

TP 06.1 Commande d'une parabole de radar de poursuite (Did'Acsyde)

(Donné en DS1 année 2003/2004)

1) Objectifs du TP.

Il est proposé dans ce TP de :

- analyser et étudier le comportement dynamique d'un asservissement de position angulaire.
- étudier les améliorations apportées par une correction de type retour tachymétrique.

2) Présentation.

On envisage l'étude de l'asservissement en position angulaire d'un radar de poursuite destiné à connaître avec précision la position et la vitesse d'un mobile évoluant dans l'espace aérien.



Le système comporte une antenne parabolique émettant dans une direction précise appelée axe radioélectrique. Cet axe est repéré par les angles de "site" et de "gisement" comme le montre la figure 1.

Des capteurs de position permettent d'avoir en permanence une image des angles θ_s et α_s .

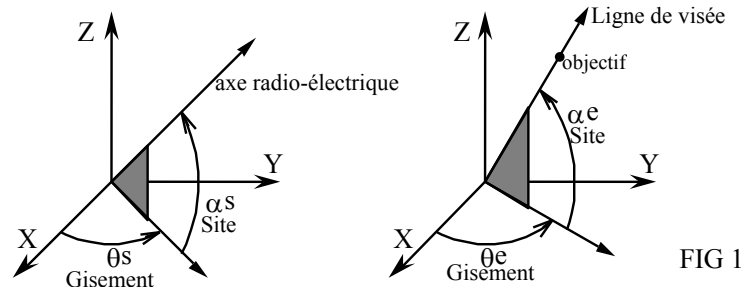


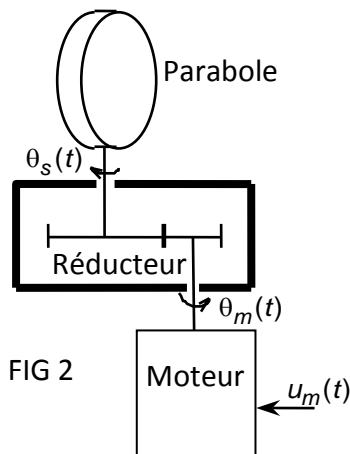
FIG 1

En présence d'une cible réfléchissante, l'écho reçu par la parabole dépend du "dépointage angulaire" entre l'axe radioélectrique et la ligne de visée.

Le dispositif radar est capable de délivrer deux tensions proportionnelles aux écarts angulaires $(\theta_e - \theta_s)$ et $(\alpha_e - \alpha_s)$.

On se propose d'étudier l'asservissement en gisement de la tourelle porte parabole dont l'organisation matérielle est donnée figure 2 ci-dessous.

L'asservissement en site se fera sur le même principe.

Organisation matérielle :Mise en équation :

Moteur :

Équation électrique $u_m(t) = R \cdot i(t) + e(t)$

Équation mécanique $c_m(t) = J \cdot \frac{d\omega_m(t)}{dt}$

Équations électromécaniques $c_m(t) = K_m \cdot i(t)$
 $e(t) = K_e \cdot \omega_m(t)$

Réducteur : $r = \frac{\theta_m(t)}{\theta_s(t)} = \frac{\omega_m(t)}{\omega_s(t)}$

Notations : $u_m(t)$: tension aux bornes du moteur R : résistance de l'induit du moteur $i(t)$: courant consommé par le moteur $e(t)$: tension contre-électromotrice $c_m(t)$: couple moteur J : inertie totale ramenée à l'axe du moteur $\theta_m(t)$ et $\omega_m(t)$: angle et vitesse de rotation du moteur $\theta_s(t)$ et $\omega_s(t)$: angle et vitesse de rotation de la parabole K_m : constante de couple K_e : constante de f. e. m. r : rapport de réduction

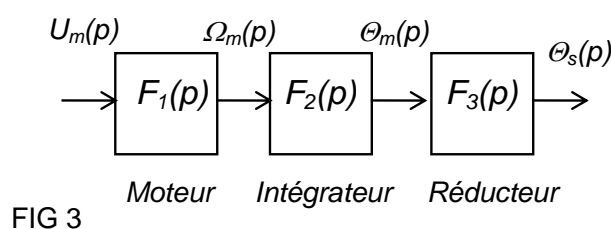
$$r = 1000 ; R = 0,5 \, \Omega ; K_e = 0,5 \, \text{V}/(\text{rad/s}) ; K_m = 0,5 \, \text{N.m/A} ; J = 0,02 \, \text{kg.m}^2$$

3) Schéma-bloc du système en boucle ouverte : le processus.

