

Corrigé Devoir 9 ELE 1409

Questions 1-6 (6 points)

1. Un moteur asynchrone triphasé fonctionne sur un réseau à **courant alternatif**.
2. Pour un moteur asynchrone triphasé, la vitesse du rotor est égale à la vitesse de synchronisme : **faux**, car le *rotor tourne à une vitesse légèrement différente de celle du champ tournant*.
3. Vous devez contribuer à installer un moteur asynchrone triphasé sur un réseau 127 V/220 V. Sachant que chaque enroulement du moteur a une tension nominale de 220V, comment devrait être couplé le moteur sur ce réseau (étoile ou triangle ?).

On identifie alors : $V_{en} = 220 V$; $V_{ph} = 127 V$ et $V_L = 220 V$. Ainsi on a l'égalité : $V_{en} = V_L$

Chaque enroulement doit donc être alimenté entre deux lignes; ce qui correspond à un **couplage triangle (Δ)**.

4. Comment allez-vous coupler le moteur précédent dans un réseau triphasé de 380 V pour le faire fonctionner adéquatement (étoile ou triangle ?). **1 point**

Dans ce cas, on a :

$V_{en} = 220 V$; $V_L = 380 V \Leftrightarrow V_{ph} = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} \rightarrow 220 V$. Ainsi on a l'égalité : $V_{en} = V_{ph}$. Le moteur doit alors être **couplé en étoile (Y)**.

5. Un moteur asynchrone de vitesse nominale 1485 rpm comporte quatre pôles et il est alimenté sur un réseau à une fréquence de **50 Hz**. Calculer la vitesse de synchronisme. **1 point**

On identifie les valeurs suivantes : $p = 4$; $f = 50 Hz$ et donc :

$$\boxed{n_s} = \frac{120 \cdot f}{p} = \frac{120 \times 50}{4} = \boxed{1500 \text{ rpm}}$$

6. Dans la suite de la question précédente, calculer le glissement nominal de ce moteur. **1 point**

$$\boxed{s(\%)} = \frac{n_s - n}{n_s} \times 100 = \frac{1500 - 1485}{1500} = \boxed{1 \%}$$

Questions 7-13 (7 points)

Certaines caractéristiques d'un moteur asynchrone triphasé sont fournies dans le tableau ci-dessous.

Tension d'alimentation	Courant	Fréquence	Vitesse de rotation	Facteur de puissance
440 V	62.7 A	60 Hz	1165 rpm	0.75 retard

Les pertes mécaniques à vitesse nominale sont évaluées à 1500 W et les pertes magnétiques à tension nominales sont de 1500 W. La résistance mesurée entre deux enroulements du stator couplé en étoile est de 0.26 Ω .

7. À quel régime de fonctionnement du moteur correspondent les caractéristiques fournies dans le tableau ci-dessus. **1 point**

Les caractéristiques fournies sur la plaque signalétique sont celles qui correspondent au **régime nominal**.

8. Calcul du glissement en régime nominal. **1 point**

Pour une vitesse 1165 rpm, la vitesse de synchronisme est de 1200 rpm. Ce qui donne un glissement de :

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \times 100 = \frac{1200 - 1165}{1200} \times 100 = \boxed{2.92\%}$$

9. Calcul du rendement en régime nominal. **1 point**

Pour cela, nous devons faire le **bilan de puissance** du moteur comme suit :

- **Puissance absorbée :**

$$P_a = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot FP = \sqrt{3} \times 440 \times 62.7 \times 0.75 = 35837.86 \text{ W}$$

- **Pertes joules au stator :**

Peu importe le couplage du stator, avec la résistance R_{LL} (mesurée entre deux bornes du stator), on obtient :

$$p_{Js} = \frac{3}{2} R_{LL} I_L^2 = \frac{3}{2} \times 0.26 \times 62.7^2 = 1533.2 \text{ W}$$

- **Puissance transmise au rotor :**

$$P_{tr} = P_a - p_{Js} - \underbrace{p_{fer}}_{1500} = 35837.86 - 1533.2 - 1500 = \mathbf{32804.66 W}$$

- Pertes joules rotoriques :

$$p_{Jr} = sP_{tr} = \frac{2.92}{100} \times 32804.66 = \mathbf{957.9 W}$$

- Somme des pertes :

$$\text{pertes} = p_{Js} + p_{fer} + p_{Jr} + p_{mec} = 1533.2 + 1500 + 957.9 + 1500 = \mathbf{5491.1 W}$$

- Rendement :

$$\eta(\%) = 100 \left(\frac{P_a - \text{pertes}}{P_a} \right) = 100 \left(\frac{35837.86 - 5491.1}{35837.86} \right) = \mathbf{84.68\%}$$

