

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR / SESSION 2019

FILIERE INDUSTRIELLE : MAINTENANCE DES SYSTEMES DE PRODUCTION

ÉPREUVE :

GENIE ELECTRIQUE

Durée de l'épreuve : 4 Heures

Coefficient de l'épreuve : 4

Cette épreuve porte sur quatre parties indépendantes.

Le candidat devra résoudre les parties sur des copies différentes.

Problème 1 : ELECTROTECHNIQUE (40 points)

Moteur à courant continu à excitation séparée.

On étudie dans ce problème, un moteur à courant continu à excitation séparée que l'on supposera parfaitement compensé.

Les caractéristiques nominales de la machine sont les suivantes :

- Induit : $U = 250V$; $I = 30A$; $R_a = 0,3\Omega$
- Inducteur : $i_e = 1,5A$.

On a effectué les essais suivants :

- Essai à vide en génératrice à excitation séparée à $N = 1200\text{tr/min}$:
 $E_0 = 308V$; $i_e = 1,5A$
- Essai en moteur à vide :
 $U_0 = 250V$; $P_0 = 1020W$.

Dans tout le problème, on maintient : $U = 250V$ et $i_e = 1,5A$.

1) Etude en moteur à vide

- 1.1) Calculer le courant I_0 (3 points)
- 1.2) Déterminer la vitesse de rotation du moteur N_0 (3 points)
- 1.3) En négligeant les pertes joule à vide, déterminer le couple de pertes C_0 , que l'on supposera par la suite constant. (4 points)

2) Etude du moteur en fonctionnement nominal.

Dans les conditions de fonctionnement nominal, déterminer :

- 2.1) La f.c.è.m E'_n (3 points)
- 2.2) La vitesse de rotation N_n (2 points)
- 2.3) Le couple électromagnétique C'_{em} (3 points)
- 2.4) Le couple utile C'_u . (2 points)

3) Etude du moteur pour un fonctionnement correspondant au courant dans l'induit $I = 20A$.

Déterminer :

- 3.1) La f.c.è.m E' (2 points)
- 3.2) la vitesse de rotation N' (2 points)
- 3.3) Le couple électromagnétique C'_{em} (3 points)
- 3.4) Le couple utile C'_u (3 points)

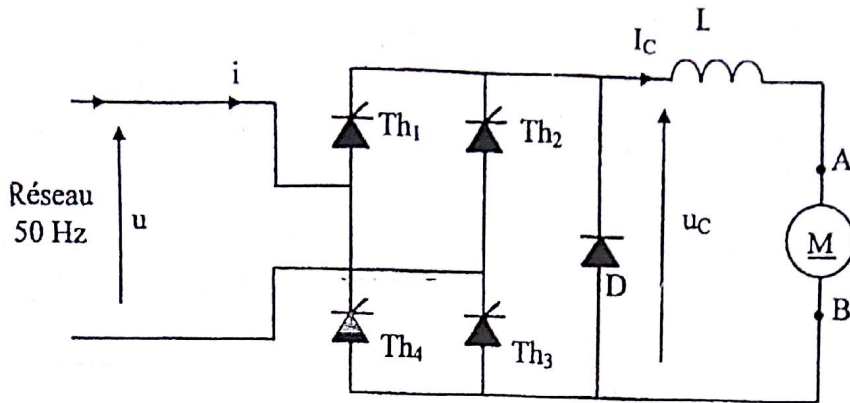
4) Le moteur est utilisé pour entraîner une pompe dont la caractéristique du couple résistant est $C_r = \frac{7}{60}N - 45,75$ (N en tr/min ; C_r en Nm)

Calculer :

- 4.1) La vitesse de rotation du groupe moteur-pompe. (5 points)
- 4.2) Le couple du moteur. (5 points)

Problème 2 : ELECTRONIQUE DE PUISSANCE (20 points)

La variation de vitesse d'un moteur à courant continu est assurée par un pont monophasé à thyristors.



On admet que le courant I_c fourni par le pont à thyristors est parfaitement lissé grâce à l'inductance L .

