

Asservissement en position d'une antenne de réception

1 Introduction

L'antenne de réception d'une station sol est asservie en position pour suivre un satellite de télécommunications. Les boucles Azimut et Elévation sont traitées de façon identique. L'antenne est contrôlée via un moteur à courant continu admettant une tension d'entrée maximale de l'ordre de 300V. Les consignes appliquées correspondent à des échelons de 10°.

L'objectif de l'étude sera d'asservir au mieux l'antenne compte tenu des limitations de l'actionneur. Les équations du moteur à courant continu sont données ci-dessous :

$$u = R_e i + L_e \frac{di}{dt} + k_e \omega_m$$

$$C_m = k_g i$$

$$C_m = J_T \frac{d\omega_m}{dt}$$

avec u la tension appliquée aux bornes du moteur, i le courant d'induit, ω_m la vitesse de rotation du moteur et C_m le couple délivré par le moteur. On rendra en compte le couple perturbateur C_z créé par le vent. Pour réaliser l'asservissement de l'antenne on peut disposer des trois capteurs : de courant (k_{ci}), de vitesse (k_{cv}) et de position (k_{cp}).

Données numériques :

$$N = 300 \text{ (rapport de réduction)}$$

$$J_m = 0.001 \text{ m}^2 \text{kg (inertie du moteur)}$$

$$k_e = k_g = 0.2 \text{ en V/rad/s ou en Nm/A}$$

$$R_e = 2 \Omega \text{ (résistance de l'induit)}$$

$$L_e = 2 \text{ mH (inductance de l'induit)}$$

$$J_c = 90 \text{ m}^2 \text{kg (inertie de la charge)}$$

$$k_{cv} = 31.4 \cdot 10^{-3} \text{ V/rad/s (constante de la génératrice tachymétrique)}$$

$$k_{ci} = k_{cp} = 1$$

$$J_T = J_m + \frac{J_c}{N^2}$$

2 Séance 1 : Analyse de la boucle ouverte

L'objectif de cette séance est de prendre en main d'une part le système à étudier et d'autre part Matlab et Simulink. Pour ce faire vous déterminerez diverses représentations possibles de ce système : schéma fonctionnel, fonction de transfert, représentation d'état et vous mènerez l'étude temporelle et fréquentielle correspondante.

Ainsi sous Simulink vous réaliserez le schéma fonctionnel que vous aurez établi. A l'aide de la fonction *linmod* de Matlab vous calculerez la représentation d'état du système. Vous vérifierez à quoi correspondent les états fournis par la fonction *linmod*. vous ferez une étude de gouvernabilité et d'observabilité. Avec la fonction *eig* ou *damp* vous calculerez les pôles. Vous tracerez les diagrammes de Bode, Black et Nyquist. Enfin vous réaliserez une simulation temporelle du système en boucle ouverte.

Points à traiter :

- Les diverses représentation possibles : le schéma fonctionnel du système, la représentation d'état, la fonction de transfert
- L'analyse fréquentielle et temporelle de la boucle ouverte
- L'analyse de gouvernabilité et d'observabilité du système

3 Séance 2 : Réglage par synthèse fréquentielle

L'objectif de cette partie est de faire le réglage par une approche fréquentielle en utilisant **la seule mesure de position**. Tout en respectant les contraintes de saturations de l'actionneur, vous réglerez dans un premier temps un correcteur proportionnel de stabiliser le système en boucle fermée. Vous évalueriez les performances atteignables. Vous utiliserez ensuite un régulateur de type avance de phase. Vous ajouterez ensuite une correction intégrale de manière à garantir la précision de votre asservissement.

Points à traiter :

- Le schéma fonctionnel en boucle fermée.
- Réglage de gain (fonctions *rlocus* ou *rltool*)
- Réglage de l'avance de phase
- Simulations temporelles en présence de perturbations d'entrée et de sortie
- Réglage du proportionnel intégral
- Simulations temporelles en présence de perturbations d'entrée et de sortie
- Analyse de sensibilité des divers paramètres et structuration du correcteur

4 Séance 3 : Réglage par retour d'état

On se propose dans cette séance de synthétiser une loi de commande modale par retour d'état en utilisant **les mesures de vitesse, de position et de courant**. Une fois la synthèse réalisée, vous analyserez les réponses temporelles obtenues, puis l'influence du choix de la fréquence du second ordre, vis-à-vis du temps de réponse, du bruit de mesure, et d'une perturbation en entrée. Vous proposerez ensuite une solution comportant une action intégrale et permettant de garantir la précision en présence d'une perturbation.

Points à traiter :

- Réglage de la loi par retour d'état. Justification du choix des valeurs propres, avec et sans intégrateur.
- Simulations temporelles en présence de perturbations d'entrée et de sortie.
- Analyse de l'influence du choix des valeurs propres sur divers paramètres : stabilité, temps de réponse, précision, filtrage, amplitude de la commande ; avec et sans intégrateur
- Réglage de la loi par retour d'état avec action intégrale.

5 Séance 4 : Synthèse d'un estimateur

On suppose que l'on ne dispose que de **la mesure de position**. On se propose de synthétiser un estimateur permettant de restituer le vecteur d'état et ainsi mettre en oeuvre la loi de commande modale obtenue lors de la séance 3. Vous synthétiserez cet estimateur et vous vérifierez que le principe de séparation est satisfait. Vous réaliserez ensuite des simulations temporelles et vous mettrez en évidence l'apport de l'estimateur et les divers compromis de réglage.

Points à traiter :

- Le schéma fonctionnel en boucle fermée.
- Synthèse de l'estimateur modal.
- Vérification du principe de séparation
- Simulations temporelles.
- Analyse de l'influence du choix de la dynamique de l'estimateur sur divers paramètres : temps de réponse, filtrage