f_{\text{rotor}} = g f_{\text{stator}} = 2 \text{ Hz}$$

Concernant les pertes fer, la remarque de la question précédente reste valable, elles sont toujours négligeables.

3) Pertes Joule au stator et au rotor

Pertes Joule au stator

Elles sont données par

$$P_{js} = (3/2)R_a I^2 = 1228,8 \text{ W}$$

Pertes Joule au rotor

Elles sont proportionnelles à la puissance transmise

$$P_{jr} = g P_{tr} = g ( P_{abs} - P_{fs} - P_{js} ) = 655,3 \text{ W}$$

4) Puissance utile et rendement en charge

La puissance utile est donnée par

$$P_u = P_{abs} - P_{fs} - P_{js} - P_{jr} - P_m = (1 - g) ( P_{abs} - P_{fs} - P_{js} ) - P_m = (1 - g) P_{tr} - P_m = 15216,4 \text{ W}$$

Le rendement est donc

$$\eta = P_u / P = 0,84$$

5) Moment du couple utile

Par définition il est donné par

$$C_u = P_u / 2\pi N' = 100,9 \text{ Nm}$$

( N' en tours /seconde )

### MOTEUR ASYNCHRONE - correction exercice 3

3) Un moteur asynchrone tétrapolaire à rotor bobiné dont le stator et le rotor sont couplés en étoile, est alimenté par un réseau triphasé 380 V, 50 Hz.

$R_a = 0,2 \Omega$  (résistance entre de phases du stator).  $R'_a = 0,46 \Omega$  (résistance entre de phases du rotor).

On a relevé:

- à vide :  $P_{13} = 1\,465 \text{ W}$  ;  $P_{23} = -675 \text{ W}$  ;  $f_{\text{rotor}} = 0,2 \text{ Hz}$ ;

- en charge :  $P_{13} = 15\,500 \text{ W}$  ;  $P_{23} = 7\,500 \text{ W}$  ;  $f_{\text{rotor}} = 2,5 \text{ Hz}$ .

On donne:  $P_{\text{fer stator}} = 380 \text{ W}$ .

1) Calculer le facteur de puissance, le courant absorbé, la vitesse du rotor, le couple utile et le rendement du moteur en charge, après avoir calculé les pertes mécaniques à vide.

Ce moteur entraîne une machine dont le couple résistant (en Nm) est donné en fonction de la vitesse par la relation :  $T_R = 4 \cdot 10^{-5} N^2$  (vitesse en tr/min).

2) Calculer la vitesse et la puissance utile du moteur. On supposera que le couple moteur est proportionnel au glissement.

1) Facteur de puissance, courant absorbé, vitesse, couple utile, rendement en charge

Pertes mécaniques à vide

A partir de la méthode des deux wattmètres on peut calculer les différentes puissances absorbées à vide,

$$\begin{aligned}P_0 &= W_{13} + W_{23} = 790 \text{ W} \\Q_0 &= \sqrt{3}(P_{13} - P_{23}) = 3706,6 \text{ VAR} \\S_0 &= \sqrt{P_0^2 + Q_0^2} = 3789,8 \text{ VA}\end{aligned}$$

d'où on déduit le courant absorbé à vide au stator

$$I_0 = \frac{S_0}{\sqrt{3}U} = 5,76 \text{ A}$$

Les pertes Joule au stator à vide sont donc

$$P_{js0} = (3/2)R_a I_0^2 = 9,95 \text{ W}$$

La puissance active absorbée à vide au stator représente la somme des pertes mécaniques et des pertes fer et Joule au stator à vide

$$P_0 = P_m + P_{fs} + P_{js0}$$

d'où les pertes mécaniques

$$P_m = P_0 - P_{fs0} - P_{js0} = 400 \text{ W}$$

Facteur de puissance et courant en charge

La méthode des deux wattmètres nous conduit à

Puissance active:

$$P = W_1 + W_2 = 23 \text{ kW}$$

Puissance réactive:

$$Q = \sqrt{3}(P_1 - P_2) = 13,856 \text{ kVAR}$$

Puissance apparente:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 26,851 \text{ kVA}$$

d'où le facteur de puissance et le courant absorbé en charge:

$$\cos \phi = \frac{P}{\sqrt{3}UI} = 0,856 \quad I = \frac{S}{\sqrt{3}U} = 40,8 \text{ A}$$

