Activation 01

Assistance pour le maniement de charges dans l'industrie

Concours Centrale Supelec TSI 2017

Savoirs et compétences :

- *Mod2.C4 : calcul symbolique;*
- *Mod2.C7.SF1 : analyser ou établir le schéma-bloc du système.*

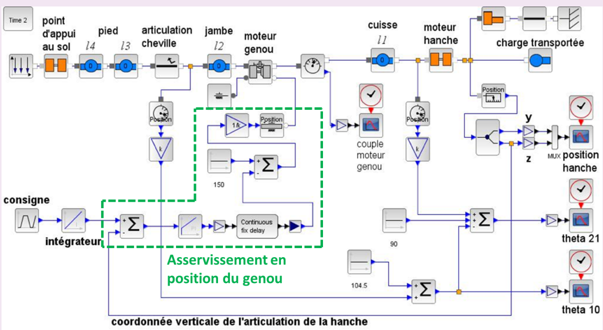
Mise en situation

Gestion du mouvement vertical

Objectif Déterminer les réglages de la commande asservie des moteurs genou droit et gauche permettant d'assurer un mouvement vertical ne déséquilibrant pas le porteur de l'exosquelette puis valider les performances attendues listées par le cahier des charges.

Question 1 *Déterminer la grandeur physique de la consigne et la grandeur physique asservie à partir du modèle multiphysique présenté plus bas et préciser leurs unités de base dans le système international d'unités (SI).*

Correction
Il s'agit d'un asservissement en position.



Question 2 *Exprimer $H_\Omega(p)=\dfrac{\Omega_m(p)}{\Omega_{mC}(p)}$ en fonction de J, K_2 et p.*

Correction En faisant l'hypothèse que le couple perturbateur est nul, on a : $H_\Omega(p)=\dfrac{\Omega_m(p)}{\Omega_{mC}(p)}=\dfrac{C_\Omega(p)M_C(p)\dfrac{1}{Jp+f}}{1+C_\Omega(p)M_C(p)\dfrac{1}{Jp+f}}$. En conséquences : $H_\Omega(p)=\dfrac{C_\Omega K_2}{Jp+C_\Omega K_2}=\dfrac{1}{\dfrac{Jp}{C_\Omega K_2}+1}$.

Question 3 *Exprimer $\varepsilon(p)$ en fonction de $\theta_{mC}(p)$, $H_\Omega(p)$, K_1 et p.*

Correction D'une part, $\varepsilon(p)=\theta_{mC}(p)-\theta_m(p)$. D'autre part, $\theta_m(p)=H_\Omega(p)\dfrac{K_1}{p}\varepsilon(p)$. Par suite, $\varepsilon(p)=\theta_{mC}(p)-H_\Omega(p)\dfrac{K_1}{p}\varepsilon(p) \Leftrightarrow \varepsilon(p)\left(1+H_\Omega(p)\dfrac{K_1}{p}\right)=\theta_{mC}(p)$. En conséquences, $\varepsilon(p)=\dfrac{\theta_{mC}(p)}{1+H_\Omega(p)\dfrac{K_1}{p}}$.

Question 4 *Déterminer l'erreur de position ε_p puis l'erreur de traînage ε_v. Conclure sur la valeur de K_1 pour satisfaire à l'exigence d'erreur en traînage.*

Correction On a :

- $\varepsilon_p=\lim\limits_{t\to\infty}\varepsilon(t)=\lim\limits_{p\to 0}p\varepsilon(p)=\lim\limits_{p\to 0}p\dfrac{1}{1+H_\Omega(p)\dfrac{K_1}{p}}\dfrac{1}{p}$ $=\lim\limits_{p\to 0}\dfrac{1}{1+\dfrac{1}{\dfrac{Jp}{C_\Omega K_2}+1}\dfrac{K_1}{p}}=0$ (ce qui était prévisible pour un système de classe 1) ;
- $\varepsilon_v=\lim\limits_{t\to\infty}\varepsilon(t)=\lim\limits_{p\to 0}p\varepsilon(p)=\lim\limits_{p\to 0}p\dfrac{1}{1+H_\Omega(p)\dfrac{K_1}{p}}\dfrac{1}{p^2}$ $=\lim\limits_{p\to 0}\dfrac{1}{1+\dfrac{1}{\dfrac{Jp}{C_\Omega K_2}+1}\dfrac{K_1}{p}}\dfrac{1}{p}=\lim\limits_{p\to 0}\dfrac{1}{p+\dfrac{1}{\dfrac{Jp}{C_\Omega K_2}+1}K_1}=\dfrac{1}{K_1}$ (ce qui était prévisible pour un système de classe 1 et de gain K_1 en BO).

