TD d'Automatique de la licence professionnelle "Technologies avancées appliquées aux véhicules"

Illustration des concepts de base vus en cours

Résumé

Ces cinq exercices constituent les Travaux dirigés de la licence professionnelle "Technologies avancées appliquées aux véhicules" et représentent un volume horaire de seulement 6 heures. Ils sont une simple illustration des concepts de base évoqués dans le cours de 8 heures correspondant.

Exercice 1

Soit le système mécanique donné par la figure 1

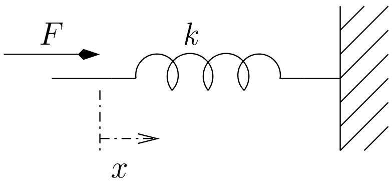

FIG. 1 – Système à ressort

F est la force exercée sur le ressort, x la position d'un point du ressort (par rapport à une référence initiale nulle) et k la constante de raideur de ce dernier. On considère $u = F$ comme entrée du système et $y = x$ comme sortie.

Questions :

1. Déterminer la fonction de transfert d'un tel système.
2. A quel comportement correspond-elle ?

Exercice 2

Soit maintenant le système mécanique donné par la figure 2 où le ressort est remplacé par un amortisseur associé à un coefficient de frottement visqueux f.
On conserve la même entrée et la même sortie qu'à l'exercice précédent.

Questions :

1. Déterminer la fonction de transfert de ce nouveau système.

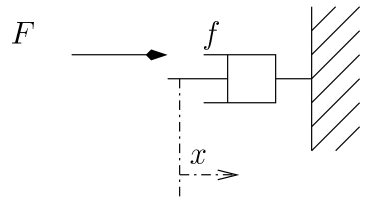

FIG. 2 – Système à amortisseur

2. De quel comportement s'agit-il ?

Exercice 3

On imagine une association des deux systèmes comme le montre la figure 3.

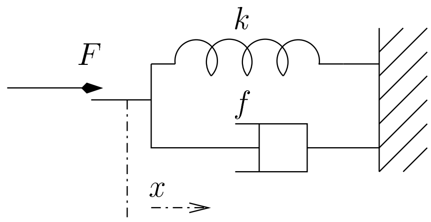

FIG. 3 – Ressort + amortisseur

On considère toujours la même entrée et la même sortie.

Questions :

1. Déterminer la fonction de transfert d'un tel système.
2. A quel comportement correspond-elle ?
3. Mettre le modèle sous forme canonique.
4. Identifier un gain statique et une constante de temps.
5. Tracer la réponse indicielle de ce modèle.
6. Tracer sa réponse fréquentielle.

Exercice 4

Dans cet exercice, on étudie un système qui doit plus être vu comme un exemple académique que comme un procédé très utilisé en pratique. Il s'agit du moteur à courant continu dit "à excitation séparée". Le schéma de principe en est donné par la figure 4.
Les divers paramètres de ce système sont les résisitances R et R_a, l'inductance L, le moment d'inertie lié à la charge J, le coefficient de frottement visqueux f toujours lié à la charge ainsi que l'intensité i_a qui peut être considérée comme constante. Les grandeurs physiques évoluant au cours du temps sont :
- $u(t)$: tension d'excitation du moteur.
- $i(t)$: courant d'excitation.
- $\Gamma(t)$: couple moteur.
- $\Psi(t)$: flux inducteur (n'apparaissant pas sur la figure).
- $\theta(t)$: position angulaire du moteur (en rad/s).
- $\omega(t)$: vitesse angulaire.

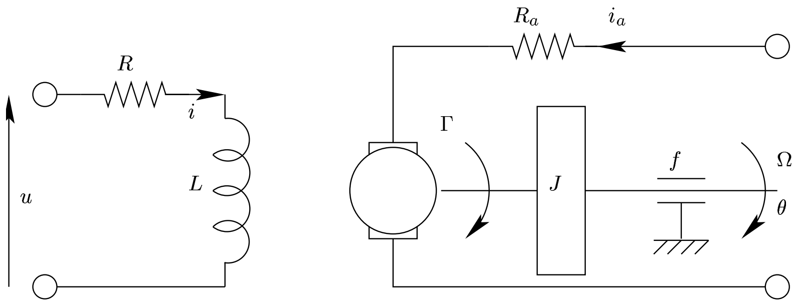

FIG. 4 – Ressort + amortisseur

Questions :

