

LP11: RÉTROACTION ET OSCILLATIONS

Thibault Hiron–Bédiée

Niveau : Deuxième année de CPGE

Prérequis : Programme de physique de première année, stabilité des systèmes linéaires, transformée de Laplace

Extrait du programme de CPGE

Notions et contenus	Capacités exigibles
Thème Électronique (PSI)	
2. Rétroaction	
Modèle de l'ALI défini par une résistance d'entrée infinie, une résistance de sortie nulle, une fonction de transfert du premier ordre en régime linéaire, une saturation de la tension de sortie, une saturation de l'intensité de sortie.	Citer les hypothèses du modèle et les ordres de grandeur du gain différentiel statique et du temps de réponse.
Montages amplificateur non inverseur et comparateur à hystérésis.	Représenter les relations entre les tensions d'entrée et de sortie par un schéma fonctionnel associant un soustracteur, un passe-bas du premier ordre et un opérateur proportionnel. Analyser la stabilité du régime linéaire.
Compromis gain/bande passante d'un système bouclé du premier ordre.	Établir la conservation du produit gain-bande passante du montage non inverseur.
Limite en fréquence du fonctionnement linéaire.	Identifier la manifestation de la vitesse limite de balayage d'un ALI dans un montage.
Cas limite d'un ALI idéal de gain infini en régime linéaire.	Identifier la présence d'une rétroaction sur la borne inverseuse comme un indice de probable stabilité du régime linéaire. Établir la relation entrée-sortie des montages non inverseur, suiveur, inverseur, intégrateur. Exprimer les impédances d'entrée de ces montages. Expliquer l'intérêt d'une forte impédance d'entrée et d'une faible impédance de sortie pour une association en cascade.
Cas limite d'un ALI idéal de gain infini en régime saturé.	Identifier l'absence de rétroaction ou la présence d'une unique rétroaction sur la borne non inverseuse comme l'indice d'un probable comportement en saturation. Établir la relation entrée-sortie d'un comparateur simple. Pour une entrée sinusoïdale, faire le lien entre la non linéarité du système et la génération d'harmoniques en sortie. Établir le cycle d'un comparateur à hystérésis. Décrire le phénomène d'hystérésis en relation avec la notion de fonction mémoire.
3. Oscillateurs	

Oscillateur quasi-sinusoidal réalisé en bouclant un filtre passe-bande du deuxième ordre avec un amplificateur.	<p>Exprimer les conditions théoriques (gain et fréquence). d'auto-oscillation sinusoïdale d'un système linéaire bouclé.</p> <p>Analyser sur l'équation différentielle l'inégalité que doit vérifier le gain de l'amplificateur afin d'assurer le démarrage des oscillations.</p> <p>Interpréter le rôle des non linéarités dans la stabilisation de l'amplitude des oscillations.</p> <p>Réaliser un oscillateur quasi-sinusoidal et mettre en évidence la distorsion harmonique des signaux par une analyse spectrale</p>
	<p>Approche documentaire : en relation avec le cours sur les ondes, décrire le fonctionnement d'un oscillateur optique (laser) en termes de système bouclé auto-oscillant. Relier les fréquences des modes possibles à la taille de la cavité.</p>
<p>Oscillateur de relaxation associant un intégrateur et un comparateur à hystérésis.</p> <p>Générateur de signaux non sinusoïdaux.</p>	<p>Décrire les différentes séquences de fonctionnement. Exprimer les conditions de basculement. Déterminer la période d'oscillation.</p> <p>Réaliser un oscillateur de relaxation et effectuer l'analyse spectrale des signaux générés.</p>

On suit le programme de PSI sans trop en sortir.

