

Titre : Régulation et asservissement

Présentée par : Sallé Lucie

Rapport écrit par : Meyre- -Baqué Izïa

Correcteur : Allys Erwan

Date : 07/06/2021

| Bibliographie | | |
|-----------------------|----------------|------------|
| Titre | Auteurs | Éditeur |
| Physique Spé PSI-PSI* | Gié et Sarmant | Tec et Doc |
| Cours Electronique | Jeremy Neveu | |
| Electronique 1 | | H prépa |
| | | |
| | | |

Plan détaillé

(indiquer parties, sous-parties, 1 ou 2 phrases d'explications par sous-partie, et références)

Niveau choisi pour la leçon : Licence 3

Pré-requis :

- Principe des moteurs à courant continu
- Transformée de Laplace
- Fonction de transfert
- Amplificateur opérationnel
- Diagramme de Bode

Introduction : nécessité de réguler un système (par exemple le corps humain qui régule la température, maintenir la température d'une pièce constante) : astreindre à suivre un signal de commande constant. Il faut qu'il arrive à tenir compte des perturbations extérieures.

- Enjeux et objectifs des systèmes bouclés
- Puis évaluer la qualité : critères de rapidité, stabilité, précision

I. Commande d'un système linéaire et la nécessité d'une rétroaction

1) Nécessité d'une rétroaction

Exemple d'une perceuse : voir cours Jeremy : commande directe : on ne peut pas contrôler la vitesse de rotation : il faut informer l'entrée de l'état de la sortie : capteur dynamo

Ce système est bouclé

2) Système bouclé

- Généralisation du modèle de système bouclé sous la forme de schéma bloc (suivre Jeremy)
- Calcul des fonctions de transferts s/e à partir du schéma bloc général : fonction de transfert en boucle fermée

3) Application à l'AO inverseur

- Schéma du système : on met en évidence la chaîne d'action et la chaîne de retour
- Calcul des fonctions de transferts : HFTBF
- On fait une perturbation (variation de gain de l'amplificateur) : on regarde la variation relative de la sortie : exemple sur une variation relative du gain de 5% : ODG avec un gain de 10, variation de la sortie extrêmement faible : on a une moindre sensibilité aux variations : grand intérêt de la rétroaction
- Etude dynamique : AO non linéaire : on a la fonction de transfert de l'AO qui est un passe bas du premier ordre. On recalcule la fonction de transfert en boucle fermée : on obtient à nouveau un passe bas du premier ordre : on peut définir un nouveau gain et une nouvelle fréquence de coupure : conservation du produit gain bande
- ODG : $f_c = 10$ Hz pour l'AO seul et maintenant $f_c' = 10^5$ Hz environ + tracé du diagramme de Bode dans ces différentes situations (Gdb en fonction de $\log(f)$) : sans rétroaction et avec rétroaction : on a augmenté la bande passante en tenant compte de la rétroaction : lié à la rapidité (pas le temps de faire les calculs mais en fait ça diminue le temps de réponse du système)

II. Application : asservissement en vitesse d'un moteur à courant continu

1) Principe du moteur

Slide : schéma bloc du moteur du cours de Jeremy

Slide : équations électriques et mécaniques du moteur et passage dans le domaine de Laplace + fonction de transferts en boucle ouverte et en boucle fermée

Transition : La présence de rétroaction peut entraîner la présence d'instabilités

2) Stabilité

- Définition : stabilité
- Critères : les systèmes d'ordre 2 sont stables si et seulement si les pôles de la fonction de transfert en boucle fermée sont à partie réelle négative
- Il faut aller au-delà de cette définition et parler de marge de stabilité (quel degré de stabilité on a)
- Notre système est stable ici d'après ces critères

3) Précision

- Définition
- On considère l'erreur statique
- Intérêt des transformées de Laplace : théorème de la valeur finale (voir cours de Jeremy)
- On compare la valeur limite de la vitesse de rotation en système ouvert et en système fermé à l'aide de la fonction de transfert
- Le système est soumis à un échelon de tension (avec sa transformée de Laplace u/p)
- Hypothèse : frottements faibles, $K_d \gg K$: on peut arriver à la limite voulue (voir cours Jeremy pour les notations)
- Slide : réponse temporelle avec oscillations

4) Rapidité

- Définition
- Compétition entre stabilité, rapidité et précision

III. Correction des systèmes asservis

Expérience : plaquette du moteur : régulation en vitesse : sur l'oscillo : tension image de la vitesse + consigne. 1 : boucle ouverte plus on met du freinage plus la vitesse diminue : le moteur ne peut pas réguler la vitesse. 2 : on boucle le système : la vitesse diminue mais la tension moteur va varier grâce à la rétroaction : est-ce qu'on peut corriger les problèmes ?

