Numéro d'inscription		Nom :
Numéro de table		Prénom :
Né(e) le		

Emplacement QR Code

Filière : PSI

Session : 2024

Épreuve de : Sciences Industrielles de l'Ingénieur

Consignes
- *Remplir soigneusement l'en-tête de chaque feuille avant de commencer à composer*
- *Rédiger avec un stylo non effaçable bleu ou noir*
- *Ne rien écrire dans les marges (gauche et droite)*
- *Numéroter chaque page (cadre en bas à droite)*
- *Placer les feuilles A3 ouvertes, dans le même sens et dans l'ordre*

PSI7SI

DOCUMENT RÉPONSE

Ce Document Réponse doit être rendu dans son intégralité.

PINCE BRUCELLES INSTRUMENTÉE HAPTIQUE DE MICRO-MANIPULATION

Q1 - Cas d'utilisation et actions mécaniques appliquées sur la pince

	Manuelle	Collaborative	Maître	Esclave
F_u	X	X	X	
F_o	X	X		X
C_m		X	X	X

Q2 - Sous-exigence essentielle dans le cas d'utilisation manuelle

Il faut respecter l'exigence id = "1.5" associée à une condition de réversibilité.

Q3 - Chaînes de puissance et d'information

1 : Moteur DC Brushless

2 : Vis - Écrou à billes

3 : Galets - Came

4 : Capteur rotatif magnétique

5 : Position angulaire de l'axe moteur

6 : Puissance électrique

7 : Puissance mécanique de rotation

8 : " " " translation

Q4 - Montrer que $\vec{\Omega}(2/0) = \vec{0}$. Nature du mouvement de 2 par rapport à 0

• D'une part : $\vec{\Omega}_{2/0} = \vec{\Omega}_{2/3} + \vec{\Omega}_{3/0} = \omega_{23}\cdot\vec{x_0} + \dot{\theta}_3\cdot\vec{x_0} = \omega_{20}^{x}\cdot\vec{x_0}$

• D'autre part : $\vec{\Omega}_{2/0} = \vec{\Omega}_{2/4} + \vec{\Omega}_{4/1} + \vec{\Omega}_{1/0} = \omega_{24}\cdot\vec{z_0} + \omega_{41}^{z}\cdot\vec{z_0} + \omega_{41}^{y}\cdot\vec{y_2} + \dot{\alpha}\cdot\vec{z_0} = \omega_{20}^{z}\cdot\vec{z_0} + \omega_{20}^{y}\cdot\vec{y_2}$

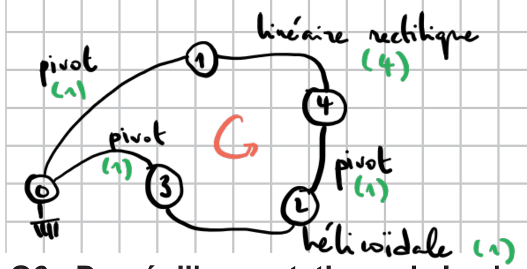
Donc : $\vec{\Omega}_{2/0} = \omega_{20}^{x}\cdot\vec{x_0} = \omega_{20}^{z}\cdot\vec{z_0} + \omega_{20}^{y}\cdot\vec{y_2}$ donc

$\vec{\Omega}_{2/0}\cdot\vec{x_2} = \omega_{20}^{x}\cdot\cos(\alpha+\beta) = 0$ puis $\vec{\Omega}_{2/0}\cdot\vec{y_2} = 0 = \omega_{20}^{y}$ et $\vec{\Omega}_{2/0}\cdot\vec{z_0} = 0$

DONC : $\vec{\Omega}_{2/0} = \vec{0}$

Le solide 2 est donc en translation par rapport à 0 (ici, c'est une translation rectiligne de direction $\vec{x_0}$).