1. On considère l'entrée u et la sortie $y = \omega$. Donner une fonction de transfert pour le système. Quel est son ordre ?
2. Mettre cette fonction de transfert sous forme canonique.
3. Quels en sont le gain statique, la pulsation propre non amortie et le coefficient d'amortissement ?
4. Faire apparaître des constantes de temps et interpréter les.
5. Donner la valeur des pôles de la fonction de transfert.
6. Le système est-il stable ?
7. On néglige L. Donner la nouvelle fonction de transfert.
8. Tracer la réponse indicielle pour $L = 0$.
9. Tracer la réponse fréquentielle (toujours pour $L = 0$).
10. On revient au modèle complet. Est-il possible que sa réponse indicielle oscille ? Donner la forme de cette réponse en supposant qu'une constante de temps est plus petite que l'autre.
11. Donner l'allure de la réponse fréquentielle du modèle complet (avec la même supposition sur les constantes de temps).
12. On prend maintenant $y = \theta$ comme sortie. Quelle est la nouvelle fonction de transfert ?
13. Quels sont ses pôles ?
14. Le système est-il asymptotiquement stable ? Donner deux justifications, une mathématique et une physique.

Remarque : en réalité, il est très difficile de conserver ce modèle pour des vitesses proches de zéro. Un certain nombre de phénomènes négligés ici doivent être pris en compte dans ce cas et l'hypothèse d'invariance du courant i_a est caduque. Aussi convient-il de considérer cet exercice comme un cas d'école. En pratique, on utilise plutôt des moteurs "à commande d'induit" comme celui présenté en cours

Exercice 5

On considère, pour ce dernier exercice, le moteur à courant continu de type "à commande d'induit". Ce modèle a été étudié en cours mais il est ici donné avec d'autres valeurs numériques. En voici deux modèles possibles.

Modèle simple	Modèle complet
$G(p) = \dfrac{1}{1 + 0,5p}$	$G(p) = \dfrac{1}{(1 + 0.5p)(1 + 0.2p)}$

On travaille avec le modèle simple. Ce dernier fait apparaître une constante de temps $\tau = 0,5s$, essentiellement due aux phénomènes mécaniques. On souhaite que le système en boucle fermée réponde plus rapidement ($\tau' =$

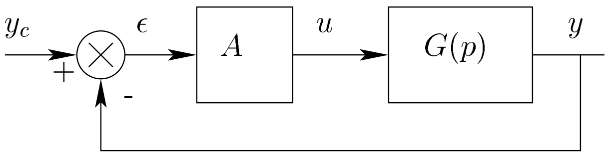

FIG. 5 – schéma-bloc du système bouclé

$0,25s$). Pour assurer cette raideur, on réalise une commande proportionnelle de gain A telle que celle schématisée sur la figure 5.

Questions

1. Quelle est la fonction de transfert en boucle fermée ?
2. Calculer A de sorte d'obtenir $\tau' = 0,25s$.
3. Comparer les réponses indicielles en boucle ouverte et en boucle fermée sur un même graphe. Quel est le problème de cette commande ?
4. Comment pourrait-on obtenir la précision ?
5. On décide de remplacer le gain A par un régulateur PI de fonction de transfert

$$R(p) \; = \; \frac{A}{p}(1 + \tau p)$$

   Remarque : le principe consiste à faire apparaître dans $R(p)$ la constante de temps du procédé pour la compenser. Cette technique de calcul du régulateur PI est appelée "compensation de pôle".

   Calculer la fonction de transfert en boucle fermée.
6. Calculer A pour avoir la rapidité souhaitée.
7. Tracer la réponse indicielle en boucle fermée (toujours sur la même figure). Conclure.
8. Quels sont les risques d'une telle technique, en particulier sur des systèmes d'ordre plus élevé ?
9. Utiliser le critère du revers pour justifier que le système en boucle fermée est stable.
10. En réalité, la réponse indicielle a plutôt l'allure donnée par la figure 6

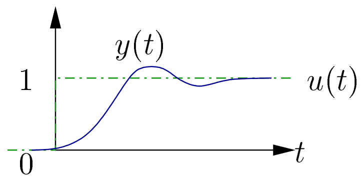

FIG. 6 – Allure de la réponse du système réel bouclé

   Utiliser le critère du revers pour justifier l'apparition d'une oscillation.