La relation entre la vitesse angulaire $\omega_m(t)$ et la position angulaire $\theta_m(t)$ du bras, n'a pas été donnée dans le texte.

Question 1 : Donner donc cette relation temporelle générale qui relie vitesse et position. En déduire la fonction de transfert $\frac{\Theta_m(p)}{\Omega_m(p)}$.

Question 2 : Montrer que, si les conditions initiales sont nulles, le système peut être modélisé sous la forme du schéma fonctionnel ci-dessous (figure 3).
Déterminer les expressions de $F_1(p)$, $F_2(p)$ et $F_3(p)$ et les mettre sous forme canonique.
Faire l'application numérique pour $F_1(p)$.



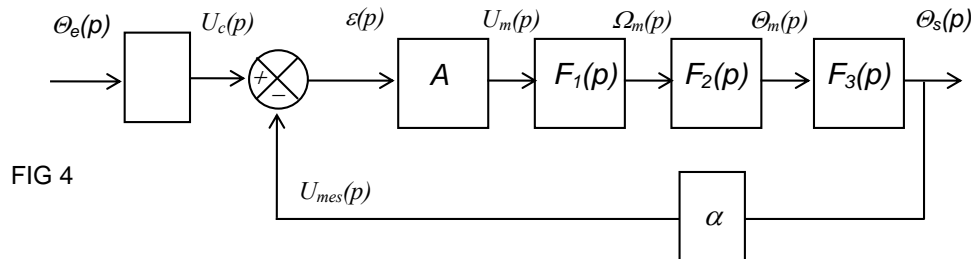
4) Asservissement en position.

41) Schéma-bloc du système asservi en position.

On envisage le fonctionnement du système en asservissement. Sa conception nécessite une boucle de retour avec un capteur, une interface homme/machine et un régulateur (comparateur + correcteur). (voir schéma-bloc ci-dessous).

Le correcteur est un amplificateur de gain pur **A** de valeur **10**.

La fonction de transfert du capteur est elle aussi un gain pur de coefficient α .



Question 3 : Quelles sont les unités de α ?

Question 4 : Quelle doit être la fonction de transfert de l'interface homme/machine pour que $\varepsilon(p)$ soit l'image de l'erreur ?

42) Fonction de transfert du système asservi en position.

Question 5 : Déterminer en fonction de $\alpha, r, R, J, A, K_e, K_m$ l'expression de la fonction de transfert $F(p) = \frac{\Theta_s(p)}{\Theta_e(p)}$.

Question 6 : En déduire l'expression littérale de ses paramètres caractéristiques.

Question 7 : Faire l'application numérique de ces paramètres caractéristiques (en fonction de α).

43) Réponse du système à un échelon.

Question 8 : Selon le type de fonction de transfert déterminée dans la question précédente, donner l'allure de la réponse temporelle du système pour une entrée en échelon d'amplitude 2 (si besoin, envisager plusieurs valeurs de α).

☞ Construire à l'aide du logiciel Did'Acsyde le schéma fonctionnel de la figure 4. (Vous indiquerez directement dans les blocs les valeurs numériques, sauf pour α qui restera littéral).

☞ Valider la question précédente en traçant les réponses pour des valeurs du paramètre α suivantes : 200 V/rad et 5000 V/rad (Prendre comme horizon temporel 2 s).

Question 9 : Comparer ces 2 réponses (temps de réponse, erreur statique, dépassements éventuels ...).

Question 10 : Calculer les dépassements absolus D_1, D_3 , la pseudo-période T_a et le temps de réponse $tr_{5\%}$ pour $\alpha = 5000$ V/rad.

☞ Valider ces 4 résultats à l'aide du logiciel Did'Acsyde.

44) Réglage de α pour un temps de réponse minimum.

Question 11 : Quelle valeur faut-il donner au coefficient α pour que le temps de réponse à 5% à une excitation en échelon soit le plus faible possible ?

Question 12 : Calculer alors ce temps de réponse.

