

Leçon de Physique n°11 Rétroaction et oscillations

Niveau : PSI

Programme :

Le bloc 2 illustre quelques propriétés relatives à la rétroaction sur l'exemple de l'amplificateur linéaire intégré. L'identification de certains montages à des systèmes bouclés permet de faire le lien avec le cours d'automatique de Sciences Industrielles pour l'Ingénieur. L'étude des circuits est strictement limitée à des situations pouvant être facilement abordées avec les outils introduits en première année (loi des mailles, loi des nœuds, diviseur de tension). La vitesse limite de balayage de l'ALI est uniquement évoquée en TP afin d'identifier les distorsions harmoniques traduisant un comportement non linéaire. Les limitations associées aux courants de polarisation et la tension de décalage ne sont pas étudiées.

Notions et contenus

Capacités exigibles

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 au 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.

Le bloc 3 s'intéresse à une étude non exhaustive des oscillateurs en électronique. Les exemples sont choisis à l'initiative du professeur et les fonctions de transfert des filtres utilisés sont fournies. En TP, on complète l'étude par une analyse spectrale des signaux.

Notions et contenus

Capacités exigibles

3. Oscillateurs

Oscillateur quasi-sinusoïdal réalisé en bouclant un filtre passe-bande du deuxième ordre avec un amplificateur.

Exprimer les conditions théoriques (gain et fréquence) d'auto-oscillation sinusoïdale d'un système linéaire bouclé.

Analyser sur l'équation différentielle l'inégalité que doit vérifier le gain de l'amplificateur afin d'assurer le démarrage des oscillations.

Interpréter le rôle des non linéarités dans la stabilisation de l'amplitude des oscillations.

Réaliser un oscillateur quasi-sinusoïdal et mettre en évidence la distorsion harmonique des signaux par une analyse spectrale.

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.

Oscillateur de relaxation associant un intégrateur et un comparateur à hystérésis.

Décrire les différentes séquences de fonctionnement. Exprimer les conditions de basculement. Déterminer la période d'oscillation.

Générateur de signaux non sinusoïdaux.

Réaliser un oscillateur de relaxation et effectuer l'analyse spectrale des signaux générés.

Livres : *Tec&Doc, H prépa électronique PSI 2004, Taupe niveau ellipses, Manneville, Sanz Tout-en-un PSI DUNOD*

Pré-requis : ALI, système linéaire, fonction de transfert, notions d'oscillateurs

A retravailler....

1 – Commande d'un système linéaire

a – Limite de la commande directe

Illustration avec une perceuse ou four ,évoquer les problèmes, *Tec&Doc, H prépa PSI, Taupe niveau ellipses*

b – Structure générale d'un système linéaire bouclé (ou d'un asservissement?)

Eléments constitutifs des systèmes bouclés (capteurs, actionneurs, comparateur), systèmes bouclés linéaires : chaîne directe, chaîne de rétroaction, exemples, *H prépa p153-155*

c – Propriétés statiques d'une structure à chaîne de retour

Erreur statique : intérêt d'avoir un fort taux de rétroaction T , sensibilité aux variations diminue avec T , immunité aux perturbations si T fort lorsque celles-ci sont dans la chaîne directe (bof si elles sont dans celle de retour), parallèle avec le four, *Tec&Doc, H prépa pour le four*

d – Performances dynamiques

Définition d'une transmittance isochrone, cas d'un système du 1er ordre le produit gain*bande passante est constant : la rétroaction permet une augmentation de la bande passante du système \Leftrightarrow accroissement de la rapidité dans le domaine temporel, par contre en bouclant un système on peut avoir le problème de stabilité, *Tec&Doc*

e – Stabilité d'un système linéaire

Définition : un système qui comporte une entrée et une sortie est stable si la réponse à toute excitation bornée est bornée (un peu vague), critère : les zéros de $1+T(p)$ doivent être à partie réelle négative, critère de Nyquist : toutes les racines de $1+T(p)$ ont une partie réelle <0 si le diagramme de Nyquist de $T(p)$ n'entoure pas le point -1 , *H prépa, Manneville*

2 – Oscillateur à réaction

Structure d'un oscillateur à réaction : chaîne directe G comportant des amplificateurs, chaîne de retour F comportant des filtres, par commodité on modifie le schéma fonctionnel en associant à l'association F +soustracteur la transmittance $-F(p)=F'(p) \Rightarrow$ il suffit donc de remplacer $F(p)$ par $-F'(p)$ dans les raisonnements sur la stabilité

Fonctionnement en oscillateur si les racines de $1+FG=1-F'G$ ont des parties réelles >0 et s'il n'existe pas d'état stable dans le domaine de fonctionnement non linéaire

Exemple d'un circuit avec un gain en chaîne directe et un passe-bande en chaîne de retour, exemple de l'oscillateur à pont de Wien, illustration expérimentale, *H prépa, Taupe niveau ellipses*

Autre plan :

I - Rétroaction et systèmes bouclés

II – Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Oscillateur de Wien

ou

Oscillateurs à pont de Wien et oscillateur optique : Laser (DUNOD tout-en-un PC)

BUP n°721 pour analogie oscillateur électronique-laser

https://bupdoc.udppc.asso.fr/consultation/article-bup.php?ID_fiche=7911

Notions et contenus

Capacités exigibles

4. Introduction à la physique du laser

4.1. Milieu amplificateur de lumière

Absorption, émission stimulée, émission spontanée.

Distinguer les propriétés d'un photon émis par émission spontanée ou stimulée.

Coefficients d'Einstein.

Associer l'émission spontanée à la durée de vie d'un niveau excité. Utiliser les coefficients d'Einstein dans le seul cas d'un système à deux niveaux non dégénérés.

Amplificateur d'ondes lumineuses.

Justifier la nécessité d'une inversion de population.

4.2. Obtention d'un oscillateur

Mise en œuvre électronique d'un oscillateur sur l'exemple de l'oscillateur à pont de Wien.

Identifier l'étage d'amplification.

Exprimer la condition de bouclage sur un filtre sélectif.

Mettre en évidence le rôle des non- linéarités.

Milieu amplificateur à l'intérieur d'un résonateur optique : le laser.

Exprimer la condition d'oscillation.

Associer la puissance émise à la limitation du gain par une non-linéarité.

4.3. Propriétés optiques d'un faisceau spatialement limité

Approche descriptive :

Rôle de la diffraction dans l'ouverture angulaire du faisceau à grande distance.

Relier l'ouverture angulaire λ/a et le rayon minimal a .

Description simplifiée d'un faisceau de profil gaussien : longueur de Rayleigh L_R .

Utiliser l'expression fournie du profil radial d'intensité en fonction de la distance axiale. Construire l'allure d'un faisceau de profil gaussien à partir de l'enveloppe d'un faisceau cylindrique de rayon a et d'un faisceau conique centré sur l'orifice de sortie du laser, et de demi-ouverture angulaire λ/a .

Utilisation d'une lentille pour transformer un faisceau cylindrique en faisceau conique et réciproquement

Exploiter la convergence angulaire du faisceau issue de l'optique géométrique, la loi du retour inverse, et le lien entre l'ouverture angulaire λ/a et le rayon minimal a pour obtenir la dimension et la position de la section minimale. Montrer que le rayon minimal est de l'ordre de λ . Utiliser un élargisseur de faisceau pour réduire l'ouverture angulaire.