

Devoir de contrôle du deuxième semestre
Automatique

Préparation : PT2. Date : 02/04/2021. Durée : 1h 30mn.

Documents, Calculatrice et GSM non autorisés.

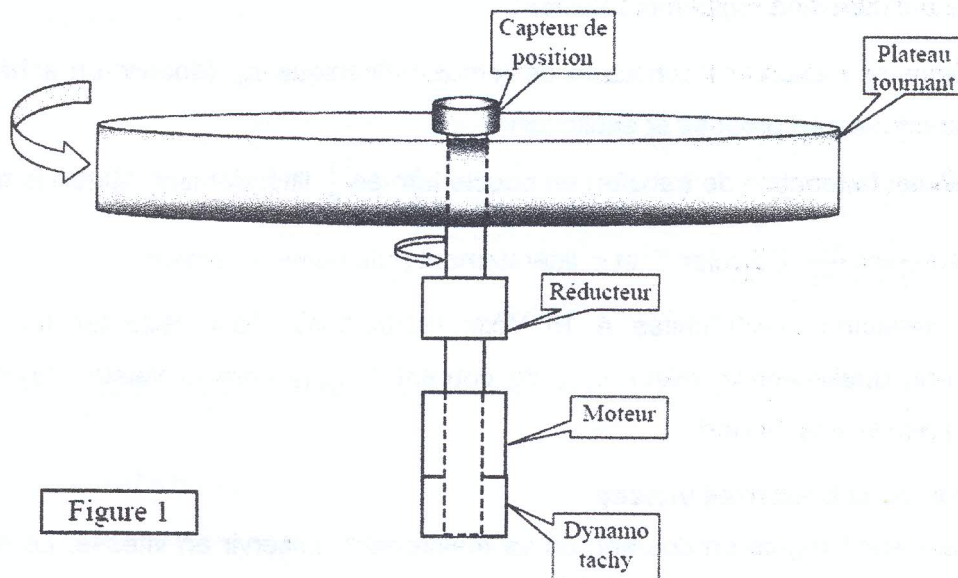
Les trois parties peuvent être traitées séparément.

Asservissement de position d'un plateau tournant :

On se propose d'entraîner en rotation un plateau tournant, sa position angulaire étant asservie à un profil de consigne qui sera défini plus loin.

Le moteur utilisé est un moteur à courant continu à aimants permanents muni d'une dynamo tachymétrique, pour mesurer la vitesse. Un réducteur mécanique est placé entre l'arbre de sortie du moteur et le plateau tournant. Un capteur, placé sur l'arbre de sortie du réducteur, donne une information analogique de la position angulaire du plateau.

Le schéma de principe :



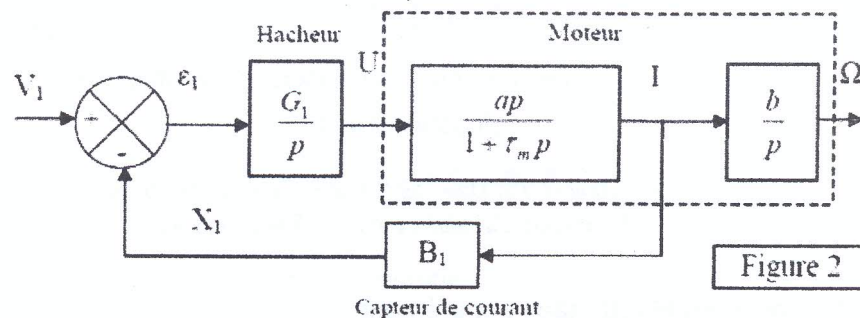
La boucle d'asservissement de position sera munie :

- D'une boucle interne de courant permettant de limiter l'appel de courant si le couple résistant prend une valeur trop importante.
- D'une boucle interne de vitesse permettant de faciliter le réglage de la stabilité de la boucle principale de position.

On va étudier successivement chacune de ces trois boucles.

1 – Etude de la boucle de régulation de courant

Le schéma-bloc est donné par la figure 2.



$V_1, X_1, \varepsilon_1, U$: en Volts	$G_1 = 2$	$B_1 = 1$
I en Ampères et Ω en rad/s	$a = 0.4$	$\tau_m = 0.4s$

Le moteur à courant continu à aimants permanents est commandé par un hacheur, de gain G_1 et muni d'une correction de type intégrale (intégration pure). La valeur moyenne de sa tension de sortie U alimente le bobinage induit du moteur.

Le courant I consommé par l'induit du moteur est mesuré par un capteur de courant de gain B_1 ; sa tension de sortie est notée X_1 .

La constante de temps mécanique du moteur et de sa charge est notée τ_m . On suppose qu'elle a été identifiée expérimentalement.

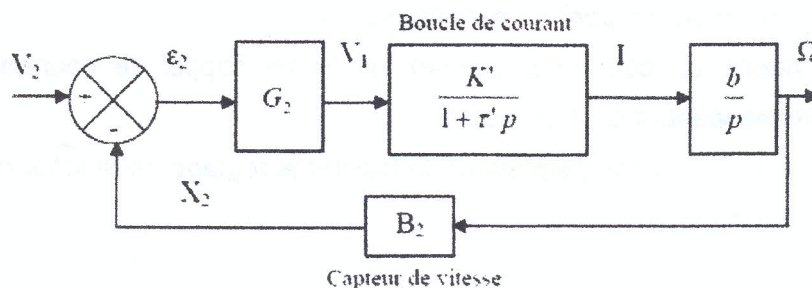
1.1) Comment mesurer la constante de temps mécanique τ_m (donner un schéma-bloc du montage de mesure proposé et expliquer) ?