Q5 - Degré d'hyperstatisme de la demi-pince



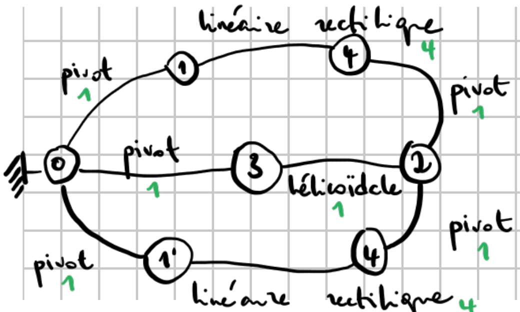
$h = E_c - I_c + m$

où $E_c = 6$ et donc $h = 0$

$I_c = 8$

$m = 1$ utile $+ 1$ interne (rotat° galet 4)

Q6 - Degré d'hyperstatisme de la pince complète. Comparaison avec Q5



Ici $I_c' = 14$

$E_c' = 12$

$m' = 1$ utile $+ 2$ internes $= 3$

Donc : $h' = 1 > h$: il y a une contrainte géométrique de montage liée à la symétrie du mécanisme et au positionnement angulaire de 2 autour de l'axe $(O, \vec{x_0})$

Q7 - Ouverture d en fonction de l'angle α et des données constantes

$d = 2\cdot\vec{OB}\cdot\vec{y_0} = 2\cdot(\vec{OA} + \vec{AB})\cdot\vec{y_0} = 2\cdot(y_A + x_B\cdot\vec{x_1}\cdot\vec{y_0} + y_B\cdot\vec{y_1}\cdot\vec{y_0})$

$d = 2\cdot(y_A + x_B\cdot\sin\alpha + y_B\cdot\cos\alpha)$

Q8 - Justification de l'allure de la courbe et valeurs de a et b tels que $d = a\,\alpha + b$

Ici $\alpha \ll 1$ et donc $\sin\alpha \simeq \alpha$ et $\cos\alpha \simeq 1$, on a donc :

$d \simeq 2 \cdot (y_A + y_B + x_B \cdot \alpha)$ (droite affine)

Avec $d = a \cdot \alpha + b$, je relève : $b \simeq 8{,}7$ mm $\simeq 8{,}7 \cdot 10^{-3}$ m

$$a \simeq \frac{0 - 8{,}7}{0{,}045 - 0} \simeq -180 \text{ mm/rad}$$

$\simeq -0{,}18$ m/rad

Q9 - Déplacement de l'écrou x_D en fonction de l'angle α. Expressions de d_1, d_2, d_3 et de d_4

Écrivons $\vec{OD} + \vec{DC} + \vec{CI} + \vec{IE} + \vec{EA} + \vec{AO} = \vec{0}$

Donc $x_D \cdot \vec{x_0} + x_C \cdot \vec{x_0} + y_C \cdot \vec{y_3} + R_g \cdot \vec{y_2} - x_I \cdot \vec{x_2} - x_E \cdot \vec{x_1} - y_A \cdot \vec{y_0} = \vec{0}$

En projection sur $\vec{y_2}$: $-(x_D + x_C) \cdot \sin(\alpha + \beta) + y_C \cdot \cos(\alpha + \beta) + R_g + x_E \cdot \sin\beta - y_A \cdot \cos(\alpha + \beta) = 0$

Donc : $$x_D = \frac{x_E \cdot \sin\beta + (y_C - y_A) \cdot \cos(\alpha + \beta) + R_g}{\sin(\alpha + \beta)} - x_C$$

D'où $d_1 = x_E$ $\quad d_3 = R_g$

$d_2 = y_C - y_A$ $\quad d_4 = x_C$

Q10 - Gain K_D tel que $x_D = K_D\,\alpha$

On a : $x_D = K_D \cdot \alpha$

Et donc $K_D \simeq \dfrac{0{,}9 - 0}{0{,}04 - 0} \simeq 22{,}5$ mm/rad $\simeq 0{,}0225$ m/rad

Q11 - Ouverture d en fonction de l'angle moteur θ_3. Variation minimale $\Delta\theta_3$ mesurable et variation minimale Δd correspondante (expressions littérales uniquement)

On a : $x_D = \dfrac{pas}{2 \cdot \pi} \cdot \theta_3$ et $d = a \cdot \alpha + b = a \cdot \dfrac{1}{K_D} \cdot x_D + b$

Et donc $d = \dfrac{a}{K_D} \cdot \dfrac{pas}{2 \cdot \pi} \cdot \theta_3 + b$ donc $\Delta d = \dfrac{a}{K_D} \cdot \dfrac{pas}{2 \cdot \pi} \cdot \Delta\theta_3$

Avec $\Delta\theta_3 = \dfrac{2 \cdot \pi}{2^{14}}$ (codage sur 14 bits pour le codeur).

