

Compte Rendu du TP : Modélisation

TP 1 : Modélisation d'un moteur à courant continu

TP 2 : Commande d'un moteur à courant continu

Elouan Gilles Hugo Devalet

TP 1 : Modélisation d'un moteur à courant continu

Introduction

L'objectif de ce TP est de modéliser un système basé sur un moteur à courant continu. Nous cherchons à identifier les paramètres caractérisant les capteurs de position et de vitesse, ainsi que ceux modélisant la dynamique du moteur à l'aide de méthodes temporelles et fréquentielles. Pour cela, nous utilisons MATLAB pour le traitement des données et Simulink pour la simulation.

Table des matières

TP 1 : Modélisation d'un moteur à courant continu	1
Introduction	1
Identification de K_g et K_s potentiomètre et génératrice tachymétrique	2
1. Mesure de K_g	2
2. Identification temporelle du moteur	3
3. Identification fréquentielle du moteur	3
Conclusion	4
TP2 Commande d'un moteur à courant continu	5
1. Calcul de la marge de phase avec $K=1$	5
2. Calcul de la marge de phase avec $K = 45$ degrés	5
3. Commande par retour d'état.....	6
Conclusion	8

Identification de Kg et Ks potentiomètre et génératrice tachymétrique

Un système électromécanique utilise des capteurs pour mesurer la position angulaire θ (en rad) et la vitesse angulaire $\dot{\theta}$ (en rad/s). Ces mesures sont obtenues via :

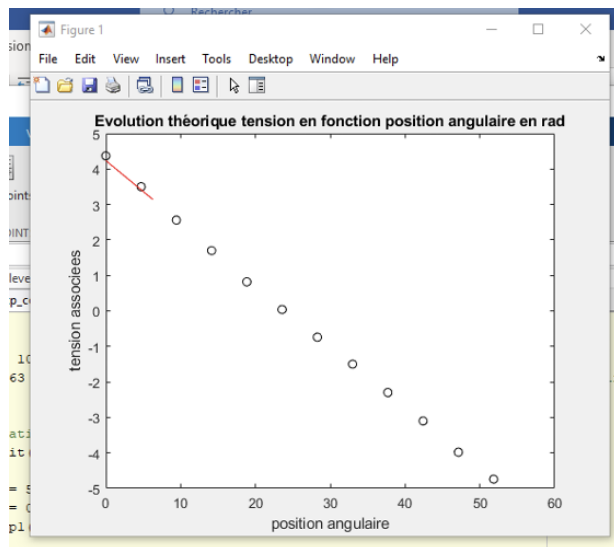
Nous avons mesuré la tension V_s en faisant varier la position angulaire θ . Les données ont été tracées sous MATLAB. On a :

$$K_s = \frac{V_s(s)}{\theta(s)}$$

On obtient les valeurs suivantes :

$X_{pos} = [0 \ 30 \ 60 \ 90 \ 120 \ 150 \ 180 \ 210 \ 240 \ 270 \ 300 \ 330] \times 9 \times \pi / 180$; % valeur de position angulaires en rad

$Y_{pos} = [4.37 \ 3.50 \ 2.56 \ 1.7 \ 0.82 \ 0.04 \ -0.74 \ -1.5 \ -2.3 \ -3.1 \ -3.98 \ -4.74]$; % tension associées aux positions



La pente de la courbe donne $K_s = 1,57$

1. Mesure de Kg

En variant la vitesse angulaire $\dot{\theta}$ nous avons mesuré la tension V_g . Les résultats ont également été tracés sous MATLAB. On a :

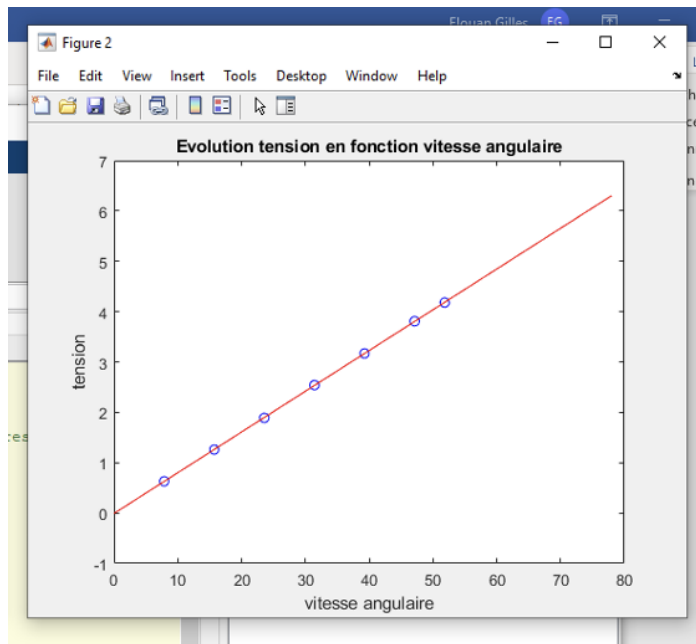
$$K_g = \frac{V_g(s)}{d\theta(s)/dt}$$

On obtient les valeurs suivantes :

$X_{ang} = [50 \ 100 \ 150 \ 200 \ 250 \ 300 \ 330] \times \pi / 180$; % mesure de la vitesse angulaire

$Y_{ang} = [0.63 \ 1.26 \ 1.89 \ 2.54 \ 3.17 \ 3.81 \ 4.18]$; % tension associés au vitesses angulaires

Résultat expérimental:



La pente de la courbe donne une valeur de $K_g = 0,08$

2. Identification temporelle du moteur

Une tension en échelon (3 V) a été appliquée au moteur.

