Ascenseur de maison

Q1 : On a :

$$v = \ominus R_3 \cdot \omega_3 \quad \text{(pignon - crémaillère)}$$

$$\frac{\omega_3}{\omega_1} = \frac{R_1}{\cancel{R_2}} \cdot \frac{\cancel{R_2}}{R_3} \quad \text{(engrenages)}$$

$$\omega_1 = r \cdot \omega_m \quad \text{(réducteur)}$$

Rigoureusement il y a bien un $\ominus$: si (3) tourne dans le sens positif, alors la chaise se déplacera dans le sens négatif.

On obtient donc : $v = - \cancel{R_3} \cdot \frac{R_1}{\cancel{R_3}} \cdot r \cdot \omega_m$

$$\underline{v = - R_1 \cdot r \cdot \omega_m}$$

Q1 - Réponse B.

Q2 : J'écris l'énergie cinétique de l'ensemble des pièces en mouvement Σ :

$$Ec(\Sigma/0) = Ec(\text{arbre mot}/0) + Ec(\text{pièces en mvt du réducteur}/0) + Ec(R_1/0) + Ec(R_2/0) + Ec(R_3/0) + Ec(\text{chaise} + \text{utilisateur}/0)$$

$$= \underbrace{\frac{1}{2} \cdot m_{arbre\ mot} \cdot v^2}_{\text{énergie cinétique en "translation"}} + \underbrace{\frac{1}{2} \cdot I_m \cdot \omega_m^2}_{\text{énergie cinétique en "rotation"}}$$

$$+ \frac{1}{2} \cdot m_{réd} \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot I_r \cdot \omega_m^2$$

"ramené sur l'arbre moteur"

$$+ \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot I_1 \cdot \omega_1^2$$

$$+ \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot I_2 \cdot \omega_2^2$$

$$+ \frac{1}{2} \cdot m_3 \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot I_3 \cdot \omega_3^2$$

$$+ \frac{1}{2} \cdot m_{cu} \cdot v^2 \longrightarrow \text{Solide en translat}^{\circ} / \text{à } 0.$$

$$= \frac{1}{2} \cdot M_\Sigma \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot (I_r + I_m) \cdot \omega_m^2 + \frac{1}{2} \cdot I_1 \cdot \omega_1^2 + \frac{1}{2} \cdot I_2 \cdot \omega_2^2 + \frac{1}{2} \cdot I_3 \cdot \omega_3^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \underbrace{\left[I_r + I_m + r^2 \cdot I_1 + r^2 \cdot \frac{R_1^2}{R_2^2} \cdot I_1 + r^2 \cdot \frac{R_1^2}{R_3^2} \cdot I_3 + M_\Sigma \cdot R_1^2 \cdot r^2 \right]}_{= J} \cdot \omega_m^2$$

Q3 : J'isole Σ dont le bilan des puissances est le suivant :

Pintérieures : $P_{motrice} = C_m \cdot \omega_m$ (+ autres puissances nulles car liaisons parfaites)

Pextérieures : $P_{pes \to \Sigma/0} = - M_\Sigma \cdot g \cdot \vec{z} \cdot (V \cdot \vec{y_1})$

$= - M_\Sigma \cdot g \cdot V \cdot \sin\alpha$

$= - M_\Sigma \cdot g \cdot r \cdot R_1 \cdot \sin\alpha \cdot \omega_m$

$P_{frottements} = - f \cdot \omega_m^2$

$P_{0 \to Si/0} = P_{0 \leftrightarrow Si} = 0$ car liaisons parfaites

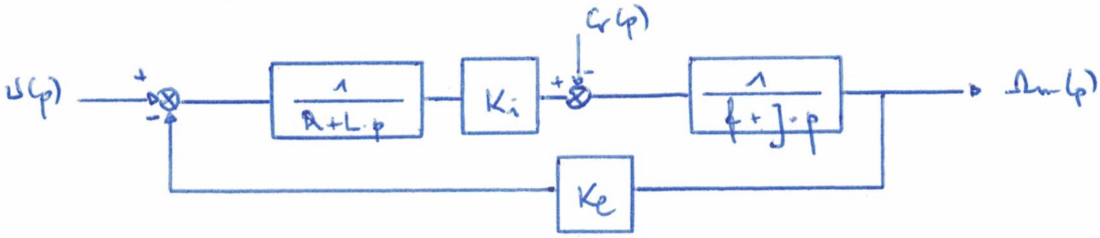
où $Si = C$ ou $Si = R_3$.

le théorème de l'énergie cinétique permet d'écrire :

$$C_m \cdot \cancel{\omega_m} - M_\Sigma \cdot g \cdot r \cdot R_1 \cdot \sin\alpha \cdot \cancel{\omega_m} - f \cdot \omega_m^{\cancel{2}} = J \cdot \cancel{\omega_m} \cdot \frac{d\omega_m}{dt}$$

D'où $$J \cdot \frac{d\omega_m}{dt} + f \cdot \omega_m = C_m - M_\Sigma \cdot g \cdot r \cdot R_1 \cdot \sin\alpha$$

Q4 :