Q12 - Vitesse de rotation $\omega_{4/0}$ en fonction de la vitesse $\dot{\alpha}$. Gain K_G tel que $\omega_{4/0} = K_G\,\dot{\alpha}$

Condition de roulement sans glissement : $\vec{V}_{I\in 4/1} = \vec{0}$

Résultat Q4 : $\vec{\Omega}_{2/0} = \vec{0}$

donc $\vec{V}_{I\in 4/0} - \vec{V}_{I\in 1/0} = \vec{0}$

Où $\vec{V}_{I\in 4/0} = \vec{V}_{I\in 4/2} + \underbrace{\vec{V}_{I\in 2/0}}_{\dot{x}_D\cdot\vec{x_0}\ \text{(translation)}} = \cancel{\vec{V}_{C\in 4/2}} + \underbrace{\vec{IC}}_{-R_g\cdot\vec{y_2}} \wedge \underbrace{\vec{\Omega}_{4/2}}_{\omega_{40}\cdot\vec{z_2}} + \dot{x}_D\cdot\vec{x_0}$

$\vec{V}_{I\in 4/0} = -R_g\cdot\omega_{40}\cdot\vec{x_2} + \dot{x}_D\cdot\vec{x_0}$ où $\dot{x}_D = K_D\,\dot{\alpha}$

Et $\vec{V}_{I\in 1/0} = \cancel{\vec{V}_{A\in 1/0}} + \underbrace{\vec{IA}}_{-x_I\cdot\vec{x_2}-x_E\cdot\vec{x_1}} \wedge \underbrace{\vec{\Omega}_{1/0}}_{\dot{\alpha}\cdot\vec{z_{012}}} = x_I\cdot\dot{\alpha}\cdot\vec{y_2} + x_E\cdot\dot{\alpha}\cdot\vec{y_1}$

Donc :
(proj° sur $\vec{x_2}$)

$$\omega_{40} = \frac{1}{R_g}\cdot\Big[K_D\cdot\underbrace{\cos(\alpha+\beta)}_{\simeq\cos\beta} - x_E\cdot\sin\beta\Big]\cdot\dot{\alpha} = \frac{K_D\cdot\cos\beta - x_E\cdot\sin\beta}{R_g}\cdot\dot{\alpha}$$

Q13 - Énergie cinétique $E_c(\Sigma/0)$ de l'ensemble $\Sigma = \{1, 1', 2, 3, 4, 4'\}$

$$E_c(\Sigma/0) = 2\cdot\left(\frac{1}{2}\cdot I_1\cdot\dot{\alpha}^2\right) + \left(\frac{1}{2}\cdot m_2\cdot\dot{x}_D^2\right) + \frac{1}{2}\cdot I_3\cdot\dot{\theta}_3^2 + 2\cdot\left(\frac{1}{2}\cdot m_4\cdot\dot{x}_D^2 + \frac{1}{2}\cdot I_4\cdot\omega_{40}^2\right)$$

Avec : $\omega_{40} = K_G\cdot\dot{\alpha}$ et $\dot{x}_D = \frac{pas}{2\cdot\pi}\cdot\dot{\theta}_3$

$\dot{x}_D = K_D\cdot\dot{\alpha}$ donc $\dot{\alpha} = \frac{1}{K_D}\cdot\frac{pas}{2\cdot\pi}\cdot\dot{\theta}_3$

et $\omega_{40} = \frac{K_G}{K_D}\cdot\frac{pas}{2\cdot\pi}\cdot\dot{\theta}_3$

Q14 - Inertie équivalente J_{eq} rapportée sur l'axe moteur

$$E_c(\Sigma/0) = \frac{1}{2}\cdot\underbrace{\left[I_3 + 2\cdot I_1\cdot\left(\frac{1}{K_D}\cdot\frac{pas}{2\cdot\pi}\right)^2 + (m_2+2m_4)\left(\frac{pas}{2\cdot\pi}\right)^2 + 2\cdot I_4\left(\frac{K_G}{K_D}\cdot\frac{pas}{2\cdot\pi}\right)^2\right]}_{=J_{eq}}\cdot\dot{\theta}_3^2$$