On obtient $K_m = 10,42$

Et $T_m = 0,28$

3. Identification fréquentielle du moteur

Une sinusoïde de 2 V a été appliquée au moteur pour différentes fréquences (0,05 Hz à 10 Hz). Les amplitudes et déphasages mesurés ont été utilisés pour tracer le diagramme de Bode.

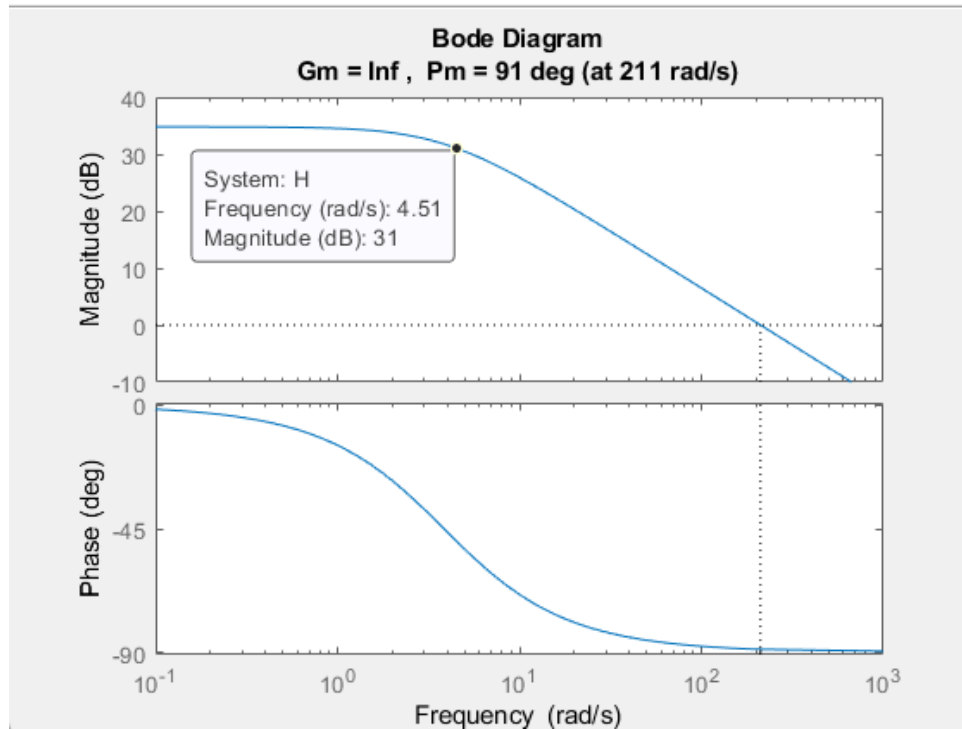
On obtient les résultats suivants :

$F_{\text{HZ}} = [0.05 ; 0.1 ; 0.2 ; 0.5 ; 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 10];$

$V_{s_pp} = [3.34 ; 3.34 ; 3.18 ; 2.61 ; 1.81 ; 1.09 ; 0.8 ; 0.64 ; 0.52 ; 0.257];$

$\Delta_t = [4.8 ; 5.7 ; 13 ; 35 ; 54 ; 70 ; 75 ; 82 ; 85 ; 90];$

Les paramètres K_m obtenus dans les deux approches sont cohérents, mais les méthodes fréquentielles sont généralement plus précises, car elles prennent en compte des régimes plus variés. Les écarts observés peuvent être dus à des incertitudes expérimentales (bruit de mesure, non-linéarités).



Conclusion

Ce TP nous a permis d'identifier les paramètres d'un système électromécanique via des approches temporelle et fréquentielle. Les gains K_s K_g K_g et la constante T_m ont été mesurés expérimentalement et validés théoriquement. Ces résultats sont essentiels pour modéliser et commander efficacement des systèmes similaires dans des applications pratiques.

TP2 Commande d'un moteur à courant continu

1. Calcul de la marge de phase avec $K=1$

Dans cette partie, on calcule la marge de phase du système en boucle ouverte en utilisant les paramètres identifiés dans le TP précédent. À partir de la fonction de transfert du système avec $K=1$ nous traçons le diagramme de Bode avec MATLAB. Cela permet de visualiser les marges de gain et de phase ainsi que leur évolution.

On obtient donc une marge de gain = infini

Et une marge de Phase = -32 degrés

Les résultats obtenus montrent que la marge de phase initiale ne satisfait pas les critères souhaités pour un bon comportement dynamique.

