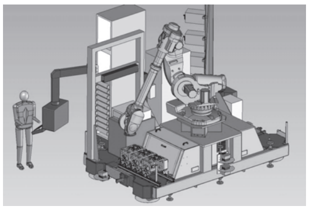
TD 02



Cellule d'assemblage pour avion Falcon

D'après concours E3A – PSI 2015.

Savoirs et compétences :

Mise en situation

Sélectionner les fixations – Exigence 1.1

Critères à respecter pour l'exigence 1.2

Choix d'une architecture de la chaine de transmission

Question 1 *Proposer sous la forme d'un schéma une autre solution permettant le déplacement du chariot. La conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique par un moteur doit être conservée.*

Correction Utilisation d'un système vis-écrou.

Détermination de l'inertie équivalente

Question 2 *À partir des grandeurs définies déterminer l'expression littérale de l'inertie équivalente J_{eq} de l'ensemble Σ={moteur+réducteur+poulies+chariot} ramenée sur l'arbre moteur. Cette inertie équivalente est définie par $E_c(\Sigma) = 1/2 J_{eq}\omega_m^2$.*

Correction $\mathscr{E}_c(\Sigma) = \mathscr{E}_c(\text{moteur}) + \mathscr{E}_c(\text{réducteur}) + \mathscr{E}_c(\text{poulies}) + \mathscr{E}_c(\text{chariot})$.

- $\mathscr{E}_c(\text{moteur}) = 1/2 J_m \omega_m^2$;
- $\mathscr{E}_c(\text{réducteur}) = 1/2 J_{\text{red}} \omega_m^2$;
- $\mathscr{E}_c(\text{poulies}) = 1/2 (J_{\text{Pm}} + J_{\text{PR}})\omega_{\text{red}}^2 = 1/2 (J_{\text{Pm}} + J_{\text{PR}})\lambda^2\omega_m^2$;
- $\mathscr{E}_c(\text{chariot}) = 1/2 M V^2 = 1/2 M R_p^2 \lambda^2 \omega_m^2$.

On a donc $J_{\text{eq}} = M R_p^2 \lambda^2 + (J_{\text{Pm}} + J_{\text{PR}})\lambda^2 + J_{\text{red}} + J_m$.

Question 3 *Déterminer la valeur numérique de l'expression précédente.*

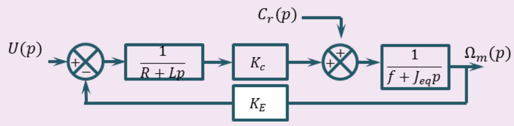
Correction $J_{eq} = 0.0068\,\text{kg}\,\text{m}^2$

Modèle de connaissance du moteur à courant continu

Objectif L'objectif de cette partie est d'établir un modèle de la motorisation de l'axe afin de simuler un déplacement.

Question 4 *À partir des équations du moteur à courant continu, réaliser le schéma bloc du moteur à courant continu.*

Correction



Question 5 *En considérant que $C_R(p) = 0$, déterminer la fonction de transfert $H_M(p) = \dfrac{\Omega_m(p)}{U(p)}$ sous sa forme canonique.*

Correction $H_m(p) = \dfrac{\dfrac{K_C}{K_c K_E + Rf}}{1 + \dfrac{RJ_eq + Lf}{K_c K_E + Rf}p + \dfrac{LJ_eq}{K_c K_E + Rf}p^2}$

Question 6 *Montrer que la fonction de transfert $H_M(p)$ peut se mettre sous la forme $H_M(p) = \dfrac{K_C}{K_C K_e + R J_{eq} p + L J_{eq} p^2}$. Justifier la réponse. Pour cette question, la valeur numérique de J_{eq} considérée sera $J_{eq} = 7 \times 10^{-3}\,\text{kg}\,\text{m}^2$ indépendamment du résultat numérique calculé précédemment.*

Correction En faisant les applications numériques on montre que Rf est négligeable devant $K_c K_E$ et que Lf et négligeable devant RJ_{eq}. On a donc : $H_m(p) = \dfrac{\dfrac{K_C}{K_c K_E}}{1 + \dfrac{RJ_{eq}}{K_c K_E}p + \dfrac{LJ_{eq}}{K_c K_E}p^2} = \dfrac{K_C}{K_c K_E + RJ_{eq}p + LJ_{eq}p^2}$.