Q15 - Puissance galiléenne des actions extérieures à l'ensemble Σ

$$P_{ext} = C_m\cdot\dot{\theta}_3 - 2\cdot C_r\cdot\alpha\cdot\dot{\alpha} - F_0\cdot\vec{y_0}\cdot\vec{V}_{E\in 1/0} + F_0\cdot\vec{y_0}\cdot\vec{V}_{E'\in 1/0} + F_0\cdot\vec{y_0}\cdot\vec{V}_{B\in 1/0} - F_0\cdot\vec{y_0}\cdot\vec{V}_{B'\in 1/0}$$

où $\vec{V}_{E\in 1/0} = \cancel{\vec{V}_{A\in 1/0}} + \vec{EA}\wedge\vec{\Omega}_{1/0} \simeq -x_E\cdot\vec{x_0}\wedge(\dot{\alpha}\cdot\vec{z_0}) = +x_E\cdot\dot{\alpha}\cdot\vec{y_0}$

Et $\vec{V}_{B\in 1/0} = \cancel{\vec{V}_{A\in 1/0}} + \vec{BA}\wedge\vec{\Omega}_{1/0} \simeq -(x_B\cdot\vec{x_0} + y_B\cdot\vec{y_0})\wedge(\dot{\alpha}\cdot\vec{z_0}) = x_B\cdot\dot{\alpha}\cdot\vec{y_0} + \ldots\vec{x_0}$

Donc :

$$P_{ext} = C_m\cdot\dot{\theta}_3 - 2\cdot C_r\cdot\alpha\cdot\dot{\alpha} - 2\cdot F_0\cdot x_E\cdot\dot{\alpha} + 2\cdot F_0\cdot x_B\cdot\dot{\alpha}$$

Numéro d'inscription

Numéro de table

Né(e) le

Nom :

Prénom :

Emplacement QR Code

Filière : PSI

Session : 2024

Épreuve de : Sciences Industrielles de l'Ingénieur

Consignes

- *Remplir soigneusement l'en-tête de chaque feuille avant de commencer à composer*
- *Rédiger avec un stylo non effaçable bleu ou noir*
- *Ne rien écrire dans les marges (gauche et droite)*
- *Numéroter chaque page (cadre en bas à droite)*
- *Placer les feuilles A3 ouvertes, dans le même sens et dans l'ordre*

PSI7SI

Q16 - Puissance des actions intérieures à l'ensemble Σ

$P_{int} = -C_f\cdot\dot{\theta}_3^2$ (autres puissances nulles)

Q17 - C_{eq}, f_{eq}, l_u et l_o tels que $J_{eq}\,\ddot{\theta}_3 + f_{eq}\,\dot{\theta}_3 + C_{eq}\,\theta_3 = -l_u\,F_u + l_o\,F_o + C_m$

Donc : $C_m\cdot\dot{\theta}_3 - C_f\cdot\dot{\theta}_3^2 - 2\cdot C_r\cdot\alpha\cdot\dot{\alpha} - 2\cdot F_u\cdot x_E\cdot\dot{\alpha} + 2\cdot F_o\cdot x_B\cdot\dot{\alpha} = J_{eq}\cdot\dot{\theta}_3\cdot\ddot{\theta}_3$

Et : $\dot{\alpha} = \frac{1}{K_D}\cdot\frac{pas}{2\cdot\pi}\cdot\dot{\theta}_3$

Donc : $C_m\cdot\cancel{\dot{\theta}_3} - C_f\cdot\dot{\theta}_3^{\cancel{2}} - 2\cdot C_r\cdot\left[\frac{1}{K_D}\cdot\frac{pas}{2\cdot\pi}\right]^2\cdot\theta_3\cdot\cancel{\dot{\theta}_3} - 2\cdot F_u\cdot x_E\cdot\frac{1}{K_D}\cdot\frac{pas}{2\cdot\pi}\cdot\cancel{\dot{\theta}_3}$
$+ 2\cdot F_o\cdot x_B\cdot\frac{1}{K_D}\cdot\frac{pas}{2\cdot\pi}\cdot\cancel{\dot{\theta}_3} = J_{eq}\cdot\cancel{\dot{\theta}_3}\cdot\ddot{\theta}_3$