2. Calcul de la marge de phase avec $K = 45$ degrés

En ajustant le gain K , nous recherchons une marge de phase de 45 degrés pour assurer une stabilité optimale et des performances dynamiques adéquates. En utilisant MATLAB et en modifiant la valeur de K nous avons déterminé qu'une marge de phase de $M_g = 45$ degrés est atteinte pour $K = 0,89$.

La méthode employée implique de recalculer les marges à chaque itération et de vérifier leur évolution sur le diagramme de Bode. La valeur de $K = 0,89$ est retenue pour les étapes suivantes.

3. Commande par retour d'état

$$\Theta_s = (V_c - V_s) \underbrace{\left(\frac{K \quad K_m}{s(1 + T_m s)} \right)}_{= A} \quad \text{avec } V_s = \Theta_s K_s$$

$$\Theta_s = V_c A - \Theta_s K_s A$$

$$\Theta_s + \Theta_s K_s A = V_c A$$

$$\Theta_s (1 + K_s A) = V_c A$$

$$\Rightarrow \frac{\Theta_s}{V_c} = \frac{A}{1 + A}$$

$$\frac{\Theta_s}{V_c} = \frac{\frac{K_s K_m K}{s(1 + T_m s)}}{1 + \frac{K_s K_m K}{s(1 + T_m s)}} = \frac{\frac{K_s K_m K}{\cancel{s(1 + T_m s)}}}{\frac{s(1 + T_m s) + K_s K_m K}{\cancel{s(1 + T_m s)}}}$$

TP Page 2

$$\frac{\Theta_s}{V_c} = \frac{K_s K_m K}{T_m s^2 + s + K_s K_m K} \xrightarrow{\text{forme canonique}} \frac{\Theta_s}{V_c} = \frac{(K_s K_m K)^{1/2} T_m}{s^2 + \frac{1}{T_m} s + \frac{K_s K_m K}{T_m}}$$

$$\boxed{W_m = \sqrt{\frac{K_s K_m K}{T_m}}}$$

$$2 \omega_m \xi = \frac{1}{T_m} \rightarrow \xi = \frac{1}{2 \omega_m T_m} = \frac{1}{2 \times \frac{K_s K_m K}{T_m} \times T_m} = \frac{1}{2 K_s K_m K}$$

2)3) On veut :

$$t_n = \frac{4}{\xi \omega_n} = 0,8$$

On peut déterminer ω_n :

$$\omega_n = \frac{4}{\xi \times 0,8} = \frac{4}{0,7 \times 0,8}$$

$$\omega_n = 7,14 \text{ rad/s}$$

On a alors

$$A = \begin{bmatrix} 0 & \frac{K_s}{s K_g} \\ 0 & -\frac{1}{T_m} \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{K_m K_g}{T_m} \end{bmatrix}$$

$$C = [1 \quad 0]$$

$$\Rightarrow \xi = 0,7 \quad \text{et} \quad t_n = \frac{4}{\xi \omega_n} \Leftrightarrow \omega_n = \frac{4}{t_n \xi} = 7,14$$

On sait alors :

$$V_c = - [k_1 \quad k_2] \begin{bmatrix} V_s \\ V_g \end{bmatrix} + k_1 V_s \quad \text{ainsi} \quad A - BK = \begin{bmatrix} 0 & \frac{K_s}{s K_g} \\ -\frac{k_1 K_m K_g}{T_m} & -\frac{1}{T_m} - \frac{k_2 K_m K_g}{T_m} \end{bmatrix}$$

Le dénominateur de notre fonction de transfert s'exprime par :

$$\det(A - BK) = s^2 + \frac{1 + k_2 K_m K_g}{T_m} s + \frac{k_1 K_m K_g}{s T_m}$$

Par identification :

$$k_1 = \frac{s T_m \omega_n^2}{K_m K_g} = \frac{T_m \times s \times 7,14^2}{10,42 \times 0,08} = \underline{17,1}$$

et

$$2 \xi \omega_n = \frac{1 + k_2 K_m K_g}{T_m} \Leftrightarrow k_2 = \frac{2 \xi \omega_n T_m - 1}{K_m K_g} = \underline{2,16}$$

On obtient donc un correcteur $k_1 = 17,1$ et $k_2 = 2,16$.

Pour la partie pratique il faut maintenant avec des résistances câbler un circuit nous permettant de multiplier notre système par k_1 et k_2 pour avoir notre système par retour d'état.

Malheureusement par manque de temps nous n'avons pas pu faire la partie pratique et de mettre en place les différents correcteurs que nous avons calculés.

Conclusion

Ce TP a permis de voir différentes approches pour la commande d'un moteur à courant continu :

1. Une commande proportionnelle, simple mais efficace pour des marges de phase adaptées,
2. Une commande par retour d'état, permettant un placement précis des pôles et une meilleure maîtrise du comportement dynamique,
3. Un correcteur proportionnel-dérivé, offrant une performance accrue avec une réduction de l'erreur de traînage.