

LP22 : RÉTROACTION ET OSCILLATIONS (L2)

Prérequis

- étude fréquentielle des systèmes (transformée de Laplace, schéma blocs...)
- outils graphiques (diagrammes de Bode et de Nyquist)
- étude d'un système en chaîne directe
- amplificateur opérationnel et électronique élémentaire
- principe de fonctionnement d'un laser

Idées directrices à faire passer

- objectif du bouclage : contrôle du point de fonctionnement
- existence de deux classes de systèmes bouclés (selon la stabilité)
- modélisation basée sur la linéarité
- existence d'un compromis entre précision et rapidité (et éventuellement stabilité)

Commentaires du jury

- être cohérent sur les conventions de signe appliquées

Bibliographie

- [1] Electronique 2e année, Gervais, Vuibert (
- [2] Précis électronique, Brenders, Bréal
- [3] Hprépa électronique 2e année, Brebec, Hachette
- [4] BUP n°794, "Cavité acoustique, Laser et système bouclé"

Introduction : revenir sur le cadre de l'étude : système linéaire continu et invariant. On va voir l'intérêt que l'on peut tirer de la mesure de la sortie d'un système. On étudiera deux types de systèmes bouclés : les systèmes asservis et les oscillateurs à réaction. S'ils sont très différents dans leur but, ils partagent la même structure.

I Modélisation d'un système bouclé

1 Objectif du bouclage [1] et à savoir

- traiter toute la partie I autour de l'exemple d'un système de régulation de température
- souligner les inconvénients de la boucle ouverte
- objectif : adapter la commande selon le différentiel entre consigne et sortie
- principe général, liste des éléments clés (comparateur, correcteur, actionneur, capteur...)

2 Présentation d'un système bouclé [1]

- l'étude est menée dans le domaine fréquentiel à l'aide des transformées de Laplace
- construire le schéma blocs du système précédent
- définir FTBO et FTBF
- démontrer l'expression de la FTBF
- introduire les outils d'étude : Bode et Nyquist (expliquer particulièrement la lecture d'un diagramme de Nyquist, pas sa construction qui est trop complexe à la main)

3 Condition de stabilité, marges de stabilité [1]

- critère mathématique de stabilité (expliquer rapidement avec les mains la raison de ce critère)
- énoncer le critère du revers sur le diagramme de Nyquist (**double attention** ! : le critère porte sur la FTBO pour étudier la FTBF **ET** la FTBO doit être stable avant tout)
- donner le critère équivalent sur Bode
- définir marge de gain et de phase

- tracé alors sur Bode uniquement
- influence du gain sur la stabilité (translation verticale du diagramme de gain !)

II Systèmes asservis

1 Application à un exemple simple : amplificateur non inverseur [2]

- câbler la manipulation d'un montage à ampli op non inverseur et montrer sur oscilloscope entrée et sortie
- schéma électronique
- identifier comparateur, ampli, chaîne de retour
- schéma bloc associé
- fonction de transfert associée

2 Caractéristiques et conséquences du bouclage [1] et [2]

- erreur statique : définir, calcul dans ce cas (attention, ici le retour est non unitaire !), calculer la valeur théorique de l'erreur dans ce cas -> négligeable
- définir et identifier dans ce cas le temps de réponse à 5%, le mesurer expérimentalement -> effet de la contre-réaction sur le temps de réponse
- produit gain bande passante constant
- compromis précision-rapidité sur le choix du gain
- ici le système est toujours stable (1er ordre), mais une augmentation du gain réduit la marge de stabilité

III Oscillateurs à rétroaction

1 Mise à profit de l'instabilité : critère de Barkhausen [2]

- structure sous forme de schéma blocs
- condition d'instabilité : existence de racine de $1 - A(p)B(p)$ à partie réelle positive
- étude du cas limite : fonctionnement en régime harmonique (condition de rebouclage ou le signal après un tour est égal à l'entrée) -> critère de Barkhausen : $A(p)B(p)$ de module 1 et d'argument nul
- en pratique, partie réelle positive assure la divergence, non linéarité assure que les divergences soient stoppées

2 Effet Larsen acoustique [4]

- montrer la manipulation
- expliciter le système et modéliser sous forme de schéma blocs
- écrire explicitement le terme β (contenant le terme de déphasage dû à la propagation)
- donner la condition d'oscillation à partir d'une petite perturbation extérieure à l'aide du critère de Barkhausen
- déterminer les fréquences pouvant exister à partir de la condition de bouclage en phase (étant donnée la propagation sur la distance enceinte micro)
- montrer expérimentalement le lien fréquence / taille de la cavité

3 Application au laser [3] et [4]

- schéma de principe (utiliser un laser à 3 miroirs pour plus de facilité, analogie plus directe)
- modélisation en terme de schéma blocs
- là encore modéliser β comme perte et déphasage sur un tour de cavité
- cette fois milieu ampli = gain + passe bande (utiliser le Hprépa pour des informations sur un passe bande)
- expliquer alors les fréquences pouvant exister -> laser monomode ou multimode

Conclusion :

- bilan : existence de deux grandes classes de systèmes bouclés, l'un exploitant la stabilité pour avoir une consigne dépendant de la sortie, l'autre exploitant l'instabilité pour obtenir un régime oscillant.
- ouverture : insister sur la grande importance de l'asservissement et sur les nombreuses applications dans tous les domaines

Q/R

1. Source de démarrage des oscillations ?