

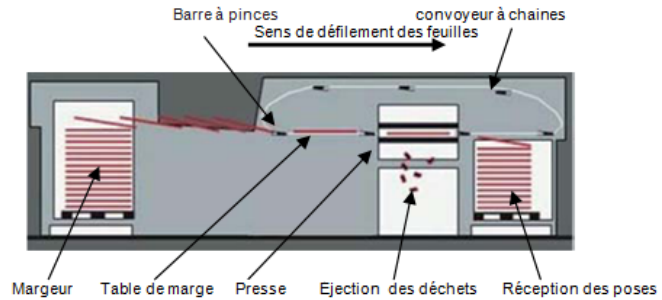
TD4 : Presse de découpage de cartons d'emballage

Présentation du problème

Mise en situation

Pour répondre à la demande des industriels de l'emballage, la société Bobst a développé une machine capable de façonner une grande diversité de supports. Cette machine permet de découper grâce à une presse l'ensemble des feuilles de formats et caractéristiques standards.

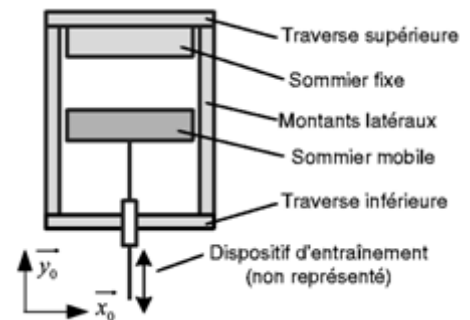
Vue d'ensemble de la « Commercial 106 » (document Bobst)



On dépose une palette de feuilles empilées sur le margeur. Les feuilles sont prises depuis le dessus de la pile et envoyées sur la table de marge pour être mises en nappe et positionnées par rapport à leurs bords, avant d'être introduites dans la presse par un système de transport de barres à pinces entraînées par un convoyeur à chaînes pour y subir l'opération de découpage.

La presse, figure ci-contre, comprend un bâti constitué d'une traverse inférieure et d'une traverse supérieure reliées entre elles par des montants latéraux. La feuille à découper est prise entre deux sommiers.

Le sommier supérieur est fixé sur la traverse supérieure. Le sommier mobile inférieur est animé, pour chaque cycle de travail, d'un mouvement alternatif de montée et de descente à l'aide d'un dispositif d'entraînement.



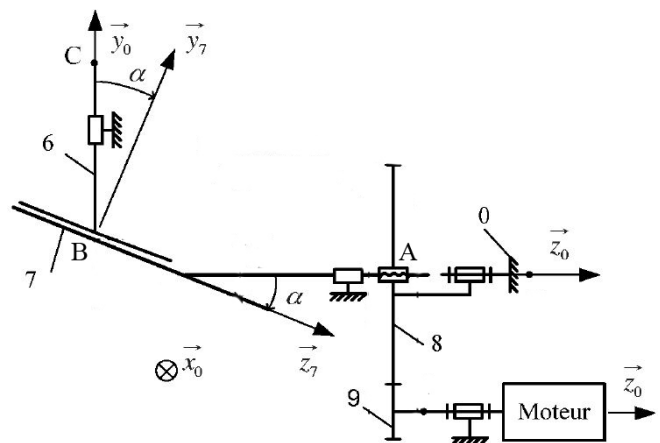
Il est impératif, pour la qualité du travail, de maintenir un parallélisme rigoureux entre les deux sommiers (0,1 mm). L'erreur de parallélisme entre les deux sommiers, due aux déformations de la structure, est corrigée en pré-inclinant le sommier mobile grâce à un pied de réglage (6) non représenté ci-dessus et dont le principe de réglage est donné par le schéma cinématique de la ci-dessous.

Nous nous intéressons dans cet exercice à l'asservissement en position de ce pied de réglage (6) par rapport au bâti. On note $y(t)$ cette position et $y_C(t)$ la consigne de position. Les transformées de Laplace de cette position $y(t)$ et de la consigne $y_C(t)$ sont les fonctions symboliques $Y(p)$ et $Y_C(p)$.

Cinématique du mécanisme

L'actionneur entraîne la rotation de l'arbre (9) qui engrène avec (8). Grâce à un système vis-écrou, la rotation provoque le déplacement du plan incliné (7) sur lequel glisse le pied réglable (6). Les caractéristiques de cette transmission sont :

- ☞ Un moteur électrique à courant continu de vitesse $\omega_m = \Omega_{9/0}$, $\vec{z}_0$ et de couple c_m ;
- ☞ Un réducteur de rapport K_e avec les pignons (9) et (8) présentant $Z_9 = 13$ et $Z_8 = 130$ dents. La roue 8 incluant sur son axe un écrou à billes



- ☞ Une vis à billes de pas réduit $\frac{P_v}{2\pi}$ (avec $P_v = 2$ mm) solidaire du plan incliné (7) d'un angle $\alpha = 6^\circ$.