Ainsi, pour avoir une erreur de traînage inférieure à 1%, il faut $\dfrac{1}{K_1}<0,01$ et $K_1>100$.

Question 5 *Déterminer l'erreur en accélération et conclure quant au respect du cahier des charges.*

Correction En raisonnant de même, on a : $\varepsilon_a=\lim\limits_{t\to\infty}\varepsilon(t)=\lim\limits_{p\to 0}p\varepsilon(p)=\lim\limits_{p\to 0}p\dfrac{1}{1+H_\Omega(p)\dfrac{K_1}{p}}\dfrac{1}{p^3}=$

Correction $\lim\limits_{p\to 0} \dfrac{1}{1+\dfrac{1}{\dfrac{Jp}{C_\Omega K_2}+1}\dfrac{K_1}{p}}\dfrac{1}{p^2} = 0 = \lim\limits_{p\to 0}\dfrac{1}{p^2+\dfrac{p}{\dfrac{Jp}{C_\Omega K_2}+1}K_1} = \infty$ (ce qui était prévisible pour un système de classe 1).

Ainsi, le correcteur choisi ne permet pas de vérifier le cahier des charges.

Question 6 *Exprimer $\varepsilon(p)$ en fonction de $\theta_{mC}(p)$, T, K_1, K_3 et p.*

Correction En utilisant le schéma-blocs, on a :

- $\varepsilon(p) = \theta_{mC}(p) - \theta_m(p)$;
- $\Omega_{mC}(p) = K_3 p\theta_{mC}(p) + K_1\varepsilon(p)$;
- $\theta_m(p) = \Omega_{mC}(p)\dfrac{1}{p}\dfrac{1}{1+Tp}$.

On a donc : $\varepsilon(p) = \theta_{mC}(p) - \Omega_{mC}(p)\dfrac{1}{p}\dfrac{1}{1+Tp} = \theta_{mC}(p) - \left(K_3 p\theta_{mC}(p)+K_1\varepsilon(p)\right)\dfrac{1}{p(1+Tp)} = \theta_{mC}(p) - \dfrac{K_3 p}{p(1+Tp)}\theta_{mC}(p) - \dfrac{K_1}{p(1+Tp)}\varepsilon(p)$.

On a alors $\varepsilon(p)\left(1+\dfrac{K_1}{p(1+Tp)}\right) = \theta_{mC}(p)\left(1-\dfrac{K_3}{1+Tp}\right)$

$\Leftrightarrow \varepsilon(p)\dfrac{p(1+Tp)+K_1}{p(1+Tp)} = \theta_{mC}(p)\dfrac{1+Tp-K_3}{1+Tp}$.

Enfin, $\varepsilon(p) = \theta_{mC}(p)\dfrac{p(1+Tp-K_3)}{p(1+Tp)+K_1}$.

Le second modèle avec anticipation de la figure précédente n'a pas d'incidence sur la valeur de l'erreur de position.

Question 7 *Exprimer l'erreur de traînage et déterminer la valeur de K_3 permettant l'annuler cette erreur.*

Correction $\varepsilon_v = \lim\limits_{t\to\infty}\varepsilon(t) = \lim\limits_{p\to 0} p\varepsilon(p) = \lim\limits_{p\to 0} p\dfrac{p(1+Tp-K_3)}{p(1+Tp)+K_1}\dfrac{1}{p^2} = \lim\limits_{p\to 0}\dfrac{(1+Tp-K_3)}{p(1+Tp)+K_1} = \dfrac{1-K_3}{K_1}$.

Au final, pour annuler l'erreur de traînage, on doit avoir $K_3 = 1$.

Question 8 *Exprimer et déterminer l'erreur d'accélération en prenant les valeurs de K_3 et de K_1 déterminées précédemment. Conclure quant au respect du cahier des charges.*

On a :