1. Pour un angle de retard à l'amorçage $\alpha = \frac{\pi}{3}$:

1-1 Représenter : (5 points)

- La tension u_c à la sortie du pont, en indiquant les composants passants.
- Le courant i fourni par le réseau alternatif.

1-2 Calculer la valeur efficace de la tension à l'entrée du pont si

$$U_{c\text{ moy}} = 160 \text{ V. (2 points)}$$

1-3 Donner les expressions des valeurs maximale et minimale de la tension redressée. (3 points)

2. Etablir l'expression de la valeur efficace du courant i en fonction de α . (6 points).

3. Pour $I_c = 40\text{A}$, $U_{c\text{ moy}} = 160\text{V}$ et $\alpha = \frac{\pi}{3}$ calculer : (4 points)

- La puissance P absorbée par le moteur.
- La valeur efficace I du courant i débité par le réseau.

Problème 3 : ELECTRONIQUE ANALOGIQUE : Traitement de signal
(20 points)

Un capteur constitué d'une électrode délivre une tension dépendant de la concentration en chlore. Le signal issu du capteur est appliqué à l'entrée du montage de la figure 1. Des mesures effectuées sur l'électrode ont donné les résultats suivants :

$$\begin{array}{ll} C = 0,3 \text{ g/m}^3 & V_e = 60 \text{ mV} \\ C = 0,7 \text{ g/m}^3 & V_e = 95 \text{ mV} \end{array}$$

- 1) Les amplificateurs opérationnels sont parfaits et alimentés sous -12V et $+12\text{V}$.
 - 1.1) Quel est le nom du montage réalisé par l'AOP₁ ? (3 points)
 - 1.2) Exprimez la relation liant v_e à v_1 . (3 points)
 - 1.3) Précisez la résistance d'entrée et la résistance de sortie de ce montage. (4 points)
- 2) Pour une concentration en chlore de $0,3 \text{ g/m}^3$, on veut que la tension de sortie v_2 soit de 3V .
 - 2.1) Calculez la valeur de l'amplification du montage réalisé par l'AOP₂. (4 points)
 - 2.2) Exprimez v_2 en fonction de v_1 . (3 points)
 - 2.3) Calculez la valeur de R_2 , sachant que celle de $R_1 = 10 \text{ K}\Omega$. (3 points)

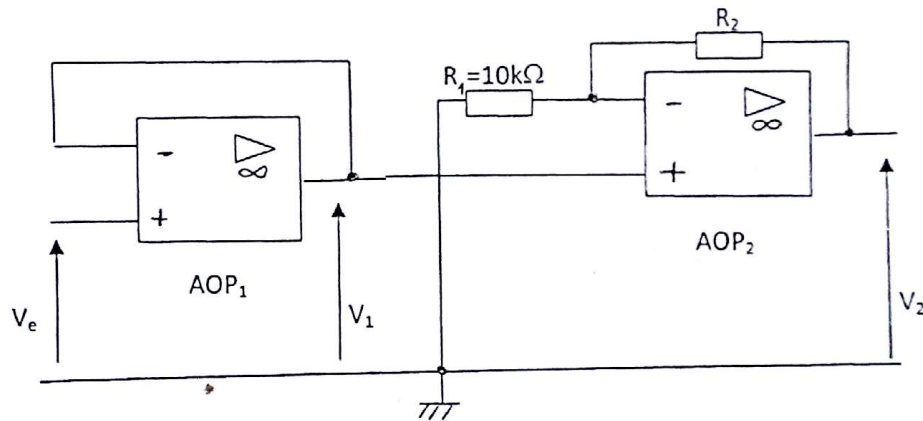
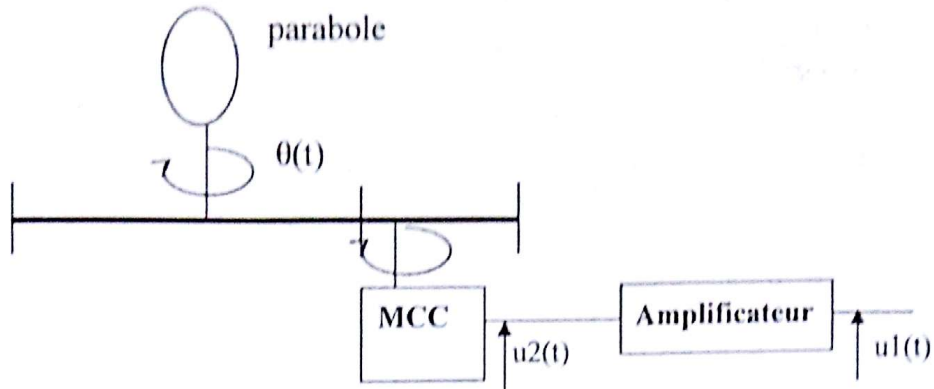


