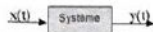


Exercice 1 : Etude d'un système second ordre

Soit le système :



obéissant à l'équation différentielle

$$\frac{d^2y}{dt^2}(t) + 5 \frac{dy}{dt}(t) + 6y(t) = 6x(t)$$

1. Quelle est sa fonction de transfert ?
2. Quelle est l'évolution de la sortie $y(t)$ à partir de $t = 0$ avec l'entrée $x(t)$ est un échelon unitaire :

Exercice 2 :

On veut déterminer à partir d'un essai expérimental la fonction de transfert d'un système mécanique dont le modèle est un deuxième ordre. Une variation en échelon de l'entrée (une force de 5N a permis d'enregistrer les résultats suivants :

- Un premier dépassement de 25% et une pseudo-période des oscillations d'environ $7s$.
 - Une variation de la sortie (un déplacement) en régime permanent de 10cm.
1. Donner la fonction du transfert du système.
 2. Quel est l'instant du premier maximum de la réponse indicielle, le temps de réponse à $\pm 5\%$.

Exercice 3 : Critère de Routh – Hurwitz.

Discuter la stabilité des systèmes suivants :

$$H(p) = \frac{K}{p^3 + 3p^2 + 1}$$

$$H(p) = \frac{K}{p^2 + 5p - 2}$$

$$H(p) = \frac{K}{p^3 + 6p^2 + 11p + 6}$$

$$H(p) = \frac{K}{p^3 + p^2 + 2p^2 + 3p + 1}$$

$$H(p) = \frac{K}{p^3 + 3p^2 + 3p + 1 + C}$$

Exercice 4 : CONTRÔLE DU LACET D'UN SATELLITE

Lors du déplacement orbital d'un satellite géostationnaire, pour que ses panneaux solaires et ses organes de télécommunication avec la terre soient correctement positionnés, il faut contrôler en continu son orientation. Celle-ci se caractérise par la position angulaire du satellite autour de son centre d'inertie, appelée attitude et définie par trois angles autour d'un système de trois axes tournant avec le satellite. On s'intéresse ici à l'orientation autour de l'axe de lacet, c'est-à-dire autour de la verticale qui passe par le centre d'inertie du satellite.



- Dans le système étudié, le contrôle s'obtient par des petites fusées latérales commandées électriquement. La réaction à l'émission de gaz (propergols) par ces fusées génère un couple $c(t)$ qui permet d'agir sur la position angulaire $\theta(t)$ du satellite autour de l'axe de lacet. La quantité de propergols consommée par ces fusées est infime et compatible avec la durée d'exploitation du satellite. L'application du théorème du moment dynamique au satellite en projection sur son axe de lacet permet d'écrire que :

$$c(t) = J \frac{d^2\theta(t)}{dt^2}$$

où J est le moment d'inertie du satellite autour de son axe de lacet.

- Un capteur gyroscopique intégrateur permet de mesurer l'angle $\theta(t)$, qu'il traduit par une tension électrique $u_\theta(t)$ qui lui est proportionnelle selon un gain a (V/rad).

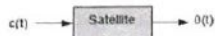
Cette tension est comparée à l'image $u_c(t)$ de la consigne angulaire à respecter $\theta_c(t)$. Le transducteur est adapté au capteur de telle sorte que $u_c(t) = a\theta_c(t)$, a étant le gain du capteur.

L'écart $e(t) = u_c(t) - u_\theta(t)$ est traité par un correcteur proportionnel de gain C , qui élabore la tension d'alimentation $u(t)$ de la partie opérative.

Celle-ci, constituée des fusées proprement dites et de leur dispositif électronique de commande, sera, pour simplifier, considérée comme générant un couple proportionnel à la tension de commande, le gain étant noté A (Nm/V).

Question 1 : satellite non contrôlé

On considère le système « satellite » sans contrôle. Soumis à un couple $c(t)$, il tourne d'un angle $\theta(t)$ selon l'équation donnée plus haut.



Quelle est la fonction de transfert $S(p)$ du système « satellite » ?
Ce système est-il stable ?

Quelle est la réaction du satellite à une brève émission de gaz pouvant être modélisée par une impulsion de couple de poids c (Nm.s) : $c(t) = c \delta(t)$? Justifier ce résultat par un raisonnement physique.

Quelle est la réaction du satellite à un échelon de couple ?

Question 2 : boucle d'asservissement

Donner le schéma bloc de l'asservissement décrit plus haut, et montrer que cet asservissement peut être décrit par un schéma à retour unitaire.

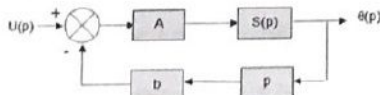
Exprimer sa FTBO et sa FTBF.

Que pensez-vous de la stabilité de l'asservissement ?