$J_{eq}\cdot\ddot{\theta}_3 + \underbrace{C_f}_{f_{eq}}\cdot\dot{\theta}_3 + \underbrace{2\cdot C_r\cdot\left[\frac{1}{K_D}\cdot\frac{pas}{2\cdot\pi}\right]^2}_{C_{eq}}\cdot\theta_3 = C_m - \overbrace{2\cdot x_E\cdot\frac{1}{K_D}\cdot\frac{pas}{2\cdot\pi}}^{l_u}\cdot F_u$
$+ \underbrace{2\cdot x_B\cdot\frac{1}{K_D}\cdot\frac{pas}{2\cdot\pi}}_{l_o}\cdot F_o$

Q18 - Couple moteur dans le cas de la pince maître

En statique :

$C_m = C_{eq}\cdot\theta_3 + l_u\cdot F_u$

Q19 - Couple moteur dans le cas de la pince esclave

$C_m = C_{eq}\cdot\theta_3 - l_o\cdot F_o$

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

Q20 - Validation du moteur en téléopération

Au maximum, il faut un couple moteur de 7 mN.m pour un effort maximal de l'utilisateur de 5 N (id 2.1.1.1).

Pour id 1.4.1, il faut avoir une alimentat° USB telle que $I_{max} = 1,5$ A ce qui permet un couple $C_{max} = I_{max} \cdot K_c \simeq 5,25$ mN.m < 7 mN.m donc le choix du moteur n'est pas validé.

Q21 - Couple moteur C_m en fonction de C_{eq} et de C_a, puis en fonction de C_r et de C_a

Par soustraction : $C_m = \left[C_{eq} - 2 \cdot C_a \cdot \left[\frac{pas}{2 \cdot \pi \cdot K_b}\right]^2\right] \cdot \theta_3$

Et $C_{eq} = 2 \cdot C_r \cdot \left[\frac{pas}{2 \cdot \pi \cdot K_b}\right]^2$ donc $C_m = 2 \cdot (C_r - C_a) \cdot \left[\frac{pas}{2 \cdot \pi \cdot K_b}\right]^2 \cdot \theta_3$

Q22 - Intensité moteur i en fonction de C_r et de C_a. Valeur de i pour $C_a = C_r$

On sait que $C_m = K_c \cdot i$ donc $i = \frac{1}{K_c} \cdot \left[2 \cdot (C_r - C_a)\right] \cdot \left[\frac{pas}{2 \cdot \pi \cdot K_b}\right]^2 \cdot \theta_3$

Pour $C_r = C_a$, on a : $i = 0$.

Q23 - Fonction de transfert $H_4(p)$ et fonctions de transfert $H_1(p)$, $H_2(p)$ et $H_3(p)$

$$\left[J_{eq} \cdot p^2 + f_{eq} \cdot p + C_{eq}\right] \cdot \theta_3(p) = \overbrace{C_m(p) - l_u \cdot F_u(p) + l_b \cdot F_b(p)}^{\varepsilon_c(p)}$$

$$\Omega_3(p) = p \cdot \theta_3(p) = \frac{p}{C_{eq} + f_{eq} \cdot p + J_{eq} \cdot p^2} \cdot \varepsilon_c(p)$$

Et donc : $H_4(p) = \frac{1}{p}$; $H_1(p) = + l_u$; $H_2(p) = + l_b$

et $H_3(p) = \frac{p}{C_{eq} + f_{eq} \cdot p + J_{eq} \cdot p^2}$

Q24 - Écart $\varepsilon_P(p)$ en fonction de $d_c(p)$ et de $d(p)$. Gain K_{conv} pour asservir correctement

- $\varepsilon_p(p) = K_{conv}(p) \cdot (d_c(p) - b) - K_{jauge} \cdot \dfrac{1}{k_6} \cdot (d(p) - b)$

car $d(p) = \alpha(p) \cdot k_6 + b$

- Il faut que $\varepsilon_p(p) = 0$ lorsque $d(p) = d_c(p)$.

Il faut donc que $K_{conv}(p) = \dfrac{K_{jauge}}{k_6}$.