Q5 :

$$\left.\frac{\Omega_m(p)}{U(p)}\right|_{Cr(p)=0} = \frac{\frac{1}{R+L \cdot p} \cdot Ki \cdot \frac{1}{f+J \cdot p}}{1 + Ke \cdot \frac{1}{R+L \cdot p} \cdot Ki \cdot \frac{1}{f+J \cdot p}}$$

$$= \frac{Ki}{Ki \cdot Ke + R \cdot f + (R \cdot J + L \cdot f) \cdot p + L \cdot J \cdot p^2}$$

$$= \frac{\frac{Ki}{Ki \cdot Ke + R \cdot f}}{1 + \frac{R \cdot J + L \cdot f}{Ki \cdot Ke + R \cdot f} \cdot p + \frac{L \cdot J}{Ki \cdot Ke + R \cdot f} \cdot p^2}$$

Q6 :

$$\left.\frac{\Omega_m(p)}{Cr(p)}\right|_{U(p)=0} = - \frac{\frac{1}{f+J \cdot p}}{1 + \frac{1}{f+J \cdot p} \cdot Ke \cdot \frac{1}{R+L \cdot p} \cdot Ki}$$

$$= - \frac{R + L \cdot p}{Ki \cdot Ke + R \cdot f + (R \cdot J + L \cdot f) \cdot p + L \cdot J \cdot p^2}$$

$$\left.\frac{\Omega_m(p)}{C_r(p)}\right|_{U(p)=0} = -\frac{R}{K_i \cdot K_e + R \cdot f} \cdot \frac{1 + \frac{L}{R} \cdot p}{1 + \frac{R \cdot J + L \cdot f}{K_i \cdot K_e + R \cdot f} \cdot p + \frac{L \cdot J}{K_i \cdot K_e + R \cdot f} \cdot p^2}$$

Q7. Je sais que : • $tr_{5\%} = 3 \cdot T$

• $\lim_{t \to +\infty} \omega_m(t) = K \cdot U_0$

On a ici : • $tr_{5\%} \simeq 0,75$ s donc $\underline{T \simeq 0,25 \text{ s}}$

• $\lim_{t \to +\infty} \omega_m(t) \simeq 1300$ tr/min

$\simeq 130$ rad/s

donc $\underline{K = \frac{\lim_{t \to +\infty} \omega_m(t)}{U_0} \simeq 5,7 \text{ (rad/s)/V}}$

Q8. Pour que le système fonctionne correctement, il faut que :

$\varepsilon(p) = 0$ si $Y(p) = Y_{cons}(p)$

Or $\varepsilon(p) = ?? \cdot Y_{cons}(p) - K_{capt} \cdot \frac{1}{r \cdot R_1} \cdot Y(p)$

$= \left[?? - \frac{K_{capt}}{r \cdot R_1} \right] \cdot Y_{cons}(p)$ si $Y(p) = Y_{cons}(p)$

$= 0$ si $\underline{?? = \frac{K_{capt}}{r \cdot R_1}}$

Q9. • La FTBO est : $FTBO(p) = K_p \cdot K_1 \cdot \frac{K_2}{1 + T \cdot p} \cdot \frac{1}{p} \cdot K_{capt}$

La FTBO est de classe 1 donc le système sera précis pour une entrée en échelon.

• Il n'y a pas d'intégration en amont de la perturbation donc le système sera sensible à une perturbation en échelon.

Q10. → On a $\varphi(\omega) > -180°$ et $\lim_{\omega \to +\infty} G_{dB}(\omega) = -\infty$ donc on aura toujours $M_G = +\infty$.

→ Pour avoir $M_\varphi = 45°$, il faudrait translater la courbe de gain de $T_{dB} \simeq -35$ dB donc $K_p^{lim} = 10^{-\frac{35}{20}} \simeq 0,02$ sans unité

écart en V et U en V aussi.

Pour vérifier $M_\varphi > 45°$ (et $M_G > 10$ dB),

il faut $\underline{K_p < 0,02}$

Q11 : Il faut recalculer la FTBF :

$$FTBF(p) = \frac{K_{cap}\cdot \cancel{r\cdot R_1}}{\cancel{r\cdot R_1}} \cdot \frac{K_p\cdot K_1\cdot \frac{K_2}{1+T\cdot p}\cdot\frac{1}{p}}{1+K_{cap}\cdot K_p\cdot K_1\cdot\frac{K_2}{1+T\cdot p}\cdot\frac{1}{p}}$$

$$= \frac{K_p\cdot K_1\cdot K_2\cdot K_{cap}}{K_p\cdot K_1\cdot K_2\cdot K_{cap} + p + T\cdot p^2}$$

$$= \frac{1}{1 + \frac{1}{K_p\cdot K_1\cdot K_2\cdot K_{cap}}\cdot p + \frac{T}{K_p\cdot K_1\cdot K_2\cdot K_{cap}}\cdot p^2}$$

donc $\omega_0 = \sqrt{\frac{K_{cap}K_p\cdot K_1\cdot K_2}{T}} \simeq 4,9$ rad/s

$$\xi = \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{\sqrt{T\cdot K_{cap}K_p\cdot K_1\cdot K_2}} \simeq 0,4$$

Avec l'abaque, j'obtiens : $tr_{réduit} = tr_{5\%}\cdot\omega_0 \simeq 7,3$

d'où $tr_{5\%} \simeq 1,5$ s

NOTA : La valeur de Kp est trop grande, il faudrait $\xi < 1$ sinon il y a des dépassements ce qui est problématique pour un ascenseur de maison ! D'autre part, le $tr_{5\%}$ est très faible...