### Vitesse de rotation

La fréquence des courants au stator et celle des courants au rotor sont liées par la relation:

$$f_{\text{rotor}} = g f_{\text{stator}}$$

En charge le glissement est donc de  $g = 0,05$ . La vitesse de synchronisme étant quant à elle de

$$N = f / p = 25 \text{ tr/s, soit } N = 1500 \text{ tr/mn,}$$

on en déduit la vitesse de rotation du rotor

$$N' = (1 - g)N = 1425 \text{ tr/mn}$$

### Couple utile

La puissance utile est

$$P_u = P - P_{fs} - P_{js} - P_{jr} - P_m = (1 - g) (P - P_{fs} - P_{js}) - P_m = (1 - g) P_{tr} - P_m$$

La puissance absorbée et les pertes fer au stator sont respectivement de

$$P = 23 \text{ kW}$$

$$P_{fs} = 380 \text{ W}$$

les pertes joules au stator sont données par

$$P_{js} = (3/2)R_a I^2 = 499,39 \text{ W}$$

La puissance transmise est donc de

$$P_{tr} = P - P_{fs} - P_{js} = 22,121 \text{ kW}$$

Soit une puissance utile de

$$P_u = (1 - g) P_{tr} - P_m = (1 - 0,05) P_{tr} - P_m = 20,615 \text{ kW}$$

et un couple utile de

$$C_u = P_u / 2\pi N' = 138,1 \text{ Nm}$$

( N' en tours /seconde )

## Rendement

Le rendement étant alors

$$\eta = P_u / P = 0,896$$

## 2) Vitesse et puissance utile en charge

Le couple moteur étant supposé proportionnel au glissement on peut écrire:

$$C_u = ag + b$$

En confondant couple électromagnétique et couple utile on a les points de fonctionnement:

$$\begin{array}{lll} C_u = C_{tr} = 0 \text{ Nm} & g = 0 & (N' = 1500 \text{ tr/mn}) \\ C_u = 138,1 \text{ Nm} & g = 0,05 & (N' = 1425 \text{ tr/mn}) \end{array}$$

d'où l'équation de fonctionnement

$$C_u = 2762g$$

En régime établi le couple moteur est égal au couple résistant de la machine entraînée par le moteur asynchrone, donc

$$C_u = 2762g = 2762 (N - N') / N = 4 \cdot 10^{-5} N^2$$

d'où on tire

$$N' = 1431 \text{ tr/mn}$$

Le couple et la puissance utiles du moteur sont alors de

$$C_u = 4 \cdot 10^{-5} N^2 = 81,9 \text{ Nm} \quad P_u = 2\pi N' C_u = 12,275 \text{ kW}$$

---

## MOTEUR ASYNCHRONE - correction exercice 4

4) Un moteur asynchrone triphasé à rotor à cage d'écurie est alimenté par un réseau triphasé 50 Hz, 220/380 V. Pour le stator et pour le rotor, le couplage des enroulements est fait en étoile. Chaque enroulement du stator a une résistance  $R_s = 0,285 \Omega$ .

On réalise un essai à vide: le moteur tourne pratiquement à la vitesse de synchronisme ( $N=3000 \text{ tr/min}$ ). La puissance absorbée à vide est  $P_0 = 3 \text{ kW}$  et le courant de ligne est  $I_0 = 25 \text{ A}$ .

- 1) Calculer le nombre de pôles du stator et le facteur de puissance à vide.
- 2) On supposera les pertes mécaniques constantes et égale à  $1233 \text{ W}$  dans la suite du problème. Que peut-on dire des pertes joules au rotor ( $P_{jr}$ )?
- 3) Calculer les pertes joules stator ( $P_{js}$ ) et les pertes fer stator ( $P_{fs}$ ) lors de cet essai à vide.

