

Exercice n°1 : Convoyeuse pour bassines de traitement de lait ()**

L'étude proposée consiste en l'analyse d'un système de convoyage de bassines (vides de tout produit) sortant d'une machine à laver pour les acheminer vers un poste de remplissage en produit laitier partiellement élaboré.

Une étude préliminaire a permis d'établir les fonctions de service ci dessous avec leur contrainte respectives.

FS1: s'adapter au bâti de la machine à laver.

s'adapter aux bassines à déplacer, bassines de masse égale à 100 kg.

vitesse maximale de déplacement des bassines : 0,2 m/s.

durée de vie : 50000 heures

FS3 être compatible avec l'énergie électrique disponible : 380 V, triphasé.

L'objectif de cet exercice est d'étudier le fonctionnement du moteur.

A partir du cahier des charges, le choix du constructeur s'est porté sur une machine dont le lieu de fonctionnement est formé d'une zone à couple constant $C_n = 7.1 \text{ Nm}$ jusqu'à une vitesse de 1500tr/min suivie d'une zone à puissance constante $P_n = 1,1 \text{ kW}$. Les autres caractéristiques lues sur la plaque signalétique de la machine sont :

- Vitesse nominale : $N_n = 1445 \text{ tr/min}$

- $C_d / C_n = 2.3$

- Couple maximal : $C_{\max} = 17 \text{ Nm}$

- Rendement : $\eta = 79\%$

- Courant à vide : $I_0 = 1.3 \text{ A}$

- Facteur de puissance : $\cos \phi = 0.82$

- Intensité nominale : $I_n = 2.5 \text{ A}$

- fréquence : 50 Hz

La charge présente un couple constant $C_r = 5 \text{ N.m}$ ramené sur l'arbre moteur quelle que soit la vitesse du convoyeur.

1.1. Tracer dans le plan couple / vitesse $C(\Omega)$, le lieu de fonctionnement autorisé par le moteur et les caractéristiques de la charge.

1.2. Quel point de fonctionnement extrême peut-on atteindre ?

1.3. Déduire de la plaque signalétique le nombre de paires de pôles de la machine ainsi que sa vitesse de synchronisme N_s (tr/mn)

1.4. Déterminer la loi liant N_s à la fréquence d'alimentation f (Hz).

1.5. Donner une allure dans le plan couple / vitesse de la caractéristique $C(N)$ de la machine asynchrone pour $f = 50 \text{ Hz}$, en reportant les éléments principaux de la plaque signalétique et en indiquant quelle est la partie utile de cette caractéristique.

1.6. Dans l'hypothèse où la caractéristique précédente est assimilée à une droite dans sa partie utile, donner la valeur du coefficient directeur k de cette droite.

1.7. Tracer sur le même graphe l'allure des droites $C(N)$ pour deux autres valeurs de la fréquence d'alimentation : $f = 25 \text{ Hz}$ et 75 Hz , ainsi que les caractéristiques de la charge. (on suppose que le moteur asynchrone est alimenté selon la loi $U/f = \text{Cste}$)

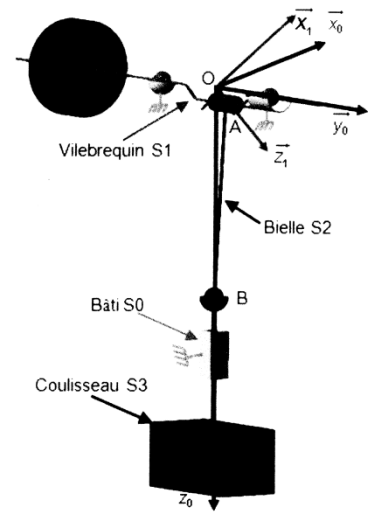
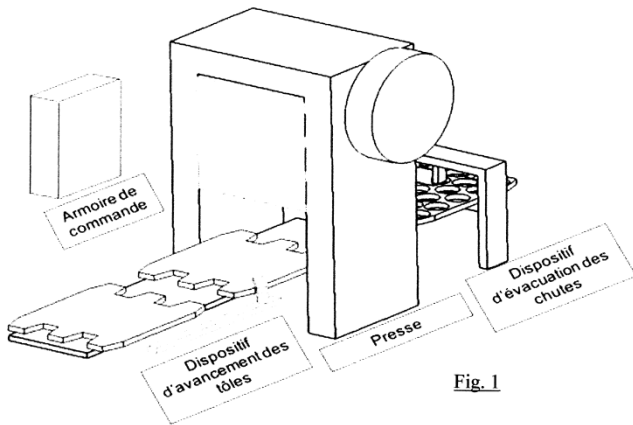
1.8. Déterminer la valeur f_{\max} de la fréquence d'alimentation qui permet d'atteindre le point de fonctionnement du 1.2.

Exercice n°2: presse multi poinçonnage (*)**

La presse multi-poinçonnage permet la fabrication de couvercles de boîtes de conserves.

Elle peut s'adapter à de nombreux types de production, on peut modifier :

- Le nombre et le diamètre des outils.
- La taille, l'épaisseur et le matériau des tôles à poinçonner.



Étude de la motorisation du poinçonnage : FT11 : « Fournir de l'énergie »

Objectif : Vérification du choix du moteur et justification de l'intérêt d'une réversibilité de la commande du moteur.

