Université M'Hamed Bougera de Boumerdes
Faculté des Sciences de L'ingénieur
Département Maintenance Industrielle

جـــامعة أمــــحمد بــوقـــــــره بـــــومرداس
كليــــــــــة علـــــــــــوم المــهنــدس
قسم الصيـــــــانة الصناعيـــة

Document non autorisé. **Enseignant : Dr. Rahmoune**

Durée: 1h 30 min

امتحان في مادة : التحكم في المحركات الكهربائية

EXAMEN EN COMMANDE DES MACHINES ELECTRIQUES

EXERCICE 1

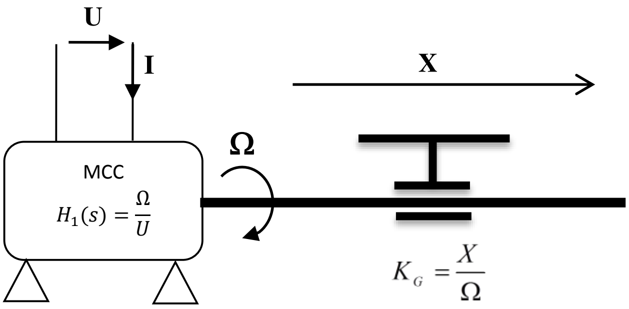


Fig.1

I. Pour le moteur à courant continu on donne :

R=11.4 Ω L=0.1214 H ; $J_{éq}$= 4. 52 10^{-4}Kg m^2; f=0.002953 Nms/rad; K_E=0.0045 Vs/rad ;K_T=1.28 Nm/A

1. Modéliser le moteur sachant que $E = K_E \Omega$ et $T_{em} = K_T I$ avec Tr=0.
2. En utilisant la transformée de Laplace, déterminer la fonction de transfert $H(s)$.
3. Ecrire la fonction de transfert $H(s)$ sous la forme $\frac{A}{\tau_1 \tau_2 s^2 + \tau_2 s + 1}$.
4. Déterminer puis calculer A, τ_1 et τ_2.

II. **Par la suite on considère que** $H(s) \simeq \frac{A}{(1+\tau_1 s)(1+\tau_2 s)}$.

On donne K_G=0.1

5. Représenter le schéma bloc du système électromécanique.
6. Calculer la fonction de transfert en boucle ouverte du système électromécanique.

III. On veut réaliser un contrôle **de position** de la table, le régulateur utilisé est un régulateur PI.

7. Représenter le schéma bloc de commande.
8. Déterminer les paramètres du régulateur PI en fonction du facteur d'amortissement.
9. Pour éviter des intensités élevées au niveau de l'induit du MCC, on utilise une régulation cascade en courant puis en tension. **Proposer un schéma de commande qui permet de contrôler le courant au niveau de l'induit.**

Document non autorisé. **Enseignant : Dr. Rahmoune**
Durée: 1h 30 min

تصحيح امتحان: التحكم في المحركات الكهربائية

CORRECTION DE L'EXAMEN EN COMMANDE DES MACHINES ELECTRIQUES

EXERCICE 1

I. Modélisation du moteur CC

1. Modéliser le moteur sachant que $E = K_E\Omega$ et $T_{em} = K_T I$ avec Tr=0.

$$U(t) = RI(t) + L\frac{d}{dt}I(t) + E = RI(t) + L\frac{d}{dt}I(t) + K_E\Omega(t) \qquad (1pts)$$

$$J_{éq}\frac{d}{dt}\Omega(t) = T_{em} - f\,\Omega(t) = J_{éq}\frac{d}{dt}\Omega(t) = K_T I(t) - f\,\Omega(t) \qquad (1pts)$$

2. En utilisant la transformée de Laplace, démontrer que la fonction de transfert $H_1(s)$ est de la forme

$$H_1(s) = \frac{K_T}{\left[LJ_{éq}\right]s^2 + \left[RJ_{éq} + Lf\right]s + \left[Rf + K_E K_T\right]}.$$

La transformée de Laplace donne :

$$U(s) = (R + Ls)I(t) + K_E\Omega(s) \qquad (0.5pts)$$

$$J_{éq}s\,\Omega(s) = K_T I(s) - f\,\Omega(s) \qquad (0.5pts)$$

$$I(s) = \frac{(J_{éq}s + f)\Omega(s)}{K_T} \qquad (0.5pts)$$

$$U(s) = (R + Ls)\frac{(J_{éq}s + f)\Omega(s)}{K_T} + K_E\Omega(s)$$

$$U(s) = \left(\frac{(R + Ls)(J_{éq}s + f) + K_E K_T}{K_T}\right)\Omega(s) \qquad (0.5pts)$$

$$d'où\ \ H_1(s) = \frac{K_T}{\left[LJ_{éq}\right]s^2 + \left[RJ_{éq} + Lf\right]s + \left[Rf + K_E K_T\right]}$$

3. Ecrire la fonction de transfert $H_1(s)$ sous la forme $\dfrac{A}{\tau_1\tau_2 s^2 + \tau_2 s + 1}$.

$$H_1(s) = \frac{\dfrac{K_T}{\left[Rf + K_E K_T\right]}}{\left(\dfrac{LJ_{éq}}{Rf + K_E K_T}\right)s^2 + \left(\dfrac{RJ_{éq} + Lf}{Rf + K_E K_T}\right)s + 1} \qquad (1pts)$$

