

Correction de la Série des TDs n° 05 (Moteurs Asynchrones)

Exercice 2 :

Dans ce procédé de démarrage d'un moteur asynchrone triphasé, le stator est couplé en étoile pendant le démarrage, puis en triangle pour le fonctionnement normal.

1. Montrer que le courant de ligne consommé en couplage étoile est trois fois plus petit qu'en couplage triangle.

- Pour le Couplage étoile, la tension aux bornes d'un enroulement est V. Le courant de ligne peut être obtenu par $I_{\lambda} = V/Z$(1)
- Pour le Couplage triangle la tension aux bornes d'un enroulement est U. Le courant de ligne peut être obtenu par $I_{\Delta} = \sqrt{3} \cdot I = \sqrt{3} \cdot U/Z = 3 \cdot V/Z$(2)

En divisant (1) par (2), on obtient : $I_{\lambda}/I_{\Delta} = 1/3 \Rightarrow I_{\lambda} = I_{\Delta}/3$

2. On admet que le couple utile du moteur est proportionnel au carré de la tension. Montrer que le couple utile est divisé par trois pendant la phase de démarrage.

- Pour le Couplage étoile, la tension aux bornes d'un enroulement est V. Le couple utile peut être exprimé par $Cu_{\lambda} = k \cdot V^2$(3)
- Pour le Couplage triangle, la tension aux bornes d'un enroulement est U. Le couple utile peut être exprimé par $Cu_{\Delta} = k \cdot U^2 = k \cdot 3 \cdot V^2$(4)

En divisant (3) par (4), on obtient : $Cu_{\lambda}/Cu_{\Delta} = 1/3 \Rightarrow Cu_{\lambda} = Cu_{\Delta}/3$

3. Donc, quel est l'avantage du démarrage « étoile - triangle » ? et quel est son inconvénient ?

- L'avantage du démarrage étoile-triangle $\rightarrow$ il permet de réduire considérablement le courant de démarrage.
- L'inconvénient du démarrage étoile-triangle $\rightarrow$ il réduit aussi le couple de démarrage ce qui empêche souvent le démarrage direct en charge

Exercice 3 :

Sur la plaque signalétique d'un moteur asynchrone triphasé à cage, on lit les indications suivantes : 220/380 V ; 70/40 A ; 50 Hz ; $\cos\varphi = 0,86$ pour $N = 725$ tr/min.

La résistance d'un enroulement du stator a été mesurée à chaud, sa valeur est de 0,15. En régime nominal, les pertes fer sont de 500 W. La tension du réseau entre phases est de 380 V. On néglige les pertes mécaniques.

1- Déterminer le mode d'association des enroulements du stator.

Selon la plaque signalétique, la petite tension est celle qui peut supporter une bobine statorique. Donc, chaque bobine doit voir 220V et comme la tension du réseau est fixe et égale à 380V, il faut que les bobines statorique soient couplées en étoile.

2- Calculer la vitesse de synchronisme et le nombre de paires de pôles par phase.

La vitesse de synchronisme la plus proche de la vitesse de rotation 725 tr/mn est $N_s = 750$ tr/mn qui correspond à un nombre de paires de pôles $p = 4$.

3- Calculer la vitesse angulaire de rotation

$$\text{On a } \Omega_r = \frac{2\pi N_r}{60} \Rightarrow \Omega_r = 75.8 \text{ rad/s}$$

4- Calculer les pertes par effet Joule dans le stator :

$$\text{On a : } p_{js} = 3.r_s.I^2 \Rightarrow \boxed{p_{js} = 720 \text{ W}}$$

5- Calculer le glissement et la fréquence des courants rotoriques :

$$\boxed{g = 0.033} \text{ et } \boxed{f_r = g.f_s = 1.66 \text{ Hz}}$$

6- Calculer les pertes par effet Joule dans le rotor :

On a : $p_{jr} = g.P_{tr}$ avec : $P_{tr} = P_a - p_{js} - p_{fs}$, les pertes fer statorique sont données : $p_{fs} = 500 \text{ W}$ et la puissance absorbée peut être calculée : $P_a = \sqrt{3}.U.I.\cos\varphi$, on obtient la puissance transmise : $P_{tr} = 21394 \text{ W}$ Finalement, on trouve : $\boxed{p_{jr} = 706 \text{ W}}$

7- Calculer le rendement max du moteur :

$$\eta_{\max} = (1 - g) \Rightarrow \boxed{\eta_{\max} = 96.7 \%}$$

$$\text{mais le rendement réel est : } \eta = \frac{P_u}{P_a} \Rightarrow \boxed{\eta = 91 \%}$$

Exercice 4 :

Un moteur asynchrone triphasé couplé en étoile, 440 V, 60 Hz, 6 pôles fonctionne à un glissement de : $g = 2.5 \%$ et consomme 40 kW. Les pertes Joule dans le stator sont de 1.2 kW et les pertes rotationnelles sont de 1.8 kW. On néglige les pertes fer, calculer :