Le couple moteur dépend du couple de frappe et du couple nécessaire au mouvement du coulisseau.

Le moteur choisi pour assurer l'entraînement a les caractéristiques suivantes :

LS 200 L : 22 kW ; 230 / 400 V ; 975 min⁻¹ ; cos φ = 0,81 ; Rendement η = 89,6 % ;
J = 0,287 kg.mm² ; I_D / I_N = 6,7 ; C_D / C_N = 2,1 ; C_M / C_N = 2,8 ;

Réseau : 3 x 400 V.

I_D : courant de démarrage moteur.

Q 2.1 Déterminer : le couplage, le courant nominal I_N, le couple nominal C_N, le nombre de paires de pôles p , le couple de démarrage C_D, le couple maximum C_M du moteur et le glissement nominal du moteur g.

Lorsque le couple développé par une machine n'est pas constant sur son cycle de fonctionnement, on recherche le couple thermique équivalent C_{TH} qui provoquerait le même échauffement afin de choisir le moteur.

Pour cette question, le couple au moment de la frappe est C_f = 500 Nm.

Le temps de frappe est d'environ 1/250^e du temps de rotation.

Pendant les phases de montée et de descente le couple nécessaire au mouvement du coulisseau est sinusoïdal. C_c(θ) = 100. sin (2θ)

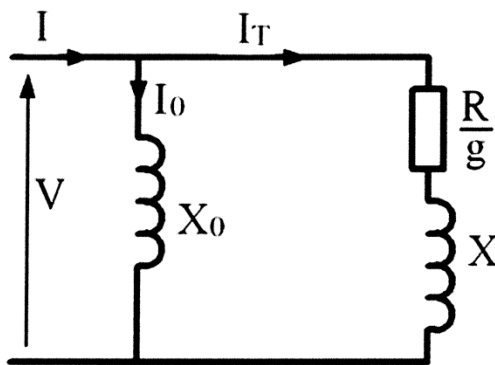
Q 2.7 Déterminer ce couple C_{TH} sur un cycle de fonctionnement (de période T) sachant que :

$$C_{TH}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T C^2(t). dt = \frac{1}{T} \int_0^T C_c^2(t). dt + \frac{1}{T} \int_0^T C_f^2. dt$$

Q 2.8 À partir des valeurs des couples C_f et C_{TH}, justifier le choix du moteur.

Détermination de la caractéristique couple / vitesse du moteur.

Le schéma équivalent simplifié par phase ramené au stator est le suivant (Fig. 12) :
Les seules pertes envisagées sont les pertes joules rotoriques P_{JR} .



I courant absorbé par le moteur.
 I_0 courant magnétisant.
 I_T courant équivalent transmis au rotor.
 V tension simple.
 X_0 inductance magnétisante.
 R résistance rotorique.
 g glissement.
 X réactance de fuite.
 $X = L\omega$.

Fig. 12

- Q 2.9** Donner sur le document réponse (DR1 page 26/30) l'allure de la caractéristique de couple électromagnétique C en fonction du glissement g pour $g > 0$.
Placer les points correspondant au démarrage, au fonctionnement nominal et au synchronisme.

On se propose de déterminer les points particuliers de cette caractéristique en fonction des éléments du schéma équivalent.

- Q 2.10** Déterminer la puissance électromagnétique P_{em} en fonction des éléments du circuit.
- Q 2.11** Exprimer les pertes joules rotoriques P_{JR} et la puissance utile P_u en fonction de la puissance transmise.
- Q 2.12** Donner l'expression du couple électromagnétique C en fonction des éléments du circuit et de la pulsation des courants statoriques ω . Mettre cette expression sous la forme

$$C = \alpha \cdot g / (1 + \beta \cdot g^2)$$
- Q 2.13** À partir de cette expression, vérifier que le couple électromagnétique est nul au synchronisme et qu'il passe par un maximum C_M .
- Q 2.14** Déterminer l'expression littérale des coordonnées de ce maximum.
- Q 2.15** Montrer que pour un fonctionnement proche de la vitesse de synchronisme à tension et fréquence constantes le couple électromagnétique s'exprime $C = K \cdot g$.
- Q 2.16** Déterminer l'expression de K .
- Q 2.17** À partir des caractéristiques du moteur calculées à la question Q 2.1, évaluer la valeur du coefficient K et des paramètres R , X du modèle équivalent.
- Q 2.18** Déterminer l'expression du couple de démarrage théorique C_D et faire l'application numérique.

- Q 2.19** Pour permettre le démarrage des moteurs dans de bonnes conditions, la valeur réelle du couple de démarrage est très supérieure à cette valeur théorique. Indiquer sur quel paramètre les constructeurs agissent et les solutions technologiques retenues pour augmenter le couple au démarrage.
- Q 2.20** Compléter sur le document réponse (**DR1 page 26/30**) la caractéristique $C = f(g)$ lorsque g est négatif et proche du synchronisme. Indiquer à quoi correspond ce mode de fonctionnement et s'il est utilisé sur la presse.
- Q 2.21** Le moteur de la presse est alimenté par un convertisseur de fréquence de type U / f constant. À partir de l'étude précédente, montrer qu'il est nécessaire de garder le rapport U / f constant pour garder C_M constant.

DOCUMENT REPONSE

Q 2.9 et Q 2.20