

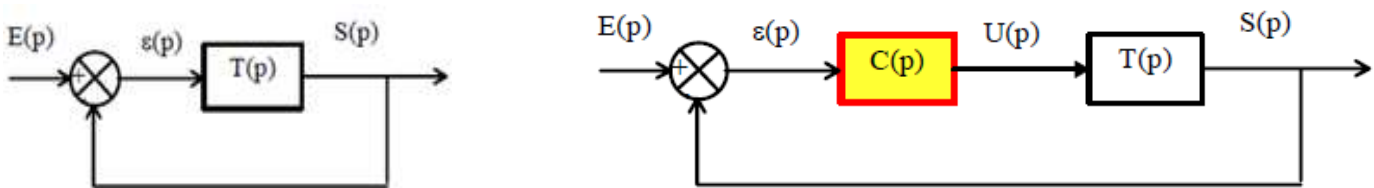
NOTION DE CORRECTION DES SLCI

I - PRESENTATION

Nous avons vu dans les chapitres précédents que les systèmes asservis pouvaient présenter des défauts, une précision insuffisante, une stabilité trop relative (voire une instabilité), un temps de réaction trop lent, un dépassement trop important, au regard d'un cahier des charges.

Il est donc souvent nécessaire d'intégrer dans le système asservis un réseau correcteur dont l'objectif est d'améliorer un ou plusieurs de ces différents paramètres sans, dans l'idéal, le faire au détriment des autres.

Si l'on souhaite améliorer les caractéristiques de précision, stabilité, rapidité du système il est nécessaire d'introduire dans la boucle de commande un correcteur.



II - PRINCIPAUX CORRECTEURS

1. Correcteur Proportionnel, P

a) Principe

Ce correcteur élémentaire est le correcteur de base, il agit principalement sur le gain du système asservi, il permet donc améliorer notablement la précision.

Dans le cas d'un correcteur proportionnel, la loi de commande corrigée $u(t)$ est proportionnelle à l'écart

La fonction de transfert du correcteur est donc : $C(p) = \frac{u(p)}{\varepsilon(p)} = K$

Pour les parties commande électroniques, la réalisation de ce type de correcteur à base d'amplificateurs opérationnels est simple (attention à la saturation des amplis).

b) Effet

Nous avons vu que l'effet d'une augmentation du gain entraîne une diminution de l'erreur statique, rend le système plus rapide mais augmente l'instabilité du système.

c) Réglage

Une première méthode est de faire, dans un premier temps, une étude théorique afin d'obtenir un ordre de grandeur puis ajuster avec des essais pratiques.

Rq: les valeurs calculées en théorie ne sont pas exactement les meilleures valeurs à implanter dans le système réel. En effet, le calcul ne prend en compte les différentes imperfections du système (saturation, non linéarité...)

L'autre solution est d'utiliser des méthodes empiriques à partir de différents essais. (abordées dans un chapitre ultérieur)

- Pour un système du second ordre, on peut régler K de manière à avoir en boucle fermée un coefficient d'amortissement $m=0,7$ (on privilégie ainsi la rapidité du système). On calcule donc la FTBF sous forme canonique en fonction de K, on identifie les coefficients afin d'exprimer m en fonction de K. Puis, on en déduit K pour avoir $m=0,7$.

Ex : Calculer la valeur la valeur du gain K du correcteur dans le chariot golf asservi afin d'avoir $\xi=0,7$.

On rappelle la FTBF :
$$\frac{\Omega(p)}{Cv(p)} = \frac{\frac{17,1 \times K}{1+8,57 \times K}}{1 + \frac{1,02}{1+8,57 \times K} p + \frac{0,000512}{1+8,57 \times K} p^2}$$

.....

.....

.....