On réalise un essai en charge, les résultats sont les suivants:

- glissement: 7%,
- puissance absorbée:  $24645 \text{ W}$ ,
- courant en ligne:  $45 \text{ A}$ .

- 4) Calculer le facteur de puissance, la vitesse de rotation du rotor, la fréquence des courants rotoriques lors de cet essai.

- 5) Faire un bilan de puissance. Calculer  $P_{js}$  et la puissance transmise au rotor  $P_{tr}$ . En déduire  $P_{jr}$  lors de cet essai en charge.  
 6) Calculer la puissance utile  $P_u$ , le rendement du moteur, le couple utile  $T_u$ , le couple électromagnétique  $T$ .

Le moteur entraîne une machine dont la caractéristique mécanique est une droite d'équation:

$$T_r = 2/100 N' + 40 \text{ (N' en tr/min)}$$

- 7) Calculer la vitesse du groupe (moteur + machine d'entraînement) sachant que la caractéristique mécanique du moteur est une droite en fonctionnement normal (donc valable pour l'essai en charge effectué précédemment).

1) Nombre de pôles et facteur de puissance à vide

A vide la vitesse de rotation d'un moteur asynchrone est proche de la vitesse de synchronisme. Cette dernière est liée à la fréquence du réseau par la relation:

$$f = pN$$

- f: fréquence réseau en Hz
- p: le nombre de paires de pôles
- N: la vitesse de synchronisme en tr/s

On en déduit

$$p = 1, \text{ soit } 2 \text{ pôles}$$

La puissance active absorbée à vide s'écrit

$$P_0 = \sqrt{3}UI \cos \phi_0$$

d'où le facteur de puissance à vide

$$\cos \phi_0 = \frac{P}{\sqrt{3}UI} = 0,18$$

2) Pertes Joule au rotor à vide

Les pertes Joule au rotor sont proportionnelles à la puissance transmise ( $P_{tr}$ ) et au glissement ( $g$ ),

$$P_{jr} = gP_{tr}$$

A vide ces deux grandeurs sont très faibles, le pertes Joule au rotor sont donc négligeables à vide.

3) Pertes Joule et pertes fer au stator à vide

A vide la puissance absorbée est

$$P_0 = P_{fs} + P_{js0} + P_m$$

Les pertes Joule au stator étant données par

$$P_{js0} = 3R_s I_0^2 = 534,4 \text{ W}$$

on en déduit les pertes fer au stator

$$P_{fs} = P_0 - P_{js0} - P_m = 1232,6 \text{ W}$$

#### 4) Facteur de puissance, vitesse de rotation et fréquence des courants au rotor

La même relation que pour la question 1) nous conduit à

$$\cos \phi = \frac{P}{\sqrt{3}UI} = 0,83$$

Le glissement est défini par la relation

$$g = (N - N') / N$$

où N est la vitesse de synchronisme et N' la vitesse de rotation du rotor. Pour un glissement de 7% on a donc

$$N' = N (1 - g) = 2790 \text{ tr/mn}$$

On montre que les fréquences des courants rotoriques ( $f_r$ ) et statoriques (f) sont liées par la relation:

$$f_r = gf$$

soit dans notre cas

$$f_r = gf = 3,5 \text{ Hz}$$

#### 5) Bilan de puissance, pertes Joule, puissance transmise en charge

On obtient les pertes Joule au stator par la relation:

$$P_{js} = 3R_s I^2 = 1731,4 \text{ W}$$

On en déduit la puissance transmise

$$P_{tr} = P - P_{js} - P_{fs} = 21681 \text{ W}$$

puis les pertes Joule au rotor

$$P_{jr} = gP_{tr} = 1517,7 \text{ W}$$

#### 6) Puissance utile, rendement et couples utile et électromagnétique

La puissance utile est dans ce cas

$$P_u = P - P_{js} - P_{fs} - P_{jr} - P_m = (1 - g) P_{tr} - P_m = 18930 \text{ W}$$

soit un rendement de

$$\eta = P_u / P = 0,77$$

Le couple utile est alors de

$$T_u = P_u / \Omega' = P_u / 2\pi N' = 64,79 \text{ Nm}$$

et le couple électromagnétique

$$T = P / \Omega = P / 2\pi N = 69 \text{ Nm}$$

$\Omega$  et  $\Omega'$  sont respectivement les vitesses angulaires de rotation de synchronisme et du rotor exprimées en rd/s.