- Définition de correcteur : élément électronique placé juste après le comparateur
- Slide : schéma bloc
- Différents types de corrections (voir cours Jeremy)
- Correction proportionnelle
- Correction intégrale (on diminue la rapidité mais plus d'oscillations)

Expérience : en correction proportionnelle avec différents gains / correction intégrale

Conclusion : stabilité voulue mais dans certains domaines les instabilités sont désirées comme l'oscillateur à pont de Wien ou les oscillateurs laser / critères de précision et rapidité valables pour tous les systèmes bouclés. Ces concepts peuvent se généraliser à tous les domaines de la physique comme la régulation du corps humain

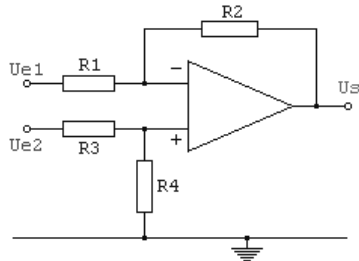
Questions posées par l'enseignant (avec réponses)

(l'étudiant liste les questions posées, ainsi que les réponses données par l'enseignant. Si certaines réponses manquent, l'enseignant pourra compléter le document)

- Différence entre asservissement et régulation ? régulation cas particulier de l'asservissement, on veut une valeur constante sous l'action de perturbations extérieures en sortie alors que l'asservissement comprend aussi les systèmes où on veut suivre une valeur consigne en général. **En pratique, on sépare asservissement = suivi de consigne sans perturbation, et régulation = consigne fixée sous des perturbations, dans une première approche simplifiée.**
- Pour un système linéaire une fois que le RP est atteint on a bien une constante en sortie où est la difficulté de la régulation ? Qu'est ce que la régulation apporte de plus que la notion d'asservissement ? sur la régulation on a une consigne fixe et on suppose qu'on a des perturbations : on doit répondre aux perturbations extérieures. **Typiquement, on va faire apparaître une entrée décrivant la perturbation, au niveau de l'actionneur.**
- Sur le thermostat qu'est ce qui est la perturbation ? on ouvre une fenêtre, la température extérieure varie
- Où est-ce qu'on pourrait faire rentrer les perturbations ? régulation du moteur : perturbation liée à un couple de charge du côté de la chaîne d'action

Discussion sur le schéma bloc du moteur :

- Qui fournit de l'énergie majoritairement ? alimentations extérieures. Rétroaction = électronique de signal très précise/ Chaîne directe = électronique de puissance peu précis
Tant que la chaîne de retour est précise c'est pas important que la chaîne directe le soit moins
- Même type d'alimentation pour la dynamo ? pour l'amplificateur ? parfois électronique de puissance et parfois électronique de signal : on peut identifier ces parties ? électronique de puissance en aval de l'amplificateur
- Généralement, électronique de signal plus précise que l'électronique de puissance : ça pose un problème si l'alimentation de l'amplificateur ou de la dynamo pas très précise ? L'alimentation de l'ampli négligeable / l'alimentation de la dynamo a une importance plus significative
- Si on a une perceuse même si elle n'est pas asservie on arrive quand même à la faire tourner assez si on appuie fort sur la gâchette, alors pourquoi c'est utile d'asservir ? c'est pour des raisons de précisions / pour des systèmes bien plus complexe on a bien envie de l'automatiser
- Perceuse c'est plus de l'asservissement ou de la régulation ? régulation, vitesse de rotation constante
- Comment est réalisé le soustracteur en pratique ? avec des AO (qui peut intégrer directement le soustracteur via l'utilisation des entrées - et +)



(Exemple de montage possible)