Figure 1

Problème 4 : AUTOMATIQUE (20 points)

Asservissement de position de parabole



La figure représente la commande d'une antenne de radar dont on se propose d'étudier l'asservissement de position. Le moteur est un moteur à excitation constante commandé par la tension de l'induit.

$u_1(t)$ et $u_2(t)$ sont des tensions et $\theta(t)$ est la position angulaire de la parabole.

Dans le cadre de notre étude nous négligeons les frottements des liaisons mécaniques et l'inductance de l'induit du moteur.

- L'inertie de l'antenne et de la roue du réducteur est $J_a = 15\,000 \text{ kg m}^2$.
- L'inertie du moteur et du pignon du réducteur est $J_M = 10^{-3} \text{ kg m}^2$.
- Le rapport de réduction est $r = 1\,000$.
- Le coefficient de force électromotrice du moteur est $K_E = 1,5 \text{ V/rad. s}^{-1}$.
- Le coefficient de couple du moteur est $K_T = 30 \text{ Nm/A}$.
- La résistance de l'induit du moteur est $R = 0,5 \Omega$.
- Le gain de l'amplificateur est $A = 10$.

1. Calculer l'inertie équivalente J de l'ensemble ramenée sur l'arbre moteur. (2 points)

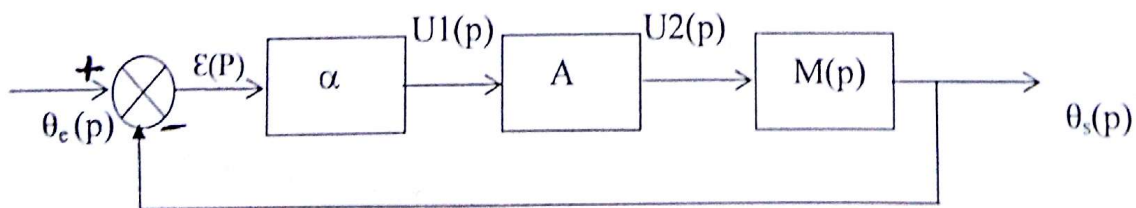
2. Montrer que la fonction de transfert de l'ensemble {moteur + parabole} s'écrit :

$$M(p) = \frac{\Theta(p)}{U_2(p)} = \frac{k}{p(Tp + 1)} \quad (2 \text{ points})$$

3. Calculer k et T . (2 points)

Par la suite on prendra $T = 0,5 \text{ s}$ et $k = 2 \text{ rad.s}^{-1}/\text{V}$.

4. On envisage l'étude de l'asservissement du système à partir du diagramme fonctionnel suivant : α est un réel, A est le gain de l'amplificateur.



- 4.1. Etablir la fonction de transfert en boucle fermée $H(p)$ du système. (3 points)
- 4.2. Montrer que $H(p)$ est d'ordre 2, calculer ses paramètres. (3 points)
- 4.3. Calculer α pour que le dépassement soit de 10 %. (3 points)
- 4.4. Calculer alors l'erreur de vitesse quand la consigne évolue à une vitesse angulaire constante $\theta_c(t) = 0,5 t$. (3 points)
- 4.5. Montrer que le temps de réponse est indépendant de α . Calculer alors le temps de réponse à 5 %. (2 points)

$$\text{On rappelle } t_{r,n\%} = \frac{1}{\omega_n \zeta} \ln\left(\frac{100}{n}\right) ; D \% = 100 \exp\left(\frac{-\pi z}{\sqrt{1-z^2}}\right)$$