4. Déterminer puis calculer A, τ_1 et τ_2.

$$\begin{cases} A = \dfrac{K_T}{\left[Rf + K_E K_T\right]} & (0.5pts) \\ \tau_1\tau_2 = \dfrac{LJ_{éq}}{Rf + K_E K_T}\ \ et\ \ \tau_2 = \dfrac{RJ_{éq} + Lf}{Rf + K_E K_T} & (0.5pts) \\ \tau_1 = \dfrac{LJ_{éq}}{Rf + K_E K_T} * \dfrac{1}{\tau_2} = \dfrac{LJ_{éq}}{RJ_{éq} + Lf} & (0.5pts) \end{cases}$$

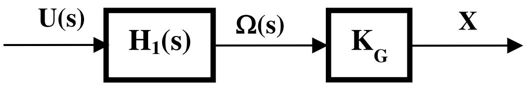
$$\begin{cases} A = \dfrac{1.28}{(11.4 \times 0.002953) + (0.0045 \times 1.28)} = 32{,}46 & (0.5pts) \\ \tau_1 = \dfrac{0.1214 \times 4.\ 52\ 10^{-4}}{\left(11.4 \times 4.\ 52\ 10^{-4}\right) + (0.1214 \times 0.002953)} = 0{,}00995 & (0.5pts) \\ \tau_2 = \dfrac{\left(11.4 \times 4.\ 52\ 10^{-4}\right) + (0.1214 \times 0.002953)}{(11.4 \times 0.002953) + (0.0045 \times 1.28)} = 0{,}13979 & (0.5pts) \end{cases}$$

Par la suite on considère que $H_1(s) \simeq \dfrac{A}{(1+\tau_1 s)(1+\tau_2 s)}$.

II. On donne K_G=0.1

5. Représenter le schéma bloc du système électromécanique.

(1pts)

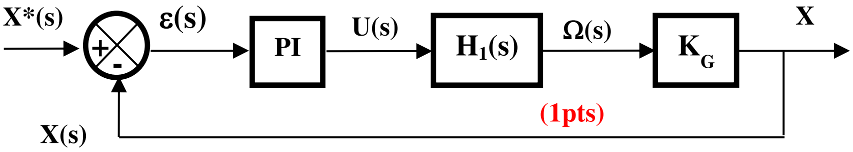


6. Calculer la fonction de transfert en boucle ouverte du système électromécanique.

$$FTBO = H_1(s) \times K_G = \frac{3.246}{(1+0.00995\text{s})(1+0.13979\text{s})} \qquad (1pts)$$

III. On veut réaliser un contrôle **de position** de la table, le régulateur utilisé est un régulateur PI.

7. Représenter le schéma bloc de commande.



8. Déterminer les paramètres du régulateur PID en fonction du facteur d'amortissement.

La fonction de transfert du régulateur PI est $C(s) = K_C \dfrac{1+T_i s}{T_i s}$ $(1pts)$

Les pole dominant est $\tau_2 = 0{,}13979 \quad car\, \tau_2 > \tau_1$ $(1pts)$ La compensation des pôles : $T_i = \tau_2$ $(1pts)$

La nouvelle FTBO

$$FTBO = C(s) \times H_1(s) \times K_G$$

$$FTBO = K_c \frac{1+0.13979\text{s}}{0.13979s} \frac{3.246}{(1+0.00995\text{s})(1+0.13979\text{s})} = \frac{3.246K_c}{(1+0.00995\text{s})0.13979s} \quad (1pts)$$

La FTBF

$$FTBF = \frac{FTBO}{1+FTBO} = \frac{\dfrac{3.246K_c}{(1+0.00995\text{s})0.13979s}}{1+\dfrac{3.246K_c}{(1+0.00995\text{s})0.13979s}} = \frac{3.246K_c}{(1+0.00995\text{s})0.13979s + 3.246K_c} \quad (1pts)$$

La forme canonique

$$FTBF = \frac{1}{\dfrac{0{,}00139}{3.246K_c}s^2 + \dfrac{0.13979}{3.246K_c}s + 1} \quad (1pts)$$

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{\omega_n^2} &= \frac{0{,}00139}{3.246K_c} \quad (1pts) \\ \frac{2\xi}{\omega_n} &= \frac{0.13979}{3.246K_c} \quad (1pts) \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{4\xi^2}{\omega_n^2} = \left(\frac{0.13979}{3.246K_c}\right)^2 \Rightarrow \xi^2 = \frac{\omega_n^2}{4}\left(\frac{0.13979}{3.246K_c}\right)^2 = \frac{3.246K_c}{4\times 0{,}00139} \times \frac{0{,}0195}{(3.246K_c)^2}$$

$$\xi^2 = \frac{0{,}0195}{4\times 0{,}00139 \times 3.246 \times \text{K}_\text{c}} = \frac{0{,}0195}{0{,}0180\text{K}_\text{c}} \Rightarrow \text{K}_\text{c} = \frac{0{,}0195}{0{,}0180\xi^2} \quad (1pts)$$