Question 7 *Montrer qu'avec l'expression, $H_M(p)$ peut s'écrire sous la forme $H_M(p) = \dfrac{K_M}{(1+T_E p)(1+T_M p)}$ avec $T_E < T_M$.*

Correction $\begin{cases} T_e + T_m = \dfrac{RJ_{eq}}{K_c K_e} \\ T_e T_m = \dfrac{LJ_{eq}}{K_C K_e} \end{cases}$ On a (résolution d'une équation du second degré) :

$$Te = \frac{\frac{RJ_{eq}}{K_c K_e} - \sqrt{\left(\frac{RJ_{eq}}{K_c K_e}\right)^2 - 4\frac{LJ_{eq}}{K_c K_e}}}{2}.$$ $T_e = 0.0051\,\text{s}$ et $T_m = 0.0074\,\text{s}$.

Étude de l'asservissement en position de l'axe

Modélisation de l'asservissement en position

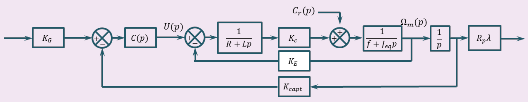
Question 8 *Quelle doit être la valeur de K_G pour assurer un asservissement correct (c'est-à-dire l'écart ε doit être nul si la position de l'axe est identique à la consigne) ?*

Correction

On doit avoir $K_G = K_{\text{capt}} \dfrac{1}{\lambda} \dfrac{1}{R_p} = 0.556\,\text{V}\,\text{rad}^{-1}\,\text{m}^{-1}$.

Question 9 *Donner le schéma-blocs de l'asservissement.*

Correction



Étude du modèle simplifié

Question 10 *Donner l'expression de $Y(p)$.*

Correction
On raisonne par superposition :
Si $C_r(p) = 0$:

$$Y_1(p) = Y_{\text{cons}}(p)\frac{\dfrac{K_G K_{\text{Capt}} C(p) H_m(p) K_r}{p}}{1 + \dfrac{K_G K_{\text{Capt}} C(p) H_m(p) K_r}{p}}$$

$$= Y_{\text{cons}}(p)\frac{K_G K_{\text{Capt}} C(p) H_m(p) K_r}{p + K_G K_{\text{Capt}} C(p) H_m(p) K_r}$$

$$= Y_{\text{cons}}(p)\frac{K_G K_{\text{Capt}} C(p) K_M K_r}{(1+T_E p)(1+T_M p)p + K_G K_{\text{Capt}} C(p) K_M K_r)}$$

.

Correction Si $Y_{\text{Cons}}(p) = 0$:

$$Y_2(p) = C_r(p)\frac{\dfrac{H_c(p)K_r}{p}}{1 + \dfrac{K_r K_G K_{\text{Capt}} C(p) H_m(p)}{p}}$$

$$= C_r(p)\frac{H_c(p)K_r}{p + K_r K_G K_{\text{Capt}} C(p) H_m(p)}$$

$$= C_r(p)\frac{\dfrac{(R+Lp)K_M K_r}{K_C}}{(1+T_E p)(1+T_M p)p + K_r K_G K_{\text{Capt}} C(p) K_M}$$

On a donc : $Y(p) = Y_1(p) + Y_2(p)$.

Question 11 *On souhaite déterminer l'erreur en position du système. Calculer l'écart statique pour $C(p) = K_p$ puis $C(p) = \dfrac{K_i}{p}$.*

Correction

Question 12 *On souhaite que lorsque le système se déplace à vitesse constante, l'erreur sur la vitesse atteinte par le système soit nulle. Quelle sollicitation doit-on utiliser. Calculer l'écart statique pour $C(p) = K_p$ puis $C(p) = \dfrac{K_i}{p}$.*

Correction

Question 13 *Conclure.*

Correction

Question 14 *Conclure sur la conformité au cahier des charges du système ainsi réglé.*

Correction

Question 15 *Tracer de diagramme de Bode.*

Correction

Question 16 *Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert en boucle ouverte pour $C(p) = 1$. Déterminer les marges de phase et les marges de gain.*

Correction

Question 17 *Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert en boucle ouverte pour $C(p) = \dfrac{1}{p}$. Déterminer les marges de phase et les marges de gain.*

Correction

Vérification des performances de l'axe du magasin de rivets

Question 18 *À partir des relevés ci-dessous, conclure sur le respect des exigences fonctionnelles de l'axe du magasin de stockage des rivets (Exigence 1.1).*

Correction