

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2020

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

16-MC-A3 Analyse des systèmes et régulation

Question 1 (20 pts)

Un système hydraulique est composé d'une servo-valve de gain K_q avec un élément de rétroaction sur la pression de gain K_c

$$q(t) = K_q u(t) - K_c p(t)$$

d'un actionneur hydraulique de surface A , volume V , et de compressibilité β

$$q(t) = A \frac{dy(t)}{dt} + \frac{V}{2\beta} \frac{dp(t)}{dt}$$

d'une charge mécanique et

$$m\ddot{y}(t) + b\dot{y}(t) = Ap(t) - f_L(t)$$

avec

m : la masse de la charge , b : le coefficient de frottement visqueux de la charge et y : la position de la charge,

$f_L(t)$: la force perturbatrice sur la charge

On note :

$$\frac{d^2 y(t)}{dt^2} = \ddot{y}(t) : \text{l'accélération de la charge}$$

$$\frac{dy(t)}{dt} = \dot{y}(t) : \text{la vitesse de la charge}$$

Questions :

1 – Pour des conditions initiales nulles, exprimer les transformées de Laplace des 5 équations. (10 points).

2 – Dessiner le schéma blocs causal en identifiant tous les signaux ($u(s)$, $q(s)$, $p(s)$, $y(s)$, $\dot{y}(s)$, et $f_L(s)$), tous les paramètres (m , b , A , V , K_q , K_c) et la variable de Laplace (s) . (10 points).

QUESTION 2 (20 pts)

On considère la commande d'un système asservi représenté sur la figure 1.

On considère une consigne de type échelon : $u(t) = A$ pour $t > 0$.

L'erreur finale est notée $e_{ss} = \lim_{t \rightarrow \infty} u(t) - y(t)$

La réponse finale est notée $y_{ss} = \lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$

Questions :

- 1 – Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée $\frac{y(s)}{u(s)}$ (5 points)
- 2 – Calculer l'erreur finale e_{ss} (5 points)
- 3 – Déterminer A qui permet d'obtenir une réponse finale $y_{ss} = y_0$ (5 points).
- 4 – Déterminer le pourcentage de dépassement en % (5 points).

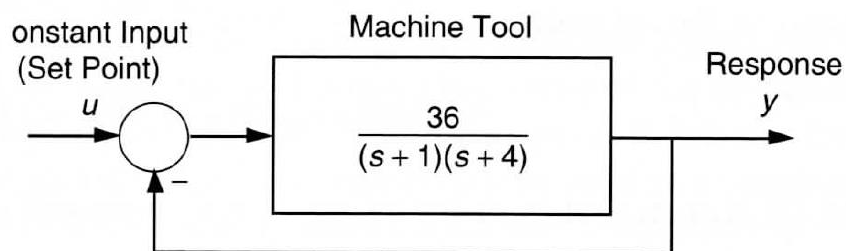


Figure 1.

QUESTION 3 (20 pts)

Le schéma blocs détaillé d'un système en représentation d'état d'entrée $U(s)$ et de sortie $Y(s)$ est montré sur la Figure 2.

