

CONVERSION ÉLECTROMÉCANIQUE

TD

Compétences visées: B2-22, B2-23, C1-06, C2-11

v1.4

Lycée Jean Zay - 21 rue Jean Zay - 63300 Thiers - Académie de Clermont-Ferrand

DÉBOURREUSE DE NOYAUX DE FONDERIE

1 Présentation

L'entreprise *Montupet* conçoit, réalise, et produit des culasses pour des moteurs thermiques destinées à équiper les véhicules des grands constructeurs automobiles européens. La culasse compose la partie haute du moteur, elle permettra d'assurer la distribution dans les différents cylindres du mélange air et combustible servant pour la combustion. Les culasses sont réalisées par la technique de fonderie en coquille avec coulée de l'alliage d'aluminium par gravité.

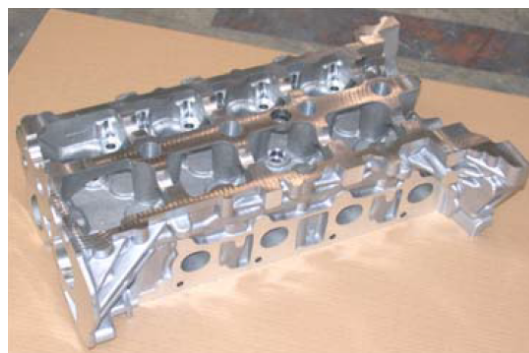


FIGURE 1 – Culasse usinée avant livraison client

Des cavités intérieures réalisées dans la culasse permettent le passage du mélange de combustion et du liquide de refroidissement. Cette dernière subira donc des chocs thermiques, des chocs mécaniques, et devra être capable de résister à des contraintes mécaniques cycliques. La technique de réalisation par fonderie utilisée ici impose l'utilisation d'une coquille en acier, possédant l'empreinte des formes extérieures de la culasse, dans laquelle on positionnera des noyaux en sable pour la réalisation des cavités intérieures.

2 Étude des phases de freinage des machines asynchrones triphasées

La cadence de production impose que deux culasses soient traitées en 90 s. La durée pendant laquelle les moteurs à balourds génèrent des accélérations est de 60 s. Par conséquent, les phases d'accélération et de décélération des machines asynchrones sont primordiales. On ne s'intéressera ici qu'aux phases de décélération, car elles conditionnent la phase de libération des culasses du support. On se propose dans un premier temps de vérifier la nécessité d'un dispositif de freinage. Dans l'objectif de justifier le choix d'une résistance de freinage et de quantifier l'énergie à dissiper lors des phases de freinage, il sera nécessaire de déterminer les différents paramètres électriques des moteurs à balourds.

2.1 Nécessité d'un dispositif de freinage

On se propose dans cette partie de vérifier la nécessité d'un dispositif de freinage. La phase de freinage débute à l'instant où l'alimentation des machines asynchrones est coupée. On suppose que le moment d'inertie ramené sur l'arbre du moteur vaut $J = 0,33 \text{ kg.m}^2$, et que le couple résistant est uniquement dû aux frottements visqueux de coefficient estimé à $f = 5 \cdot 10^{-2} \text{ N.m.s}$. Le couple de frottement sec sera négligé.

Question 1 Appliquer le théorème du moment dynamique à l'arbre du moteur durant une phase de freinage et en déduire une équation différentielle liant J , Ω et f .

Question 2 Résoudre cette équation différentielle, en prenant pour origine des temps, l'instant où l'on coupe l'alimentation des machines asynchrones. La vitesse de rotation initiale est prise égale à 1440 tr/min.

Question 3 En déduire le temps nécessaire aux moteurs asynchrones pour s'arrêter. Le couple de frottement sec ayant été négligé, on considérera que l'arrêt est obtenu lorsque la vitesse calculée atteint 1 % de la vitesse initiale.

Question 4 Conclure sur la nécessité d'un dispositif de freinage.