10. Calcul de la puissance mécanique nominale sur l'arbre du moteur. 1 point

Il s'agit également de la puissance utile du moteur.

$$P_u = P_a - \text{pertes} = 35837.86 - 5491.1 \approx \mathbf{30346.76 W}$$

11. Calcul du couple mécanique nominal sur l'arbre. 1 point

$$T_u = \frac{9.55 P_u}{n} = \frac{9.55 \times 30346.76}{1165} = \mathbf{248.77 N.m}$$

12. Calcul de la nouvelle vitesse du moteur lorsqu'il développe la moitié de son couple nominal. 1 point

Dans ce cas le glissement diminue également de moitié car il est proportionnel au couple. Le glissement devient alors :

$$s' = 1.46 \% \Leftrightarrow n' = (1 - s')n_s = \left(1 - \frac{1.46}{100}\right) \times 1200 = \mathbf{1182.48 rpm}$$

13. Calculer dans la situation de la question précédente, la puissance mécanique de sortie du moteur. 1 point

$$P_u = \frac{T' \times n'}{9.55} = \frac{\left(\frac{248.77}{2}\right) \times 1182.48}{9.55} = \mathbf{15401.34 W}$$

Questions 14-17 : (7 points)

Soit un moteur asynchrone triphasé, de puissance nominale de 100 HP (1 HP=0.746 kW), de tension nominale de 600 V et de fréquence nominale de 60 Hz. La vitesse nominale du moteur est de 1735 rpm. Des essais en charge sur le moteur, sous tension et fréquence nominales ont donné les résultats suivants :

- Puissance absorbée par le moteur : 83.6 kW
- Courant tiré par le moteur : 85 A
- Pertes fer : 2.4 kW
- Pertes mécaniques ou rotationnelles : 1.4 kW
- Pertes cuivre (joules) statoriques : 3.7 kW
- Pertes joules rotoriques : 1.5 kW

14. Le régime de fonctionnement du moteur lors de ces essais est-il nominal ? Justifier la réponse. 2 points

Le moteur est au régime nominal s'il développe **sa puissance nominale**; cette puissance est celle fournie par les constructeurs et elle vaut 100 HP soit :

$$P_{u_n} = 100 \times 0.746 = 74.6 \text{ kW}$$

Dans les conditions actuelles de fonctionnement, la puissance développée par le moteur vaut :

$$P_u = P_a - \underbrace{\text{pertes}}_{p_{js} + p_{fer} + p_{mec} + p_{jr}} = 83.6 - 2.4 - 1.4 - 3.7 - 1.5 = 74.6 \text{ kW}$$

*La puissance développée par le moteur est égale à la puissance nominale alors le régime de fonctionnement dans cet essai **EST NOMINAL**.*

15. Calcul du rendement et le facteur de puissance du moteur lors de ces essais. 2 points

Avec la puissance utile et la puissance absorbée, on obtient le rendement comme suit :

$$\boxed{\eta(\%)} = \frac{P_u}{P_a} \times 100 = \frac{74.6}{83.6} \times 100 = \boxed{89.23 \%}$$

Pour le facteur de puissance :

$$P_a = \sqrt{3}V_L I_L FP \Rightarrow \boxed{FP} = \frac{P_a}{\sqrt{3} \times V_L \times I_L} = \frac{83.6 \times 1000}{\sqrt{3} \times 600 \times 85} = \boxed{0.95 \text{ retard}}$$

16. Calcul de la vitesse de rotation du moteur lors de ces essais. 2 points

La vitesse de rotation est liée au glissement comme suit :

$$n = (1 - s)n_s$$

Avec une vitesse nominale de 1735 rpm, la valeur la plus proche est alors de 1800 rpm.

Pour le glissement, on l'obtient comme suit :

$$p_{jr} = s \underbrace{P_{tr}}_{P_a - p_{fer} - p_{js}} \Rightarrow s = \frac{p_{jr}}{P_a - p_{fer} - p_{js}} = \frac{1.5}{83.6 - 2.4 - 3.7} = 0.02$$

Ce qui donne alors :

$$\boxed{n_s} = (1 - 0.02) \times 1800 = \boxed{1764 \text{ rpm}}$$

17. Calcul du couple utile développé par le moteur lors de ces essais. 1 point

En utilisant la relation entre le couple, la puissance et la vitesse, on obtient :

$$\boxed{T} = \frac{9.55 \times P_u}{n} = \frac{9.55 \times 74.6 \times 1000}{1764} = \boxed{403.87 \text{ N.m}}$$