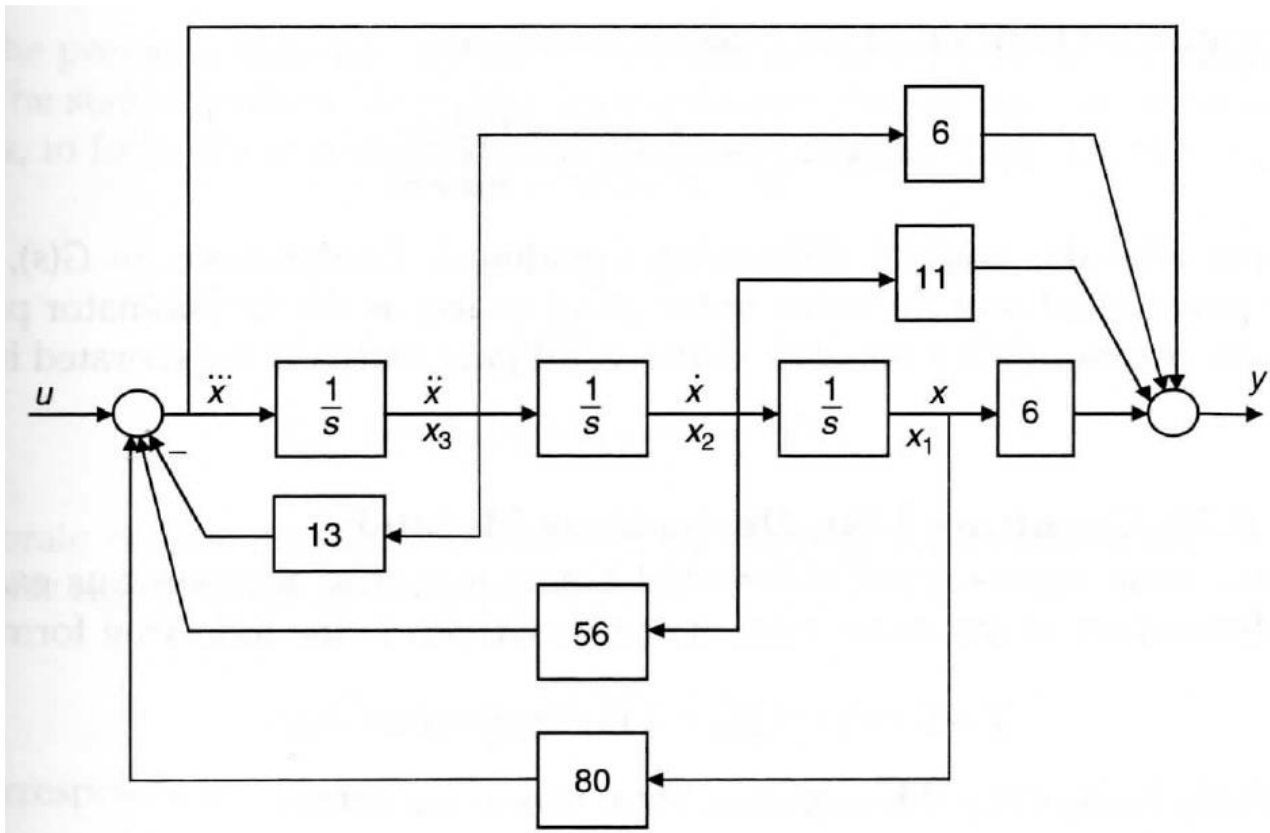


Figure 2.

Question :

1 – Exprimer la fonction de transfert $Y(s) / U(s)$ (20 points)

QUESTION 4 (20 pts)

La figure 3 présente la commande d'un système asservi

$$H(s) = K \frac{1}{s^2 - 2s + 2}$$

avec un compensateur de type proportionnel dérivé :

$$G(s) = K(1 + s)$$

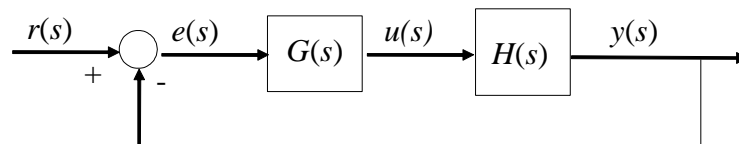


Figure 3.

Question :

- 1 – Calculer les pôles et les zéros de la boucle ouverte $L(s) = G(s)H(s)$. Le système est-il stable en boucle ouverte ? (10 points)
- 2 – Pour quelle plage de valeur de K , le système en boucle fermée est stable ? (10 points)

QUESTION 5 (20 pts)

La figure 4 présente la réponse en fréquence d'un système linéaire stable d'entrée $u(t)$ et de sortie $y(t)$.

Frequency ω	0	1	2	3	4	5	∞
Magnitude $ G(j\omega) $ (dB)	3/16	0.204	0.25	0.305	0.3125	0.266	0
Phase $\angle G(j\omega)$ (degrees)	0	3.5	0	-14.7	-36.8	-55.2	-90

Figure 4.

Questions :

- 1 – Déterminer la réponse en régime permanent, $y(t)$, pour une entrée : $u(t) = 2\cos(2t)$. (5 points)
- 2 – Déterminer la marge de gain. (5 points)
- 3 – Si on boucle ce système sur lui-même, $u(t) = r(t) - y(t)$, est-ce que le système est stable ? (5 points)
- 4 – Pour le système bouclé sur lui-même, selon $u(t) = r(t) - y(t)$, et une référence de type sinusoïdal : $r(t) = 2\cos(2t)$, déterminer la réponse en régime permanent de $u(t)$ et $y(t)$. (5 points)