1.2) Calculer la fonction de transfert en boucle fermée $\frac{I}{V_1}$ littéralement. Mettre le résultat sous la forme : $\frac{I}{V_1} = \frac{K'}{1 + \tau' p}$. Calculer K' et τ' littéralement puis numériquement.

1.3) La tension V_1 est limitée à 15 Volts (saturation). Pour cette tension, en régime permanent, quelle est la valeur I_{MAX} du courant I (I_{MAX} sera la valeur maximale que le moteur pourra consommer).

2 – Etude de la boucle de vitesse

Le moteur étant régulé en courant, on va maintenant l'asservir en vitesse. Le schéma-bloc est donné par la figure 3.



$V_2, X_2, \varepsilon_2, V_1$: en Volts	$b = 25$	Valeurs arrondies :
I en Ampères et Ω en rad/s	$B_2 = 0.1$	$K' = 0.4$
		$\tau' = 0.2$

Figure 3

On utilise un correcteur proportionnel de gain G_2 pour régler la boucle. B_2 est le gain de la dynamo tachymétrique (capteur de vitesse); sa tension de sortie est notée X_2 .

2.1) Calculer littéralement la fonction de transfert en boucle fermée $\frac{\Omega(p)}{V_2}$. Mettre le résultat sous forme standard. En déduire l'expression littérale de l'amortissement ξ (pour faciliter ce calcul, poser : $\alpha = B_2 G_2 K' b$).

2.2) Calculer le gain G_2 permettant d'assurer un amortissement $\xi = 1$. On conservera ce réglage pour la question suivante.

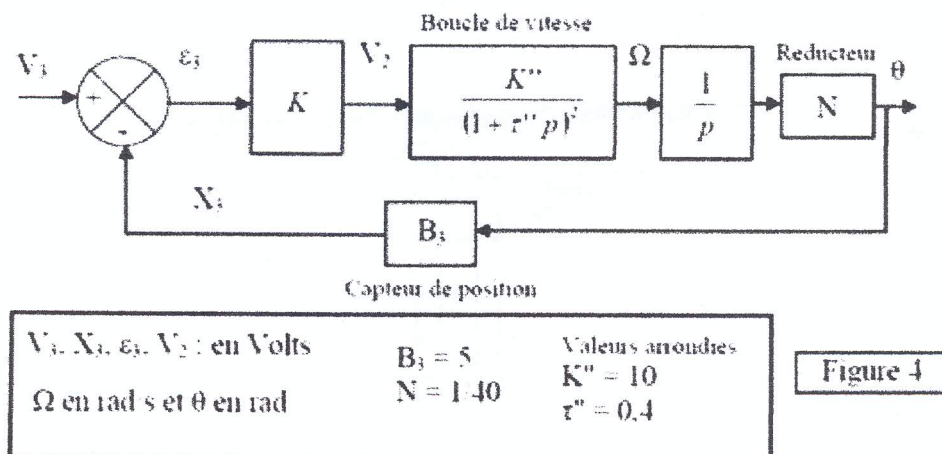
2.3) Calculer littéralement les pôles de la fonction de transfert $\frac{\Omega(p)}{V_2(p)}$ pour $\xi = 1$. On rappelle que pour $\xi = 1$, le discriminant du dénominateur $\Delta = 0$, d'où une forme facilement calculable des pôles.

En déduire la fonction de transfert en boucle fermée $\frac{\Omega(p)}{V_2(p)}$ (les coefficients seront exprimés numériquement).

3 – Etude de la boucle de position

Le moteur étant asservi en courant et en vitesse, on va maintenant réaliser la boucle principale d'asservissement de position.

Le schéma-bloc est donné figure 4.



On utilise un correcteur proportionnel de gain variable K . Le rapport de réduction du réducteur est $N = 1/40$. On note θ la position angulaire de l'arbre de sortie du réducteur, donc du plateau tournant. B_3 est le gain du capteur analogique de position; sa tension de sortie est notée X_3 .

3.1) Donner l'expression littérale puis numérique de la fonction de transfert en boucle ouverte $\frac{X_3(p)}{V_2(p)}$. Ce système est-il stable en boucle ouverte ? Quelle est l'allure de sa réponse impulsionnelle ?

3.2) Calculer l'équation caractéristique du système en boucle fermée.

3.3) En appliquant le critère de Routh, déterminer la condition sur K pour que le système soit stable en boucle fermée ?

Déduire :

- la valeur du gain K_c du correcteur qui rend le système juste oscillant (limite de stabilité) ;
- les pôles imaginaires purs ;
- la pulsation ω_c et la période T_c des oscillations.

3.4) Tracer l'allure asymptotique du diagramme de Bode lieux de Bode de la fonction de transfert en boucle ouverte $\frac{X_3(p)}{V_3(p)}$ (Question 3.1) pour $K = 1$.

Calculer la valeur du gain à la pulsation ω_1 du point de cassure. A cette pulsation ω_1 , la courbe est distante de 6dB de l'asymptote. Pourquoi ?

Vérifier la stabilité par le critère de Revers.

Rappel

Forme standard d'une fonction passe-bas d'ordre 2 :

$$\frac{k}{1 + \frac{2\xi}{\omega_n} p + \frac{p^2}{\omega_n^2}}$$