### 7) Vitesse du groupe moteur

La caractéristique mécanique du moteur étant considérée comme linéaire on peut écrire

$$T_u = aN' + b$$

En régime établi on a

$$T_u = aN' + b = T_r = 2/100 N' + 40$$

d'où la vitesse de rotation du groupe

$$N' = (b - 40) / (2/100 - a)$$

D'après l'étude précédente, pour un couple utile de  $T_u = 64,79 \text{ Nm}$  on a une vitesse de rotation de  $N' = 2790 \text{ tr/mn}$ . Le couple électromagnétique  $T$  est proportionnel au glissement. Lorsque le rotor tourne à la vitesse de synchronisme ( $N = N' = 3000 \text{ tr/mn}$ ;  $g = 0$ ),  $T$  est nul. Le couple utile est donc dans ce cas

$$T_u = - (P_m / 2\pi N') = - 4,22 \text{ Nm}$$

A partir de ces deux points ( $N'$ ,  $T_u$ ) de la droite de fonctionnement du moteur on obtient

$$a = - 0,329 \quad b = 981,64$$

Ce qui conduit à une vitesse de rotation de

$$N' = 2698 \text{ tr/mn}$$

---

## MOTEUR ASYNCHRONE - correction exercice 5

5) Un moteur asynchrone à rotor bobiné et à bagues est alimenté par un réseau triphasé 50Hz, 220V/380V. Le couplage de l'enroulement stator est en triangle, celui du rotor est en étoile. En mesurant à chaud la résistance entre 2 bornes on trouve au stator  $R_s = 0,267 \Omega$  et au rotor  $R_r = 0,1 \Omega$ . Un essai à vide a été effectué sur cette machine. Le moteur tourne pratiquement à la vitesse de synchronisme ( $N = 1500 \text{ tr/min}$ ). La méthode des 2 wattmètres indique:

$$P_1 = 2200 \text{ W} \quad P_2 = - 700 \text{ W} \quad I_0 \text{ (courant de ligne)} = 20 \text{ A.}$$

Un essai en charge est effectué à l'aide d'une charge mécanique, les courants absorbés étant alors équilibrés. On a les résultats suivants:

$$N' = 1450 \text{ tr/min} \quad P_1 = 14481 \text{ W} \quad P_2 = 5519 \text{ W} \quad I = 38,5 \text{ A.}$$

Sachant que les pertes mécaniques sont constantes et égales à 700 W:

1) Calculer les pertes Joule au stator lors de cet essai à vide de 2 façons différentes. En déduire les pertes fer au stator  $P_{fs}$  (que l'on supposera constante dans la suite du problème).

- 2) Calculer les puissances active et réactive totales absorbées par le moteur. En déduire le facteur de puissance lorsqu'on charge le moteur.
- 3) Calculer la fréquence des courants rotoriques. Que peut-on dire sur les pertes fer au rotor ( $P_{fr}$ )?
- 4) Faire un bilan de puissance et calculer les pertes Joule au stator et la puissance transmise. En déduire les pertes Joule rotor  $P_{jr}$ . Calculer la valeur efficace des courants rotoriques de 2 façons différentes.
- 5) Calculer la puissance utile  $P_u$  et le rendement du moteur lors de cet essai.
- 6) Calculer le couple utile  $T_u$  et le couple électromagnétique  $T$ .