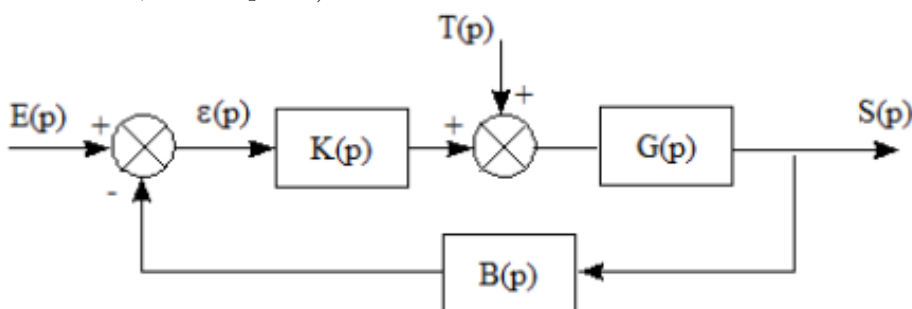
1 Rétroaction

1.1 Principe et nécessité

Manip introductive : (?) MCC avec alimentation et génératrice avec une charge. On sait que pour une MCC à vide, proportionnalité de la vitesse de rotation et de la force contre électromotrice (programme de sup). Or si on varie la charge, la vitesse de rotation varie bien que la f_{cem} soit constante...

Il y a donc un problème de pilotage. Ainsi pour obtenir la sortie souhaitée sur le système, il faut que l'entrée ait l'information de ce qu'il se passe en sortie pour s'adapter. On réalise ainsi un système bouclé où l'on compare la valeur en sortie avec la valeur de commande. (a priori déjà vu en SI ce principe!)

On écrit un schéma bloc du principe (E la commande, S la sortie, T la perturbation, K la régulation, G l'actionneur, B le capteur) :



On s'intéresse dans la suite de la leçon au cas de l'électronique, les systèmes mécaniques seront traités en cours de SI.

1.2 Amplificateur linéaire intégré

1.2.1 Présentation

Le système électronique permettant de réaliser le comparateur est un ALI (connu aussi sous le nom de AOP).

On liste ici les composantes importantes (on mentionnera les autres par ailleurs en TP) :

- les deux tensions de polarisation
- les deux entrées (inverseuse et non inverseuse)
- la sortie

1.2.2 Propriétés

L'ALI est un système passe-bas du premier ordre avec pour fonction de transfert :

$$A_{ALI} = \frac{S(p)}{\mathcal{E}(p)} = \frac{A_0}{1 + \tau p}$$

avec $A_0 \simeq 2 \cdot 10^5$ le gain de l'ALI et $\tau \simeq 1 \cdot 10^{-2}$ s le temps caractéristique.

- Saturations : entre les deux tensions de polarisation
- Résistance d'entrée et courants d'entrée
- résistance de sortie
- vitesse de balayage

1.3 Amplificateur non inverseur

Pas grand chose à inventer, on suit le Dunod...

1.3.1 Présentation et schéma bloc

1.3.2 Fonction de transfert et produit gain bande passante

On arrive à la conservation du produit gain bande passante.

Si le temps le permet, présenter le diagramme de Bode (python ?)

Donner la FT simplifiée (ALI idéal, donc A_0 tend vers l'infini et donc on trouve juste un amplificateur)

1.4 Comparateur à hysteresis

À traiter si le temps semble OK.

1.5 Stabilité

Dunod p. 35 et 38.

On l'applique ensuite au système que l'on vient d'étudier en regardant le poly de Jérém pp. 95–96 : $1 + \beta A_0 > 0$ (β est la FT du retour dans le schéma bloc)

2 Oscillateurs quasi sinusoïdaux

2.1 Définition

système bouclé auto oscillant, pas de signal d'entrée, retour sur la stabilité vue juste avant.

2.2 Oscillateur à pont de Wien

Constitué d'un amplificateur non inverseur et d'un filtre à bande passante.

Schéma électrique sur transparent, schéma bloc au tableau. ($A(p) = A$ pour l'AO et $W(p)$ pour le pont de Wien)

Pont de Wien

Pont diviseur de tension d'où la FT en l'écrivant directement en formalisme de Laplace plutôt que de Fourier.

Manip : présenter les composants au fur et à mesure de l'explication

2.3 Conditions d'auto-oscillation

On écrit le rapport v/s et on arrive à la condition que le produit des deux FT est égal à 1.

On a alors deux équations : une pour la partie réelle et une pour la partie imaginaire d'où une condition sur ω et une condition sur le gain.

Manip : on réalise l'oscillateur et on choisit une boîte à décades pour la résistance R_2 et on cherche sa valeur pour obtenir les oscillations. On vérifie que l'on obtient bien la condition d'auto-oscillation déterminée précédemment.

Poly de TP de Philippe montage 27 (2).

2.3.1 Amplitude et pureté spectrale des oscillations

On reprend le Dunod pour les explications et on peut regarder le poly de philippe pour les compléments. Voir la gestion du temps.