

Axe asservi du robot MaxPID

L'axe asservi MAXPID est un mécanisme rencontré sur des robots agricoles utilisés pour la cueillette des fruits (pommes et oranges) ou encore pour le tri des ordures ménagères.

Visionner les 2 fichiers vidéo Maxpid 1 et 2 de mise en situation (*A lancer depuis le bureau Windows*).

Objectif du TP : Analyser la réponse d'un système asservi à des sollicitations de type échelon afin d'identifier son comportement et de rechercher un modèle mathématique de prévision.

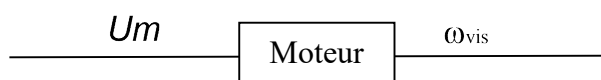
Pour cela, quatre étapes seront nécessaires :

- Identifier la réponse en vitesse du moteur avec un modèle du premier ordre,
- Prévoir le comportement du système asservi en position (modèle du deuxième ordre),
- Comparer le modèle avec des essais de réponse indicielle,
- Comparer les réponses à partir de différentes positions initiales.

Placer le système en position telle que **le plan d'évolution soit horizontal**.

1. Identification de la réponse du moteur

La fonction de transfert du moteur est déterminée à partir d'un essai de réponse indicielle :



Mettre la maquette en position horizontale afin d'éliminer l'influence de la pesanteur sur le bras.

Lancer le logiciel Maxpid 2003, Positionner le bras à 0° environ à l'aide des commandes situées en bas à gauche. Puis Travailler avec Maxpid, Réponse à une sollicitation, Programmer la durée de déplacement à 800ms, Cocher uniquement les variables Commande (Volt) et Rotation moteur (rad/s).

Enfin commander un déplacement en échelon du bras de 0 à 90°.

Déterminer le gain statique K_m du moteur et sa constante de temps T en utilisant le curseur et les valeurs affichées.

On souhaite comparer ces valeurs avec les paramètres caractéristiques du moteur.

Relever dans le document constructeur du moteur les paramètres suivants avec leurs unités (*Retour menu, Documents maxpid, Moteur CC MDP*) : Constante de couple K_t , Constante de vitesse $1/K_e$, Résistance R et Inductance L .

Or la fonction de transfert du moteur CC commandé par l'induit peut se mettre sous la forme suivante :

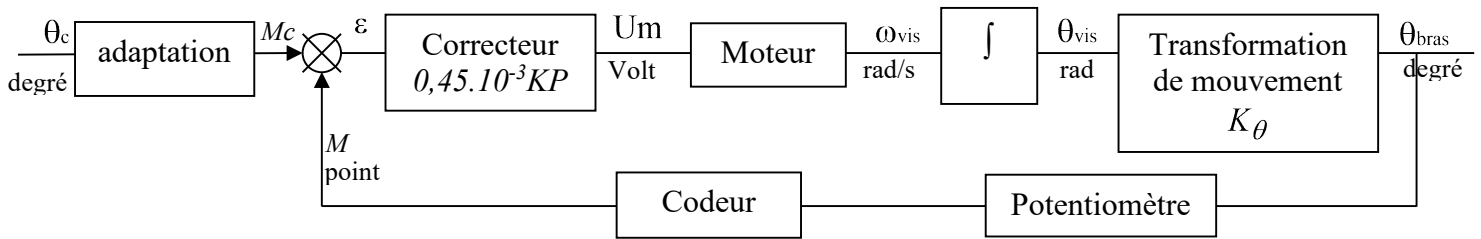
$$\frac{\Omega(p)}{U_m(p)} = \frac{K_{m0}}{(1+T_1 p)(1+T_2 p)} \quad \text{avec} \quad T_1 = \frac{RJ}{K_e K_t} \quad \text{et} \quad T_2 = \frac{L}{R}$$

J est le moment d'inertie équivalent ramené à l'axe moteur : $J = 62.10^{-6} \text{ Kg.m}^2$ lorsque le bras n'est chargé avec aucune masse.

Calculer les valeurs numériques de T_1 et T_2 et vérifier que T_2 est bien négligeable devant T_1 .

Comparer T_1 avec la constante de temps T identifiée précédemment.

2. Système asservi en position MAXPID



2.1 Identification du bloc (codeur – potentiomètre)

Le potentiomètre, capteur situé à la base du bras, convertit la position angulaire du bras en tension.

Le codeur convertit cette tension en un mot numérique M , codé sur 12 bit (valeur variant entre $1 = 2^0$ et $4095 = 2^{12} - 1$)

On appelle K_c le gain de l'ensemble codeur – potentiomètre : $K_c = \frac{M}{\theta_{bras}}$

Déterminer le gain K_c en utilisant le menu *Travailler avec Maxpid*, *Schéma organique animé*, et en commandant successivement 2 positions différentes du bras ($K_c = \frac{\Delta M}{\Delta \theta_{bras}}$ ce qui permet de s'affranchir des conditions initiales)

2.2 Identification du bloc adaptation

Déterminer le gain du bloc d'adaptation de façon que $\varepsilon = Mc - M$ soit proportionnel à l'écart de position angulaire $\theta_c - \theta_{bras}$.

2.3 Identification du bloc « Transformation de mouvement »

Le mécanisme transforme le mouvement de rotation de la vis en mouvement de rotation du bras.

Ce mécanisme est utilisé comme un réducteur de vitesse mais dont le rapport de réduction K_θ n'est pas constant.

La courbe suivante représente l'angle de rotation du bras θ_{bras} exprimé en degré en fonction de l'angle de rotation de la vis θ_{vis} exprimé ici en tour.

Si le rapport de réduction K_θ était constant entre θ_{bras} et θ_{vis} , la courbe serait linéaire, ce qui n'est évidemment pas le cas ici.