### 1) Pertes Joules et pertes fer au stator

#### Pertes Joule au stator à vide ( $P_{js0}$ )

Quelque soit le couplage les pertes Joule au stator sont données par

$$P_{js0} = (3/2)R_s I_0^2 = 160,2 \text{ W}$$

Elles peuvent aussi être calculée à partir du courant dans les enroulements du stator. Ce dernier étant couplé en triangle les spires sont parcourues par un courant de valeur efficace

$$J_0 = \frac{I_0}{\sqrt{3}} = 11,55 \text{ A}$$

et la résistance par phase est de

$$R' = (3/2)R = 0,4 \Omega$$

Les pertes Joule dans ces enroulements sont alors

$$P_{js0} = 3R'J_0^2 = 160,1 \text{ W}$$

#### Pertes fer ( $P_{fs}$ )

A vide, la puissance utile ( $P_u$ ) est nulle. Les pertes Joule au rotor ( $P_{jr}$ ) sont proportionnelles au glissement. Celui ci étant peu différent de zéro à vide les pertes Joule au rotor sont négligeable. La puissance absorbée par le moteur se décompose alors en

$$P_0 = P_m + P_{fs} + P_{js0}$$

où  $P_m$  représente les pertes mécaniques.

Par ailleurs, la méthode des deux wattmètres nous donne

$$P_0 = P_1 + P_2 = 1500 \text{ W}$$

d'où

$$P_{fs} = P_0 - P_{js0} - P_m = 639,8 \text{ W}$$

### 2) Puissances active et réactive - facteur de puissance

Toujours en exploitant les résultats donnés par la méthode des deux wattmètres

$$P = P_1 + P_2 = 20 \text{ kW}$$

$$Q = \sqrt{3}(P_1 - P_2) = 15,523 \text{ kVAR}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 25,317 \text{ kVA}$$

et le facteur de puissance

$$\cos \phi = P / S = 0,79$$

### 3) Fréquence au rotor, pertes fer au rotor

Le glissement en charge est de

$$g = (N - N') / N = 0,033$$

La fréquence des courants au rotor est donc

$$f_r = g f_s = 1,66 \text{ Hz}$$

Les pertes fer sont une fonction croissante de la tension et de la fréquence. Pour un moteur asynchrone, les enroulements du rotor sont en court circuit et, comme nous venons de le calculer, la fréquence est très faible. Les pertes fer au rotor seront par conséquent négligeables.

### 4) Bilan de puissance en charge

La puissance utile est:

$$P_u = P - P_{js} - P_{fs} - P_{jr} + P_m = (1 - g) (P_{abs} - P_{js} - P_{fs}) = (1 - g) P_{tr} - P_m$$

$P_u$ : puissance utile

$P_{jr}$ : pertes Joule au rotor en charge

$P_{js}$ : pertes Joule au stator en charge

$P_{tr}$ : puissance transmise

Connaissant le courant absorbé en charge, on obtient les pertes Joule au stator en charge

$$P_{js} = (3/2) R_s I^2 = 593,6 \text{ W}$$

Les pertes fer au stator étant constantes, la puissance transmise est

$$P_{tr} = P - P_{js} - P_{fs} = 18,766 \text{ kW}$$

On en déduit les pertes Joule au rotor

$$P_{jr} = g P_{tr} = 619,3 \text{ W}$$

Le couplage des enroulements rotor étant en étoile on peut écrire

$$P_{jr} = 3R J^2 \quad \text{ou} \quad P_{jr} = (3/2) R_r J^2$$

où J désigne la valeur efficace du courant au rotor et R la résistance mesurée sur une phase. Pour un couplage étoile on a  $R_r = 2R$

d'où

$$J = \sqrt{\frac{2P_{tr}}{3R_r}} = 64,2 \text{ A}$$

##### 5) Puissance utile et rendement en charge

la puissance utile

$$P_u = (1 - g) P_{tr} - P_m = 17,441 \text{ kW}$$

et le rendement

$$\eta = P_u / P = 0,91$$

la puissance utile

##### 5) Couples utile et électromagnétique

Connaissant les puissance utile et transmise on en déduit les couples correspondant

Couple utile

$$T_u = P_u / 2\pi N' = 114,9 \text{ Nm}$$

Couple électromagnétique

$$T = P_{tr} / 2\pi N = 119,5 \text{ Nm}$$