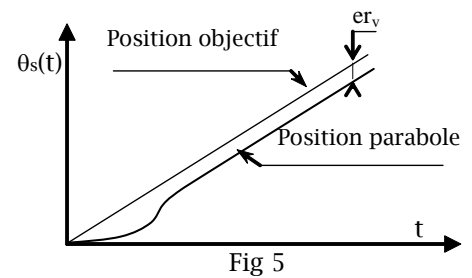
☞ Valider la question précédente en déterminant ce temps de réponse à l'aide du logiciel Did'Acsyde.

45) Comportement en poursuite.

Question 13 : Exprimer en fonction de K_e, r, α, A et ω_e "l'erreur de poursuite" (notée e_{rv}) si l'objectif évolue à une vitesse sensiblement constante $\omega_e = 0,5 \text{ rad/s}$ (avec $\theta_e(t) = \omega_e \cdot t$).

On définit comme "erreur de poursuite" ou "erreur de traînage", la limite atteinte en régime établi par la différence ($\theta_e - \theta_s$) voir figure 5.

(NB : voir cours pour connaître la différence entre erreur statique et erreur de poursuite).



Question 14 : Faire l'application numérique (en prenant α calculé à la question 11).

- ☞ Modifier le schéma fonctionnel sur Did'Acsyde de façon à mettre en évidence cette erreur de poursuite.
- ☞ Valider la question précédente en déterminant cette erreur à l'aide du logiciel Did'Acsyde.

5) Asservissement en vitesse.

Une façon d'améliorer le comportement dynamique d'un tel système est de réaliser un retour de vitesse, appelé « retour tachymétrique » (figure 6).

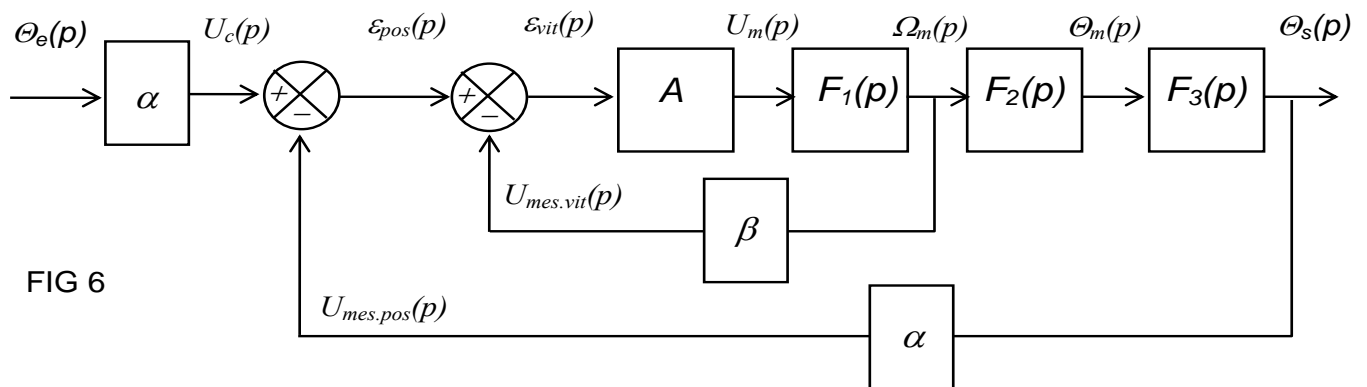


FIG 6

51) Fonction de transfert du système asservi en position et en vitesse.

Question 15 : Exprimer littéralement la nouvelle fonction de transfert en boucle fermée.

Question 16 : En déduire l'expression littérale de ses paramètres caractéristiques.

Question 17 : Faire l'application numérique de ces paramètres caractéristiques (en fonction de α et β).

52) Réglage de α et β .

Question 18 : Quelles valeurs faut-il donner aux coefficients α et β pour limiter l'erreur de poursuite à $0,02 \text{ rad}$ (avec $\omega_e = 0,5 \text{ rad/s}$) tout en ayant un temps de réponse minimum à une entrée en échelon.

Question 19 : Calculer ce temps de réponse.

- ☞ Construire à l'aide du logiciel Did'Acsyde le schéma fonctionnel de la figure 6.
- ☞ Valider les 2 questions précédentes en déterminant le temps de réponse et l'erreur de poursuite à l'aide du logiciel Did'Acsyde.

AVANT DE PARTIR, RANGER LE POSTE.