Quelle est la réponse de cet asservissement à une consigne en échelon ?

Question 3 : correction tachymétrique

Afin d'assurer la stabilité du système, on lui adjoint une seconde boucle dite de correction tachymétrique. Pour cela, on dispose d'un capteur de vitesse angulaire de gain b ($V/\text{rad.s}^{-1}$) venant corriger l'alimentation des fusées comme indiqué ci-dessous :



Donner le schéma bloc complet de ce nouvel asservissement avec correction tachymétrique.

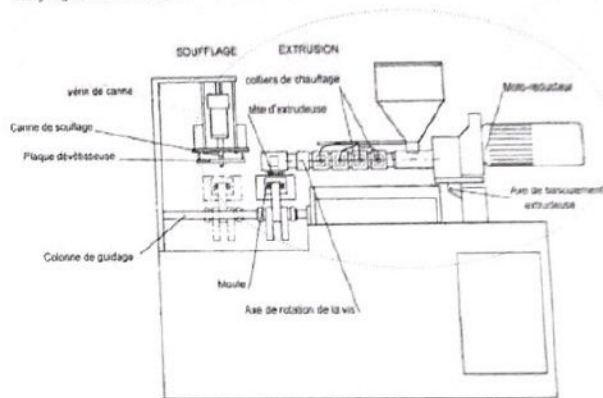
Déterminer la FTBO et la FTBF de l'asservissement.

Vérifier la stabilité de l'asservissement ainsi réalisé.

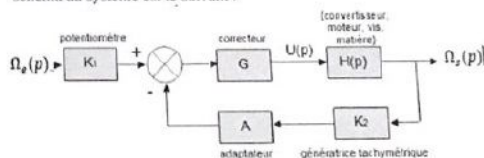
Quelle est la précision statique de cet asservissement suite à une consigne en échelon ?
Conclure et préciser quelles sont les performances qu'il resterait à régler.

Exercice 5 : Poste d'extrusion

L'extrusion est la technique de transformation des matières thermoplastiques la plus courante. La matière en vrac (poudre ou granulés) s'écoule en continu dans un fourreau chauffé par des colliers chauffants. Elle est plastifiée par la chaleur du fourreau et malaxée et laminée par la rotation d'une vis. Dans le poste ici étudié, elle est ensuite poussée par cette dernière vers un moule permettant d'obtenir la forme attendue de l'objet (poste de soufflage).



L'entraînement de la vis est obtenu par un moteur électrique à courant continu accouplé à un réducteur. Pour le matériau extrudé ici, le point de fonctionnement correspond à une vitesse de rotation de la vis de 135 tr/min. Des irrégularités dans la consistance du matériau nécessitent d'asservir la rotation de la vis en vitesse afin de garantir que celle-ci soit la plus constante possible et proche de 135 tr/min. Le schéma du système est le suivant :



La consigne de vitesse est fournie à l'aide d'un potentiomètre rotatif sur le pupitre de commande. Ce potentiomètre est modélisé par un gain $K1 = 0,12 \text{ V/tr.min}^{-1}$.

La tension de commande est comparée à la tension de mesure fournie par une génératrice tachymétrique modélisée par un gain $K2 = 0,2 \text{ V/tr.min}^{-1}$. À cette génératrice tachymétrique est associé un adaptateur sous forme d'un ampli de gain A.

L'écart établi est traité par un correcteur proportionnel qui est un simple gain G.

Le comportement de l'ensemble {convertisseur (préactionneur), moteur, vis, matière} est connu et modélisé par la fonction de transfert :

$$H(p) = \frac{\Omega_s(p)}{U(p)} = \frac{100}{1 + 15p}$$

où 100 est un gain exprimé en $\text{tr.min}^{-1}/\text{V}$ et 15 une constante de temps exprimée en s.

Question 1 : réglage de l'adaptateur, FTBO et FTBF

Quel doit être le gain A de l'adaptateur de mesure afin de mesurer des grandeurs comparables au niveau du comparateur ?

Donner alors l'expression de la FTBO et de la FTBF de ce système asservi.

Question 2 : réglage du correcteur

Déterminer la valeur G du correcteur permettant de limiter l'erreur sur la vitesse à 1% de sa valeur de consigne en échelon.

Question 3 : montée en vitesse

Tracer alors l'évolution de la vitesse pour une consigne en échelon de 135 tr/min.

Quelle est, en régime permanent, la tension u d'alimentation du convertisseur ?

Quelle est, à l'instant initial, la valeur de cette tension ?

Question 4 : stratégies de protection du convertisseur

Le convertisseur supporte au maximum une tension de 24V.

Quel doit alors être le réglage maxi de G ?

Quelle en est la conséquence en termes de précision ?

Proposer une stratégie de montée en vitesse permettant la précision de 1% attendue sur la vitesse réglée, tout en préservant le convertisseur.