1- Les pertes Joule rotoriques :

On a : $p_{jr} = g.P_{tr}$ avec : $P_{tr} = P_a - p_{js} - p_{fs}$, on a : $P_a = 40000 \text{ W}$ et $p_{js} = 1200 \text{ W}$. Les pertes fer statoriques sont négligées. Donc : $P_{tr} = 38800 \text{ W} \Rightarrow \boxed{p_{jr} = 970 \text{ W}}$

2- La puissance utile :

$$\text{On a : } P_u = P_{tr} - p_m - p_{jr} \Rightarrow \boxed{P_u = 36030 \text{ W}}$$

3- Le couple électromagnétique :

On a : $C_e = \frac{P_{tr}}{\Omega_s}$ avec : $\Omega_s = \frac{2\pi N_s}{60}$ puisque le nombre de paires de pôles est $P=3$ et $f_s=60 \text{ Hz} \Rightarrow N_s = 1200 \text{ tr/mn}$

On trouve : $\Omega_s = 125.6 \text{ rad/s}$ et on obtient : $\boxed{C_e = 309 \text{ Nm}}$

4- Le rendement :

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \Rightarrow \boxed{\eta = 94 \%}$$

Exercice 5 :

La plaque signalétique d'un moteur asynchrone triphasé de 4 pôles indique : 4 kW, 220/380V, 50 Hz, 0.85. La résistance d'une bobine statorique est 0.45Ω . Ce moteur est alimenté par un réseau de 380 V.

- 1- Quel est le mode de couplage des bobines statoriques ? (avec explication).
- 2- En fonctionnement à vide, le glissement et le couple utile sont nuls. Le moteur absorbe un courant de 6.1 A et une puissance de 420 W.

Supposant que les pertes fer du stator et les pertes mécaniques sont égales ($p_{fs} = p_{mec}$) déterminer la valeur de ces pertes.

En charge nominale, la puissance utile est de 4 kW, le facteur de puissance est 0.85 et le rendement est égal à 0.87. Déterminer :

- 3- Le courant d'alimentation
- 4- Les pertes joule au stator
- 5- Les pertes joule au rotor
- 6- La vitesse de synchronisme (tr/min)
- 7- Le glissement et la vitesse de rotation en tr/min
- 8- Le couple utile

Correction :

- 1) La plaque signalétique indique 220/380V, ce qui implique que les bobines statoriques doivent voir 220 V. Et comme la tension du réseau est 380 V, on doit choisir le couplage étoile

- 2) En fonctionnement à vide, $g = 0 \Rightarrow p_{JR} = g.P_{tr} = 0$ et supposons que $p_{fs} = p_{mec}$, le bilan de puissance permet d'écrire : $P_a = P_u + p_{mec} + p_{fs} + p_{Js} \Rightarrow P_a = P_u + 2.p_{mec} + p_{Js}$

avec $P_u = 0$ puisque $C_u = 0$ à vide. $p_{Js} = 3.rs.I^2 = 50.23 \text{ W}$

$$p_{mec} = \frac{P_a - p_{Js}}{2} = \frac{420 - 3 \times 0.45 \times 6.1^2}{2} \Rightarrow p_{mec} = p_{fs} = 185 \text{ W}$$

- 3) En régime nominal,

$$I = \frac{P_a}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} = \frac{P_u / \eta}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} \Rightarrow I = 8.2 \text{ A}$$

- 4) $p_{Js} = 3 \times 0.45 \times 8.2^2 \Rightarrow p_{Js} = 90.7 \text{ W}$

- 5) Selon le bilan de puissance, $P_{JR} = P_{tr} - P_m$

avec : $P_m = P_u + p_{mec} = 4154 \text{ W}$ et $P_{tr} = P_a - p_{Js} - p_{fs} = 4353 \text{ W}$
 $\Rightarrow p_{JR} = 199 \text{ W}$

- 6) Puisque $p = 2$ et $f = 50 \text{ Hz} \Rightarrow N_s = 1500 \text{ tr/min}$

- 7) $g = p_{JR} / P_{tr} \Rightarrow g = 0.045 \Rightarrow N_r = (1-g)N_s = 1431 \text{ tr/min}$

- 8) $C_u = P_u / \Omega_r$ avec $\Omega_r = 149.8 \text{ rad/s} \Rightarrow C_u = 26.7 \text{ Nm}$

Exercice 6 :

Un moteur asynchrone triphasé couplé en étoile est de 220/380V-50hz. On donne les pertes fer statoriques $p_{fs} = 300 \text{ W}$; pertes mécaniques $p_m = 300 \text{ W}$. La résistance mesurée entre deux phases statoriques est : $R_{eq} = 0.9\Omega$.

En régime nominal, la vitesse de rotation est : $N_r = 960 \text{ tr/mn}$. La puissance absorbée est mesurée par la méthode de deux wattmètres : $W_1 = 4.5 \text{ KW}$, $W_2 = 2 \text{ KW}$.