Q25 - Fonction de transfert en boucle ouverte (boucle de courant) non corrigée : $H_{BOI}(p)$.
Expressions de a_1, a_2, a_3, a_4 et de a_5

$$H_{BOI}(p) = \frac{I(p)}{U_m(p)} = \dots \quad \text{où} \quad I(p) = \frac{1}{R + L \cdot p} \cdot (U_m(p) - E(p))$$

$$\text{et} \quad E(p) = K_e^2 \cdot \frac{p}{C_{eq} + f_{eq} \cdot p + J_{eq} \cdot p^2} \cdot I(p)$$

Donc : $$I(p) \cdot \left[1 + \frac{1}{R + L \cdot p} \cdot \frac{K_e^2 \cdot p}{C_{eq} + f_{eq} \cdot p + J_{eq} \cdot p^2}\right] = \frac{1}{R + L \cdot p} \cdot U_m(p)$$

Donc : $$\frac{I(p)}{U_m(p)} = \frac{\dfrac{1}{R + L \cdot p}}{1 + \dfrac{1}{R + L \cdot p} \cdot \dfrac{K_e^2 \cdot p}{C_{eq} + f_{eq} \cdot p + J_{eq} \cdot p^2}}$$

$$= \frac{C_{eq} + f_{eq} \cdot p + J_{eq} \cdot p^2}{R \cdot C_{eq} + (K_e^2 + C_{eq} \cdot L + R \cdot f_{eq}) \cdot p + (L \cdot f_{eq} + R \cdot J_{eq}) \cdot p^2 + L \cdot J_{eq} \cdot p^3}$$

$$= \frac{1}{R} \cdot \frac{1 + \underbrace{\dfrac{f_{eq}}{C_{eq}}}_{a_1} \cdot p + \underbrace{\dfrac{J_{eq}}{C_{eq}}}_{a_2} \cdot p^2}{1 + \underbrace{\dfrac{K_e^2 + C_{eq} \cdot L + R \cdot f_{eq}}{R \cdot C_{eq}}}_{a_3} \cdot p + \underbrace{\dfrac{L \cdot f_{eq} + R \cdot J_{eq}}{R \cdot C_{eq}}}_{a_4} \cdot p^2 + \underbrace{\dfrac{L \cdot J_{eq}}{R \cdot C_{eq}}}_{a_5} \cdot p^3}$$

Q26 - Gain K_{pI} permettant de respecter l'exigence de précision

On veut une erreur inférieure à 5% avec :

$$FTBF_I(p) = \frac{I(p)}{I_c(p)} = \frac{I(p)}{U_m(p)} \cdot \frac{U_m(p)}{I_c(p)}$$

$$= H_{BOI}(p) \cdot \frac{K_{pI} \cdot (I_c(p) - I(p))}{I_c(p)}$$

$$= H_{BOI}(p) \cdot K_{pI} - FTBF_I(p) \cdot K_{pI} \cdot H_{BOI}(p)$$

Et donc : $FTBF_I(p) = \dfrac{H_{BO_I}(p) \cdot K_{pI}}{1 + K_{pI} \cdot H_{BO_I}(p)}$

Pour une entrée en échelon : $I_c(p) = \dfrac{I_0}{p}$, on a :

$$\lim_{t \to +\infty} i(t) = \frac{\frac{1}{R} \cdot K_{pI}}{1 + \frac{1}{R} \cdot K_{pI}} \cdot I_0$$

Et donc : $\varepsilon = I_0 - \dfrac{\frac{1}{R} \cdot K_{pI}}{1 + \frac{1}{R} \cdot K_{pI}} \cdot I_0$

$$= \frac{1}{1 + \frac{1}{R} \cdot K_{pI}} \cdot I_0$$

L'erreur relative est donc : $\varepsilon_r = \dfrac{1}{1 + \frac{1}{R} \cdot K_{pI}} < \overbrace{\underbrace{0{,}05}_{\varepsilon_{r,max}}}^{\text{erreur maximale admissible}}$

Donc $1 < \varepsilon_{r,max} + \dfrac{1}{R} \cdot K_{pI} \cdot \varepsilon_{r,max}$

D'où $K_{pI} > \underbrace{\dfrac{1 - \varepsilon_{r,max}}{\varepsilon_{r,max}}}_{19} \cdot R$ AN $K_{pI} > 55\ \Omega$

Numéro d'inscription	
Numéro de table	
Né(e) le	

CONCOURS COMMUN INP

Nom :

Prénom :