Dans la théorie des Systèmes Linéaires (SLCI), il faudra « linéariser » la courbe au voisinage d'un point de fonctionnement, c'est-à-dire assimiler localement la courbe à une droite, tangente à la courbe autour du point de fonctionnement :

Calculer la pente moyenne de la courbe entre 0° et 20° (linéarisation autour de $\theta_{bras} = 10^\circ$)

Calculer de même la pente moyenne de la courbe entre 60° et 80° (linéarisation autour de $\theta_{bras} = 70^\circ$)

En déduire le gain $K_{10} = \frac{\Delta \theta_{bras}}{\Delta \theta_{vis}}$ du mécanisme de transformation de mouvement au voisinage de 10° ,

ainsi que le gain K_{70} au voisinage de 70° . Pour être cohérent avec le reste du schéma bloc, ces rapports seront exprimés en degré / rad, donc attention aux unités.



2.4 Calcul de la Fonction de Transfert en Boucle Fermée

Reproduire le schéma - bloc complet entre $\Theta_c(p)$ et $\Theta_{bras}(p)$ en remplaçant chaque bloc par sa transmittance, sous forme littérale.

Déterminer l'expression de la FTBF $\frac{\Theta_{bras}(p)}{\Theta_c(p)}$ en fonction de K_c, KP, Km, T et K_θ .

Déterminer l'ordre et la classe de cette fonction.

Mettre la fonction sous forme canonique et déterminer ses paramètres caractéristiques (K , z et ω_0) en fonction de $k = 0,45 \cdot 10^{-3} KP \cdot Km \cdot K_\theta \cdot K_c$ et T .

Calculer z pour $KP=20$ et $K_\theta = K_{10}$.

3. Comparaison du modèle avec les essais de réponse indicielle

3.1 Réponse indicielle apériodique

Régler les paramètres de la chaîne : Positionner le bras à $\theta_d = 0^\circ$ à l'aide des commandes situées en bas à gauche, Retour menu jusqu'à revenir sur la première page du logiciel Maxpid, PID, Gain proportionnel $KP = 20$, Gain intégral $Ki = 0$, gain dérivé $Kd = 0$

La signification de ces 3 coefficients peut se résumer ainsi :

$$Um = 0,45 \cdot 10^{-3} (KP \cdot \varepsilon + Ki \cdot \int \varepsilon(t) \cdot dt + Kd \cdot \frac{d\varepsilon}{dt}) \text{ soit dans le cas présent } Um = 0,45 \cdot 10^{-3} KP \cdot \varepsilon.$$

Valider et revenir à la page initiale.

Lancer un échelon de +20° : *Travailler avec Maxpid, Réponse à une sollicitation, décocher Commande et Rotation moteur puis cocher Consigne et Position, enfin programmer un déplacement de 20° et lancer l'échelon de position.*

Justifier à partir de la courbe de réponse l'ordre et la classe de la fonction de transfert $\frac{\Theta_{bras}(p)}{\Theta_c(p)}$.

Déterminer la valeur du gain statique à partir de la courbe de réponse obtenue et comparer avec K .

Vérifier à l'aide de la courbe de réponse obtenue que soit $z \geq 1$ soit $z < 1$.

Procéder à l'identification de la réponse en cliquant sur l'icône « identifier la réponse », choisir le modèle qui convient, afficher les paramètres du modèle calculé.

3.2 Réponse indicielle oscillatoire

Régler les paramètres de la chaîne : *Retour menu jusqu'à revenir sur la première page du logiciel Maxpid, PID, Gain proportionnel $K_P = 250$, Gain intégral $K_i = 0$, gain dérivé $K_d = 0$*

Valider et revenir à la page initiale, puis positionner le bras à $\theta_d = 10^\circ$ à l'aide des commandes situées en bas à gauche.

Lancer un échelon de +5° : *Travailler avec Maxpid, Réponse à une sollicitation, programmer un déplacement de 5° et lancer l'échelon de position.*

Relever la valeur de l'écart statique, du dépassement en % et de la pseudo-période.

Identifier les paramètres caractéristiques (gain statique, coefficient d'amortissement, pulsation propre non amortie) à partir de la courbe de réponse obtenue.

Procéder à l'identification de la réponse en cliquant sur l'icône « identifier la réponse », choisir le modèle qui convient, afficher les paramètres du modèle calculé.

Comparer les 2 modèles obtenus en indiquant notamment celui qui semble le meilleur du point de vue de la pulsation propre (ou de la période).

Calculer la valeur de z pour $K_P=250$ et $K_\theta = K_{10}$, à partir du modèle théorique établi au paragraphe 2.4.

Les différences possibles proviennent des non linéarités du mécanisme et de sa commande :

- saturation de la commande moteur à 21,6 Volts,
- non linéarité de la loi de transformation de mouvement,
- non linéarités dues aux frottements dans la chaîne mécanique ...

4. Comparaison des réponses à partir de différentes positions initiales

Reprendre le réglage des paramètres de la chaîne avec un Gain proportionnel $K_P=20$ (K_i et K_d inchangés) Valider et revenir à la page initiale, puis positionner le bras à $\theta_d = 0^\circ$ à l'aide des commandes situées en bas à gauche.

Lancer un échelon de +20°. A partir de la courbe de réponse obtenue,

Relever la valeur du temps de réponse à 5% en cliquant sur Commentaires.

Lancer un échelon de -20° et relever le temps de réponse à 5%.

Recommencer le même essai aller-retour pour une position initiale du bras à 60°.

Justifier l'évolution du temps de réponse à 5% entre les 4 essais à partir des valeurs successives de K_θ (K_{10} puis K_{70}) en se rappelant qu'une augmentation du gain dans la boucle ouverte améliore la rapidité.