

CLASSE DE PROBLÈMES SLCI-2

MODÉLISER LES SYSTÈMES LINÉAIRES CONTINUS

INVARIANTS

ÉTABLIR DES MODÈLES DE CONNAISSANCE ET DE COMPORTEMENT

1 Composition du T-Quad

- Carte Robot
 - Masse (sans les roues) : 440 g
 - Longueur (sans les roues) : 20 cm
 - Largeur (sans les roues) : 15 cm
 - Inertie autour de l'axe vertical (sans les roues) : 0.0023 kg.m²
 - Cette carte intègre les composants suivants :
 - ★ 2 contrôleurs moteur 2 voies TB6612FNG
 - ★ 1 IMU 9 axes MPU9250 (communication sur bus i2c)
 - ★ 3 capteurs de suivi de ligne analogiques TCND5000
 - ★ Pont diviseur (1/3) pour la mesure de la tension de la batterie
 - ★ Mesure de courant dans chaque moteur via une résistance de shunt de 0.01 W associée à un amplificateur INA213 (gain = 50) de Texas Instruments
 - ★ Emplacement pour module Xbee
 - ★ 2 interrupteurs de changement de mode
- Carte Arduino Mega2560
- 1 mini-ordinateur (pcDuino, Raspberry Pi ou autre)
- 4 moteurs à courant continu avec codeur incrémental :
 - Tension nominale : 6 V
 - Résistance interne : 9 Ω
 - Inductance : 2 mH
 - Constante de couple : 0.002 N.m/A
 - Coefficient de frottement : 0.001 N.m.s/rad
 - Inertie autour de l'axe de rotation : 0.00000001 kg.m²
 - Rapport de réduction : 100
 - Codeur en quadrature : 12 impulsions par tour de l'arbre moteur (1200 impulsions par tour de l'arbre du réducteur)
- 4 roues Mecanum (sur certaines versions) :
 - Masse : 75 g
 - Rayon : 2.25 cm
 - Inertie autour de l'axe de rotation : 0.00006 kg.m²

- 2 roues classiques:
 - Masse : 10 g
 - Rayon : 3 cm
 - Inertie autour de l'axe de rotation : 0.00003 kg.m²
- 1 batterie LiPo :
 - 2 cellules
 - Tension nominale : 7.4 V
 - Protection intégrée
- 1 capteur ultrason HC-SR04 :
 - Mesure de distances comprises entre 2 cm et 2 m
 - Résolution : 1 cm
 - Monté sur un support orientable (desserrer et resserrer la vis retenant le pivot pour changer l'orientation), ce qui permet de l'utiliser aussi bien en configuration horizontale qu'en configuration « gyropode »
- 1 écran OLED :
 - Taille : 0.96 pouce
 - Résolution : 128 x 64
 - Communication sur bus i2c
 - Contrôleur SSD1306
- 1 Webcam (sur certaines versions) :
 - Résolution : 2 méga pixels
 - Angle de vision : 60 degrés
 - Montée sur le même support orientable que le capteur ultrason
 - Communication par USB

2 Modélisation de la régulation d'une roue

En étudiant les composants les uns après les autres, le but est d'obtenir l'asservissement en courant, en position et en vitesse du bloc moteur.

2.1 Modélisation du moteur

Les modèles électrique et mécanique du moteur sont rappelés ci-dessous :

$$u_m(t) = R.i(t) + L.\frac{di(t)}{dt} + K_e.n.\omega(t) \quad (1)$$

$$J.n^2.\frac{d\omega(t)}{dt} = -C_r(t) + n.K_c.i(t) - \mu.\omega(t) \quad (2)$$

avec

- $u_m(t)$: Tension d'alimentation du motoréducteur
- $\omega(t)$: Vitesse angulaire de l'axe de sortie du motoréducteur
- $i(t)$: Intensité du courant dans le moteur
- $C_r(t)$: Couple résistant sur l'axe de sortie du motoréducteur