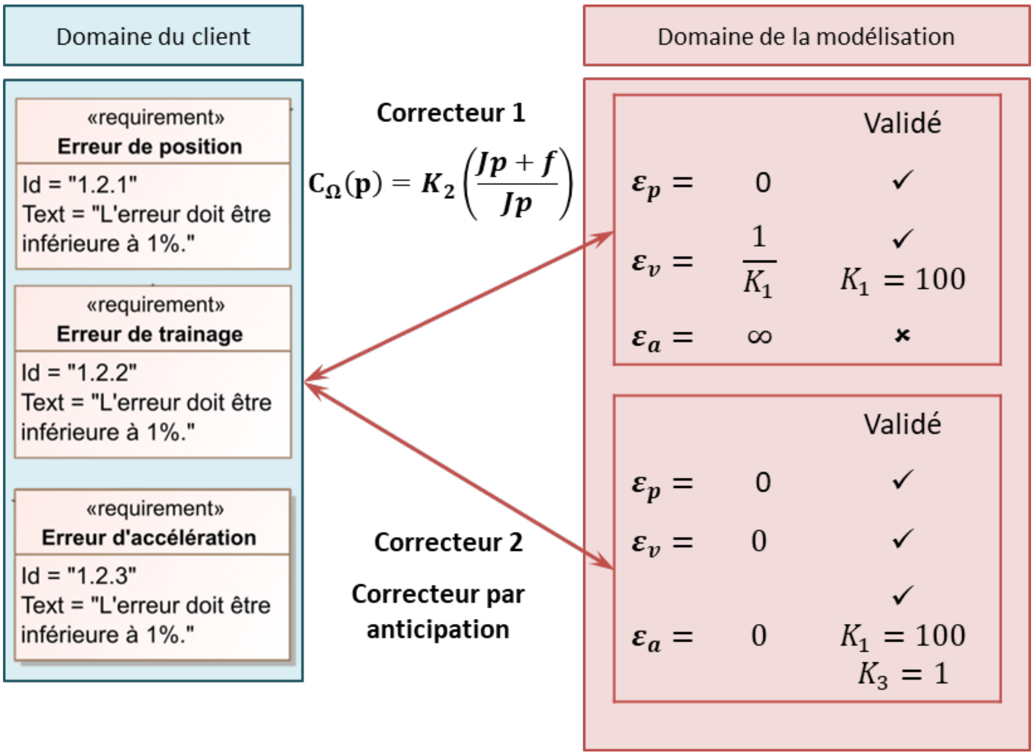
Correction $\varepsilon_a = \lim\limits_{t\to\infty}\varepsilon(t) = \lim\limits_{p\to 0} p\varepsilon(p) = \lim\limits_{p\to 0} p\dfrac{p(1+Tp-K_3)}{p(1+Tp)+K_1}\dfrac{1}{p^3} = \lim\limits_{p\to 0}\dfrac{(1+Tp-K_3)}{p(1+Tp)+K_1}\dfrac{1}{p}$. En prenant $K_3 = 1$ et $K_1 = 100$, on obtient : $\varepsilon_a = \dfrac{T}{p(1+Tp)+100} = \dfrac{33\times 10^{-3}}{100}$. L'erreur est donc de 33×10^{-5}. Le cahier des charges est donc validé.

Synthèse

Question 9 *En utilisant la figure ci-dessous, conclure sur les actions qui ont mené à une validation du cahier des charges.*

Eléments de corrigé :

1. Asservissement en position.
2. $H_\Omega(p) = 1/\left(\dfrac{Jp}{C_\Omega K_2}+1\right)$.
3. $\varepsilon(p) = \left(\theta_{mC}(p)\right)/\left(1+H_\Omega(p)\dfrac{K_1}{p}\right)$
4. $\varepsilon(p) = 0, \varepsilon_v = \dfrac{1}{K_1}$ et $K_1 > 100$.
5. $\varepsilon_a = \infty$.
6. $\varepsilon(p) = \theta_{mC}(p)\left(p(1+Tp-K_3)\right)/\left(p(1+Tp)+K_1\right)$.
7. $\varepsilon_v = \dfrac{1-K_3}{K_1}$, $K_3 = 1$.
8. $\varepsilon_a = \dfrac{33\times 10^{-3}}{100}$. Le cahier des charges est donc validé.


Domaine du client
«requirement»
Erreur de position
Id = "1.2.1"
Text = "L'erreur doit être inférieure à 1%."
«requirement»
Erreur de trainage
Id = "1.2.2"
Text = "L'erreur doit être inférieure à 1%."
«requirement»
Erreur d'accélération
Id = "1.2.3"
Text = "L'erreur doit être inférieure à 1%."
Correcteur 1
$C_{\Omega}(p) = K_2 \left(\dfrac{Jp+f}{Jp}\right)$
Correcteur 2
Correcteur par anticipation
Domaine de la modélisation
Validé
$\varepsilon_p =$ 0 ✓
$\varepsilon_v = \dfrac{1}{K_1}$ ✓ $K_1 = 100$
$\varepsilon_a = \infty$ ✗
Validé
$\varepsilon_p =$ 0 ✓
$\varepsilon_v =$ 0 ✓
$\varepsilon_a =$ 0 ✓ $K_1 = 100$ $K_3 = 1$

Cycle 01