Emplacement QR Code

Filière : PSI

Session : 2024

Épreuve de : Sciences Industrielles de l'Ingénieur

Consignes

- *Remplir soigneusement l'en-tête de chaque feuille avant de commencer à composer*
- *Rédiger avec un stylo non effaçable bleu ou noir*
- *Ne rien écrire dans les marges (gauche et droite)*
- *Numéroter chaque page (cadre en bas à droite)*
- *Placer les feuilles A3 ouvertes, dans le même sens et dans l'ordre*

PSI7SI

Q29 - Cas d'assistance du moteur et cas d'opposition

——— Trait plein : pas d'assistance
($C_a = 2{,}2$ N.m)

.... Pointillés : $i < 0$ donc $C_m < 0$ et $\varepsilon_c = C_m - l_U . F_U$ et $l_U < 0$
(4,4 N.m)

Signes opposés, le moteur s'oppose à l'utilisateur

— — — Tirets : $i > 0$ donc $C_m > 0$, donc il y a assistance.
(1,1 N.m)

Q30 - Raideur naturelle C_r de la pince

Lorsque $i = 0$, $C_m = 0$ et donc $C_a = C_r = 2{,}2$ N.m/rad.

Q31 - Justification du choix $C_P(p) = -1$ et respect de l'exigence de précision

On donne $K_{jauges} = -15\ 367$ inc/rad < 0.

Or il faut que $I_c > 0$ si $\alpha > 0$ et $\alpha_c = b$.

Il faut donc que $C_P(p) < 0$ car $I_c(p) = C_P(p) . (N(p) - N_c(p))$.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

Q35 - Montrer que le système est précis pour une entrée en échelon.

On a ici : $FTBF(p) = \dfrac{d(p)}{d_c(p)} = \dfrac{K_{jauge}}{\cancel{K_G}} \cdot \dfrac{C_p(p) \cdot \frac{K_A}{p}}{1 + C_p(p) \cdot \frac{K_A}{p} \cdot K_{jauge}} \cdot \cancel{K_G}$

On a donc : $\lim\limits_{p \to 0^+} FTBF(p) = \lim\limits_{p \to 0^+} \dfrac{K_{jauge} \cdot K_{pp} \cdot \frac{K_A}{p}}{1 + K_{jauge} \cdot K_{pp} \cdot \frac{K_A}{p}}$

$= 1$

Pour une entrée en échelon : $d_c(p) = \dfrac{d_0}{p}$, on a pour la sortie : $\lim\limits_{t \to +\infty} d(t) = \lim\limits_{p \to 0^+} p \cdot d(p)$

$= \lim\limits_{p \to 0^+} \cancel{p} \cdot FTBF(p) \cdot \overbrace{\dfrac{d_0}{\cancel{p}}}^{d_c(p)}$

$= d_0$ et donc l'erreur sera bien nulle.

Q36 - Commentaires courbes et justification performances du retour haptique. Comparaison tensions et intensités

1 • De $t = 0$ à $t = 0,1$ s :
- pince ouverte et immobile
- pas de forces exercées par l'utilisateur
- pas d'assistance avec le moteur

• De $t = 0,1$ s à $t = 0,12$ s :
- la pince se referme sous l'action de l'utilisateur
- pas de résistance de la part du moteur car $d > d_0$
- tension créée par "tension contre-électromotrice" (fonctionnement en génératrice du moteur)

• Pour $t > 0,12$ s :
- $i < 0$
- $u < 0$

} alimentation du moteur car $d < d_0$

- il y a bien retour haptique (résistance créée par le moteur)

2 Dans le pire des cas, je relève : $i \simeq -0,85$ A et $u \simeq -2,2$ V.

Le diagramme de définition de blocs donne : $i_n = 0,915$ A $> i$, $u_n = 4,5$ V $> u$.

Le moteur et l'alimentation permettent alors le retour haptique souhaité.

Q37 - Expression de r_1 et de r_2 pour franchir les transitions

r_1 : con = 1 ou mieux $\uparrow$ con ou encore mieux when($\uparrow$ con)

r_2 : con = 1 " " $\uparrow$ con " " " "

Au front montant

Q38 - Expression de r_3, r_4 et de r_5 pour franchir les transitions

r_3 : when $(F_U > F_{U,max})$ $[\alpha > \alpha_{max}]$

r_4 : when $(F_U > F_{U,max})$

r_5 : when $(\alpha < \alpha_{max})$

FIN