- Comment cette leçon peut s'intégrer dans le cadre du programme de CPGE ?
Pourquoi en L3 et pas en CPGE ? c'est plus au programme de CPGE
- Hypothèse pour utiliser des fonctions de transfert ? système linéaire
- Redémontrer la formule HFTBF pour l'AO inverseur
- ODG du gain d'un AO ? 10^5 environ
- C'est quoi HFTBO ? $R(p)/E(p)$ dans le cas du moteur (retour sur entrée)
- Pourquoi démontrer la conservation du produit gain bande dans cette leçon ? faire apparaître les notions de rapidité avec l'exemple simple de l'AO inverseur
- Pourquoi on n'a pas étudié des variations de la rétroaction (on a fait le calcul de la variation du gain de la chaîne directe) ? choix
- Définition de la stabilité : d'un point de vue CPGD est-ce que cette définition peut avoir des travers ? La sortie en tension de l'oscillateur à pont de Wien pas bornée ? pas bornée car il y a des saturations de l'AO, où les saturations apparaissent si on écrit les fonctions de transferts ? nulle part
- On peut reformuler la notion de stabilité ? dans la pratique la plage de comportement linéaire est limitée : (la définition supposait que le fonctionnement linéaire durerait jusqu'à l'infini)
- Marges de stabilités ? le constructeur les fixes
- Comment on définit les marges de phases ou de gain ?

Commentaires lors de la correction de la leçon

(l'étudiant note les commentaires relatifs au contenu de la leçon : niveau, sujets abordés, enchaînement, réponses aux questions, etc. L'enseignant relit, et rectifie si besoin)

- Chercher la bibliographie dans les anciens programmes de prépa : Hprépa électroniques
- Peut-être trop de contenu : il faut faire des choix
- Choses à enlever : conservation du produit gain bande (pas besoin de parler de la rapidité à ce moment-là)
- On aurait pu aussi étudier les variations de la chaîne de retour
- Important de faire la distinction au début sur l'asservissement et la régulation
- Distinction commande de position et en vitesse : la rétroaction ne joue pas du tout le même rôle.
- La manip peut peut-être illustrer la leçon au fur et à mesure dès le début
- La distinction électronique de signal/ électronique de puissance est importante
- Exemple du moteur à courant continu est bien
- Stabilité on n'est pas obligé de trop en parler : on suppose qu'on est dans le cas d'un système stable
- Correcteurs : difficile de trouver de la bibliographie : c'est des notions difficiles : on peut ouvrir dessus
- Parler de précision c'est bien

Partie réservée au correcteur

Avis général sur la leçon (plan, contenu, etc.) :

Une bonne partie des points essentiels a bien été abordée, mais cela manquait un peu de recul dans la formulation et l'articulation des différents concepts. Aussi, la distribution du temps n'a peut-être pas été optimale entre la réalisation des calculs et la discussion physique de ceux-ci.

Une marge d'amélioration aurait probablement été de faire moins, mais de mieux prendre le temps de le présenter, pour souligner les principaux concepts abordés. L'expérience aurait également pu être suivie tout du long.

De manière générale, la leçon ne doit pas être au service des exemples, applications, et expériences, mais ce sont celles-ci qui doivent être au service de la leçon. Pourquoi les inclut-on ? Quand les inclut-on ? Comment leur inclusion s'inclut dans le message d'ensemble ? etc.

Notions fondamentales à aborder, secondaires, délicates :

- Notion de rétroaction pour asservissement et rétroaction. On compare une boucle ouverte et une boucle fermée. Retour de la sortie sur l'entrée pour adapter la commande.
- Étude de la forme générale des boucles via des schéma blocs, électronique de signal et de puissance. Sensibilité aux variations de la partie puissance de l'actionneur vis-à-vis de la partie signal des capteurs et de la rétroaction.
- Notion d'asservissement en position et en vitesse, distinction et exemples. Notion de valeur d'erreur à la consigne en régime établi (la tension en sortie du soustracteur), qui doit être nul pour un asservissement en position, et non-nul pour un asservissement en vitesse (et lien avec l'erreur statique).
- Notion grossières de précision, stabilité, vitesse. Antagonisme entre stabilité et rapidité.

Peuvent ensuite être rajoutés selon le temps, l'aisance avec le sujet, et les exemples et applications incluses :

- Plus de discussion sur la stabilité et ses différents critères
- Plus de discussion sur la précision et la vitesse, en lien avec les caractéristiques de la boucle de rétro-action
- Une première introduction aux notions de correcteurs
- Une manip filée (ou pas le long de la leçon), qui permet d'illustrer les différents concepts.

Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur) :

On pourra prendre et filer la manip sur la régulation d'éclairement ou en vitesse du moteur

Bibliographie conseillée :

Anciens programmes de CPGE, en particulier les Hprépa verts de PSI, qui sont très bien faits.