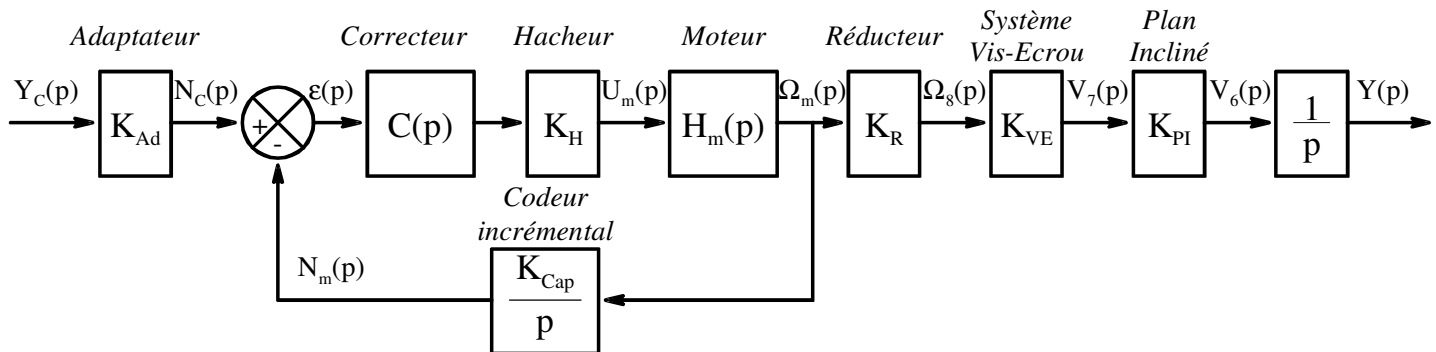
Travail demandé

1^{ère} partie : Modélisation de l'asservissement

L'objectif de cette partie est de déterminer les caractéristiques de l'asservissement en position du pied réglable (6) par rapport au bâti 0.

On note $\omega_8 = \overrightarrow{\Omega_{8/0}} \cdot \overrightarrow{z_0}$, $v_7 = \overrightarrow{V_{B \in 7/0}} \cdot \overrightarrow{z_0}$ et $v_6 = \overrightarrow{V_{B \in 6/0}} \cdot \overrightarrow{y_0}$. Ainsi que $\Omega_m(p)$, $\Omega_8(p)$, $V_7(p)$ et $V_6(p)$ les transformées de Laplace respectives des fonctions temporelles $\omega_m(t)$, $\omega_8(t)$, $v_7(t)$ et $v_6(t)$.

On a alors le schéma bloc ci-dessous modélisant cet asservissement.



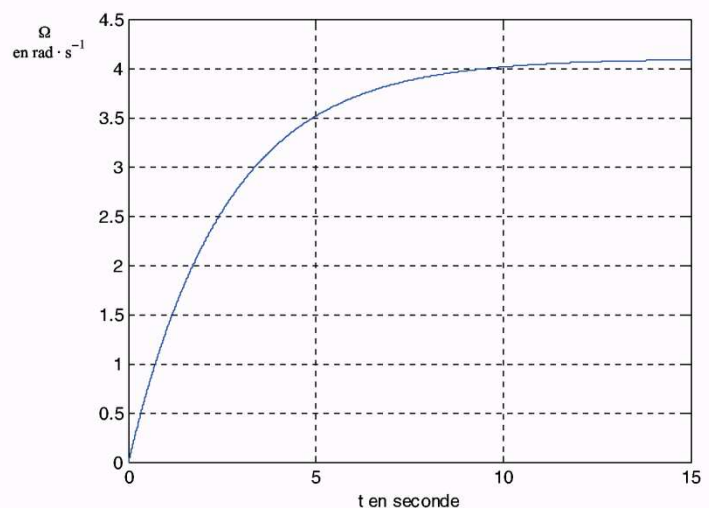
Un codeur incrémental placé sur l'arbre moteur permet de déterminer la position angulaire de cet arbre. Sa définition est de 64 incréments par tour (inc.tr^{-1}). On en déduit que sa fonction de transfert est un intégrateur de gain $K_{\text{Cap}} = \frac{64}{2\pi} \text{ inc.rad}^{-1}$. Il délivre un entier $n_m(t)$ image de la position angulaire de l'arbre moteur dont la transformée de Laplace est la fonction $N_m(p)$.

La position de consigne de la cale réglable 6 en mm est transformée en un entier $n_c(t)$ image de la position de consigne du pied de réglage (6) dont la transformée de Laplace est la fonction $N_c(p)$. Cet adaptateur est un gain pur K_{Ad} .

Un correcteur numérique compare les entiers n_c et n_m puis délivre une tension de consigne au hacheur quatre quadrants qui est un gain pur $K_H = 20$.