- 1) Calculer le nombre de paires de pôles ;
- 2) Calculer le glissement ;
- 3) L'intensité du courant de ligne ;
- 4) Les pertes joule au stator ;
- 5) Les pertes joule au rotor ;
- 6) La puissance utile et le rendement ;
- 7) Le couple électromagnétique.

Correction :

$$1) f = \frac{p \cdot N_s}{60} \text{ avec } N_s = 1000 \text{ tr/mn} \Rightarrow p = 3$$

$$2) g = \frac{N_s - N_r}{N_s} \Rightarrow g = 4\%$$

$$3) I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} \text{ avec } S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(W_1 + W_2)^2 + 3(W_1 - W_2)^2} \Rightarrow S = 7810 \text{ VA}$$

$$\Rightarrow I = 11.86 \text{ A}$$

$$4) p_{Js} = 3 \frac{R_{eq}}{2} I^2 \Rightarrow p_{Js} = 190 \text{ W}$$

$$5) p_{Jr} = g \cdot P_{tr} \text{ avec } P_{tr} = P - p_{fs} - p_{Js} \Rightarrow P_{tr} = 6010 \text{ W}$$
$$\Rightarrow p_{Jr} = 240.4 \text{ W}$$

$$6) P_u = P - p_{Js} - p_{fs} - p_{Jr} - p_m \Rightarrow P_u = 5469.6 \text{ W}$$
$$\Rightarrow \eta = 84\%$$

$$7) C_e = \frac{P_{tr}}{\Omega_s} \text{ avec } \Omega_s = 104.66 \text{ rd/s} \Rightarrow C_e = 57.4 \text{ Nm}$$

Exercice 7 :

La caractéristique mécanique d'un moteur asynchrone est donnée ci-dessous :

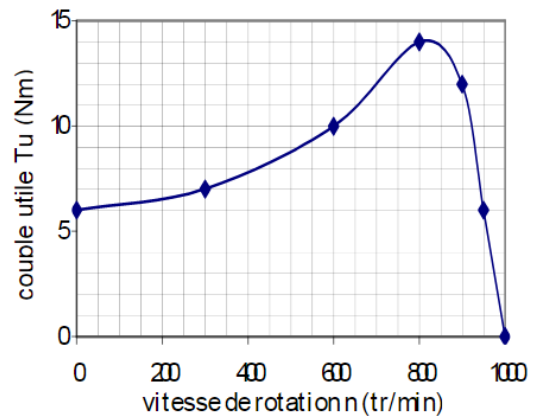
Ce moteur entraîne un compresseur dont le couple résistant est constant et égal à 4 Nm.

1. Le démarrage en charge du moteur est-il possible ?

2. Dans la zone utile, on donne : $C_u = -0.12 \cdot N_r + 120$

Déterminer la vitesse de rotation de l'ensemble en régime permanent.

3. Calculer la puissance transmise au compresseur par le moteur.



Correction :

Ce moteur entraîne un compresseur dont le couple résistant est constant et égal à 4 Nm.

1. Le démarrage en charge du moteur est-il possible ?

Oui, car le couple utile au démarrage du moteur (6 N.m) est supérieur au couple résistant (4 Nm).

Le démarrage est toujours possible si : $C_d > C_r$

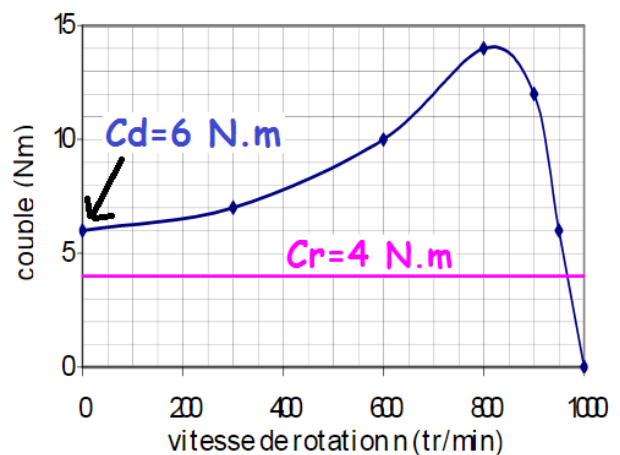
2. Dans la zone utile, vérifier que $C_u = -0.12 \cdot N_r + 120$

Déterminer la vitesse de rotation de l'ensemble en régime permanent.

En régime établi, le couple utile compense exactement le couple résistant : $C_u = C_r$.

$\Rightarrow C_u = -0.12 \cdot N_r + 120 = C_r = 4 \text{ Nm}$

d'où : $N_r = 967 \text{ tr/min}$



3. Calculer la puissance transmise au compresseur par le moteur.

C'est aussi la puissance utile développée par le moteur. Avec : $P_u = C_u \cdot \Omega_r$

D'où : $C_u = 4 \text{ N.m}$ et $\Omega_r = 2 \pi \cdot N_r / 60 \Rightarrow$ $P_u = 405 \text{ W}$