R : Résistance du moteur

L : Inductance du moteur

n : Réduction du réducteur composant le motoréducteur

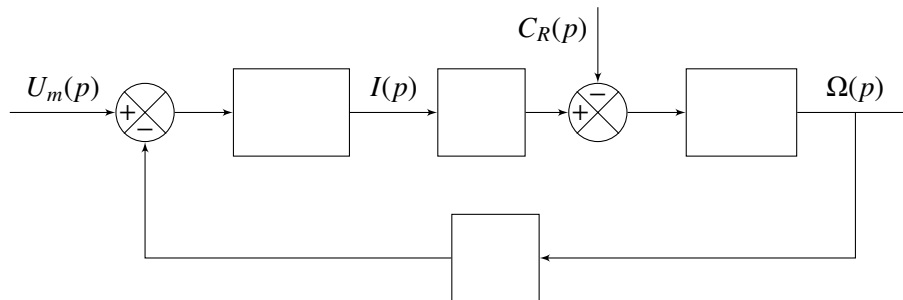
K_e : Constante de force contre électromotrice

K_c : Constante de couple

J : Inertie sur l'axe de sortie du motoréducteur

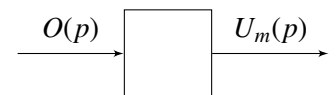
μ : Coefficient de frottement visqueux sur l'axe de sortie du motoréducteur

Q - 1 : Reproduire et compléter le schéma bloc ci-dessous:



2.2 Modélisation du comportement du driver de puissance

Le driver de puissance délivre une tension maximale de 12V au moteur. Il est piloté par la carte Teensy avec un ordre codé sur 12 bits.



Q - 2 : Donner la fonction de transfert du driver de puissance.

2.3 Intégration de la boucle de courant

On introduit une boucle de courant. Le capteur de courant permet d'estimer l'intensité d'alimentation du moteur à chaque instant. L'ordre de commande du driver de puissance est « construit » à partir de l'écart qui résulte de la comparaison d'une consigne de courant $i_c(t)$ et du courant réel $i(t)$. L'écart est ensuite corrigé. Le correcteur est de type PI (Proportionnel Intégral), sa fonction de transfert du correcteur est :

$$C_I(p) = K_{PI} + \frac{K_{II}}{p}$$

$i_c(t)$ est la nouvelle entrée du schéma bloc.

Q - 3 : Introduire la boucle de courant dans le schéma bloc précédent.

Les gains K_{PI} et K_{II} sont figés et ont été déterminés de telle sorte que l'asservissement en courant soit parfait c'est-à-dire que $i(t)$ soit égal à $i_c(t)$.

Q - 4 : Dans ces conditions, proposer une forme simplifiée du schéma bloc.

Le comportement du hacheur est tel que $K_{PI} = 5,35$ et $K_{II} = 3435$.

2.4 Intégration de la boucle de vitesse

Le codeur incrémental permet d'estimer indirectement (le codeur est sur l'axe moteur) la vitesse angulaire du motoréducteur $\omega(t)$. La consigne de courant $i_c(t)$ est élaborée à partir de l'écart $\varepsilon(t)$ qui résulte de la comparaison d'une consigne de vitesse angulaire $\omega_c(t)$ et de la vitesse angulaire réelle $\omega(t)$. L'écart est ensuite corrigé. Le correcteur est de type PI (Proportionnel Intégral), sa fonction de transfert du correcteur est : $C_{\Omega}(p) = K_{P\Omega} + \frac{K_{I\Omega}}{p}$

Q - 5 : *Introduire la boucle de vitesse dans le schéma bloc précédent.*

2.5 Intégration de la boucle de position

Le codeur incrémental permet aussi d'estimer la position angulaire du motoréducteur. La consigne de vitesse angulaire $\omega_c(t)$ est élaborée à partir de l'écart $\varepsilon_{\theta}(t)$ qui résulte de la comparaison d'une consigne de position angulaire $\theta_c(t)$ et de la position angulaire réelle $\theta(t)$. L'écart est ensuite corrigé. Le correcteur est de type P (Proportionnel), sa fonction de transfert du correcteur est : $C_{\alpha}(p) = K_{p\theta}$

Q - 6 : *Introduire la boucle de vitesse dans le schéma bloc précédent.*