Lequel alimente le moteur à courant continu avec une tension $u_m(t)$ dont la transformée de Laplace est la fonction symbolique $U_m(p)$.

La figure ci-contre représente le relevé expérimental de la réponse de la chaîne fonctionnelle à un échelon unitaire de la tension $u_m(t)$ d'alimentation du moteur dans le cas où la perturbation nulle.



1.1- Déterminer à partir du relevé expérimental, une expression numérique de la fonction de transfert du moteur : $H_m(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_m(p)}$.

1.2- Déterminer en fonction de Z_8 , Z_9 , P_V et α les expressions des différents gains K_R , K_{VE} et K_{PI} . Le système vis écrou ayant un pas à droite $\overrightarrow{V_{A \in 8/7}} = \frac{P_V}{2\pi} \cdot \overrightarrow{\Omega_{8/7}}$. Et le plan incliné pouvant se modéliser par une liaison glissière de normale $\overrightarrow{y_7}$ on a la vitesse de glissement de 6 sur 7 : $\overrightarrow{V_{B \in 6/7}} = v_g \cdot \overrightarrow{z_7}$.

1.3- On a un fonctionnement normal de l'asservissement ($\epsilon(t) = 0$ lorsque $y(p) = y_c(p)$). En déduire la valeur numérique du gain K_{Ad} de l'adaptateur.

2^{ème} partie : Réglage du correcteur

La correction de parallélisme doit se faire pendant le point mort bas. Cette phase de fonctionnement ne dure pas plus de 0,3 s. Pour satisfaire à cette exigence il faut que le système en boucle fermée présente les caractéristiques minimales suivantes :

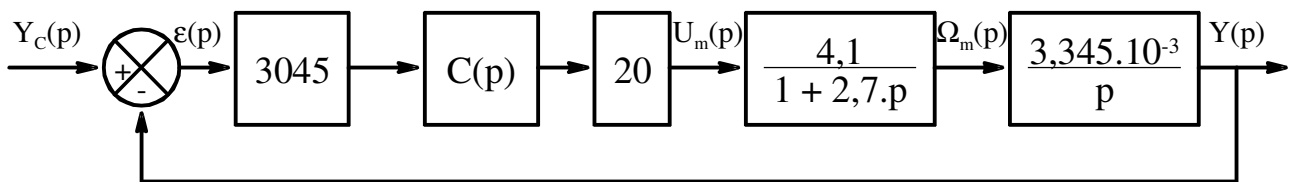
- valeur du premier dépassement en régime indiciel : $D_{1\%} < 20\%$
- instant du premier maximum en régime indiciel ; $T_m = 0,1$ s

Une première analyse nous conduit donc à imposer à la fonction de transfert en boucle ouverte du système corrigé les caractéristiques suivantes :

- **un gain dynamique de 0 dB souhaité pour $\omega_{0dB} = 40 \text{ rad s}^{-1}$ (Pulsation de coupure à 0 dB)**
- **une marge de phase (de la FTBO) de 60° .**

Nous allons donc déterminer dans ces conditions les paramètres de la fonction de transfert du correcteur à avance de phase choisi : $C(p) = K_C \frac{1 + a.T.p}{1 + T.p}$ avec : $a > 1$.

Quelque soit les résultats précédent on admettra que cet asservissement peut se modéliser par le schéma bloc à retour unitaire ci-dessous.



2.1- Exprimer la fonction de transfert en boucle ouverte : $H_{BONC}(p) = \frac{Y(p)}{\varepsilon(p)}$ du système non corrigé, c'est-à-dire pour $C(p) = 1$. La mettre sous la forme canonique.

2.2- Tracer le diagramme asymptotique de Bode de la phase et du gain de $H_{BONC}(p)$ sur la page suivante. Puis calculer les valeurs du gain dynamique et de la phase de cette boucle ouverte non corrigée à la pulsation $\omega_{0dB} = 40 \text{ rad.s}^{-1}$.

2.3- Ce correcteur est réglé de telle sorte que son apport de phase maximum se situe à $\omega_M = \omega_{0dB}$. Calculer l'apport de phase nécessaire pour respecter le critère de marge de phase. Puis déterminer les constantes a et T du correcteur permettant cet apport de phase à $\omega_{0dB} = 40 \text{ rad.s}^{-1}$.

2.4- Enfin déterminer K_C , le gain statique du correcteur, permettant d'obtenir (avec les constantes a et T précédemment calculées) la pulsation de coupure à 0 dB de la FTBO de $\omega_{0dB} = 40 \text{ rad.s}^{-1}$.

2.5- La figure ci-dessous représente la réponse à un échelon unitaire de position du système corrigé.

En reprenant les éléments du cahier des charges initial, conclure quant à l'efficacité du réglage de parallélisme des deux sommiers.

