

Représentation et Analyse des Systèmes Non Linéaires

Responsable : Patrick Danès (patrick.danes@laas.fr : 05.61.33.78.25)

Objectifs

Assez souvent, le comportement d'un procédé n'obéit pas au principe de superposition. Il en est ainsi lorsque les lois de la physique conduisent à des équations différentielles non linéaires. Une première approche de l'analyse ou de la commande consiste à appliquer des techniques d'Automatique linéaire sur la base de modèles obtenus par linéarisation des équations du procédé autour d'une trajectoire nominale. Les conclusions obtenues sont alors limitées à un domaine de fonctionnement restreint, dont la taille exacte est inconnue. En outre, certains phénomènes sont difficilement linéarisables (saturations, seuils, jeux, etc.), et seule une approche purement non linéaire permet d'expliquer des comportements globaux tels que : la présence de points d'équilibres multiples (en nombre fini ou dénombrable) ; l'existence de cycles limites, trajectoires périodiques vers lesquelles le système converge spontanément depuis un domaine possiblement vaste de conditions initiales ; les changements qualitatifs de comportements (ou « bifurcations ») impliqués par des modifications de ses paramètres ; etc.

Ce module propose une introduction à des techniques d'analyse de systèmes non linéaires. Des aspects commande sont également abordés, l'exploitation de contrôleurs non linéaires pouvant apporter un gain significatif (performance, robustesse à des incertitudes de modèle) par rapport aux techniques linéaires.

Contenu

1. Introduction à l'Automatique non linéaire

Classification des non-linéarités - Terminologie : système autonome, points singuliers, cycles limites,... - Caractérisation de la stabilité d'un mouvement : méthode indirecte de Lyapunov

2. Analyse et Commande de systèmes du deuxième ordre dans le plan de phase

Caractéristiques et construction d'un portrait de phase - Portraits de phase des systèmes linéaires autonomes - Caractérisation des points singuliers et des cycles limites d'un système non linéaire - Commande par relais d'un moteur à courant continu : introduction d'une contre-réaction tachymétrique ; cycles limite, lieu de Hamel ; régime glissant, régime optimal

3. Analyse d'un système bouclé non linéaire par la méthode du premier harmonique

Fonction de transfert généralisée et Lieu critique d'un élément non linéaire - Étude approchée des cycles limites : existence, stabilité, caractérisation - Réponse fréquentielle : analyse du phénomène de synchronisation, phénomènes de saut.

4. Exemples de travaux pratiques : commande par relais d'un moteur à courant continu dans le plan de phase ; asservissement de position avec jeu mécanique

Pré-requis

Cours d'Automatique de Licence 3 - Module "Systèmes Linéaires à Temps Continu 1"

Bibliographie

- J.C. Gille, P. Decaulne, M. Pelegrin. Systèmes Asservis Non Linéaires. Dunod.
- A. Gelb, W.E. Van der Velde. Multiple-Input Describing Functions and Nonlinear System Design. Disponible sur MITOPENSOURCEWARE.
- J.J.E. Slotine, W. Li. Applied Nonlinear Control. Prentice Hall.