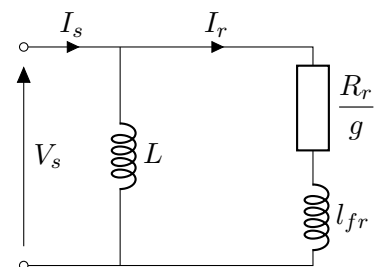
2.2 Expression du couple électromagnétique fourni par une machine asynchrone et détermination des paramètres

Les caractéristiques nominales des machines asynchrones triphasées sont :

- puissance nominale : $P_n = 7,75 \text{ kW}$;
- courant nominal : $I_n = 13 \text{ A}$;
- tension d'alimentation : 230 / 400 V ;
- fréquence statorique : $f_s = 50 \text{ Hz}$;
- vitesse de rotation nominale : $N_n = 1440 \text{ tr/min}$;
- couplage : étoile ;
- les tensions et les courants sont considérés alternatifs parfaitement sinusoïdaux.

On se propose tout d'abord de déterminer l'expression du couple électromagnétique fourni par une machine asynchrone en fonction des paramètres électriques et mécaniques de celle-ci. Le modèle équivalent d'une phase d'une machine asynchrone triphasée équilibrée est donné ci-contre.

On notera L l'inductance magnétisante, l_{fr} l'inductance de fuite ramenée au stator, R_r la résistance rotorique ramenée au stator et g le glissement. Dans ce modèle, on rappelle que la puissance transmise au rotor correspond à la puissance dissipée dans la résistance $\frac{R_r}{g}$.



Question 5 Déterminer le nombre de paires de pôles p des machines asynchrones.

Question 6 Déterminer l'expression de la puissance transmise au rotor pour une machine asynchrone en fonction de l_{fr} , Ω_s , R_r , g , p et V_s .

Question 7 En déduire l'expression du couple électromagnétique C fourni par une machine asynchrone en fonction de l_{fr} , Ω_s , R_r , g , p et V_s .

Afin de caractériser les machines asynchrones triphasées, il est nécessaire d'identifier les différents paramètres du modèle monophasé. Pour cela, deux essais ont été réalisés :

- **Essai 1** : essai à la vitesse angulaire de synchronisme Ω_s sous une tension entre Phase et Neutre de 230 V à la fréquence de 50 Hz. La puissance réactive absorbée par une machine asynchrone triphasée vaut 800 VAR.
- **Essai 2** : essai à rotor calé ($\Omega = 0$) sous tension réduite. Une machine asynchrone triphasée est alimentée par une source de tension triphasée délivrant une tension simple de valeur efficace prise égale à $V_{cc} = 76$ V, la valeur efficace du courant absorbé par phase est I_{cc} et vaut 13 A. Dans ces conditions, une machine asynchrone triphasée absorbe une puissance active $P_{cc} = 350$ W.

2.2.1 Avec l'essai 1

Question 8 Quelle est la valeur du glissement pour cet essai ?

Question 9 Après avoir exprimé la puissance réactive absorbée par la machine asynchrone pour l'essai 1, déterminer la valeur de l'inductance magnétisante L .

2.2.2 Avec l'essai 2

Question 10 Justifier que l'essai à rotor bloqué soit réalisé sous tension réduite.

Question 11 Quelle est la valeur du glissement pour cet essai ?

Question 12 Déterminer la valeur efficace du courant I_r .

Question 13 Déterminer les valeurs de la résistance R_r et de l'inductance de fuite l_{fr} .

Pour la suite du sujet, on prendra $R_r = 730$ m Ω ; $L = 630$ mH et $l_{fr} = 20$ mH.

Question 14 Déterminer l'expression numérique du couple électromagnétique C en fonction du glissement g pour $f_s = 50$ Hz. En déduire la valeur du couple maximum et la valeur du glissement pour laquelle on l'atteint.

Question 15 Tracer l'allure de la courbe du couple électromagnétique C en fonction du glissement g pour $g \in [-1; 1]$.

Question 16 Préciser les modes de fonctionnement (moteur ou frein) de la machine asynchrone triphasée en fonction de la valeur du glissement g .