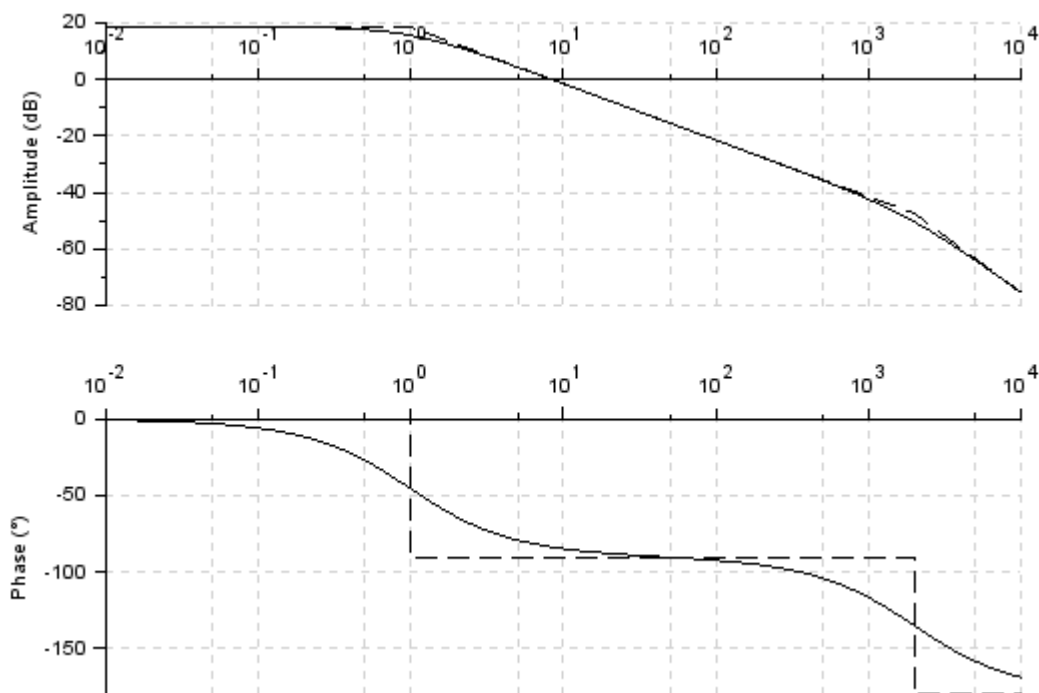
.....

.....

.....

.....

- Pour un système d'ordre quelconque, on peut régler K de manière à avoir une marge de phase de 45° ou 60° (contrôle de la marge de stabilité). Ce paramétrage se fait par utilisation des diagrammes de Bode de la FTBO. (redonné ci-dessous)



Ex : Donner la valeur de K afin que le chariot de golf ait une marge de stabilité de 45° .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Correcteur Proportionnel - Intégrateur, P.I.

a) Intégrateur pur

Pour un intégrateur pur la loi de commande $u(t)$ est de la forme : $u(t) = \frac{1}{T_i} \int_0^t \varepsilon(x) dx$

La fonction de transfert d'un correcteur pur est $C(p) = \frac{u(p)}{\varepsilon(p)} = \frac{1}{T_i p}$

Ce type de correcteur n'est pas réalisable avec un réseau passif (circuit RC) mais une bonne approximation peut être réalisée avec un montage intégrateur à base d'amplificateurs opérationnels.

a) Correcteur PI

L'intérêt principal de ce correcteur est d'ajouter dans la chaîne de commande une intégration qui annule l'erreur statique pour une entrée en échelon.

L'intérêt principal de ce type de correcteur est donc d'améliorer la précision, il introduit malheureusement un déphasage de -90° et risque de rendre le système instable (diminution de la marge de phase).

Le correcteur Intégrateur est en général associé au correcteur proportionnel et la loi de commande corrigée est de la forme :

$$u(t) = K_p \cdot (\varepsilon(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t \varepsilon(x) dx)$$

La fonction de transfert d'un correcteur pur est $C(p) = \frac{u(p)}{\varepsilon(p)} = K_p \times \frac{1+T_i p}{T_i p}$

c) Effet du PI

Effet statique (régime permanent): annule l'erreur indicielle (cf. précision des systèmes effet d'une intégration)

Effet dynamique (régime transitoire) : augmente le temps de réponse (système moins rapide), et peut augmenter l'instabilité (introduit un déphasage supplémentaire pouvant aller jusqu'à -90°).

d) Réglage

Deux paramètres sont à régler dans un correcteur PI : la constante de temps T_i et le gain K_p . On règle habituellement T_i de manière à compenser le pôle dominant de la FTBO, c'est-à-dire que l'on prend T_i égale à la constante de temps la plus élevée. K_p est ensuite réglé comme pour l'utilisation d'un correcteur proportionnel.

Ex : Pour le chariot de golf, la FTBO, sans correcteur, peut s'écrire : $\frac{8,57}{(1+0,764 \times p)(1+0,0005 \times p)}$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Correcteur proportionnel Intégrateur Dérivateur PID

Les correcteurs P et PI vus précédemment ne sont pas souvent utilisés tels quels en réalité, leurs performances ne sont pas suffisantes. On rajoute un effet stabilisateur pour aboutir au correcteur PID.

a) Principe

L'intérêt du correcteur PID est d'intégrer les effets positifs des trois correcteurs précédents.

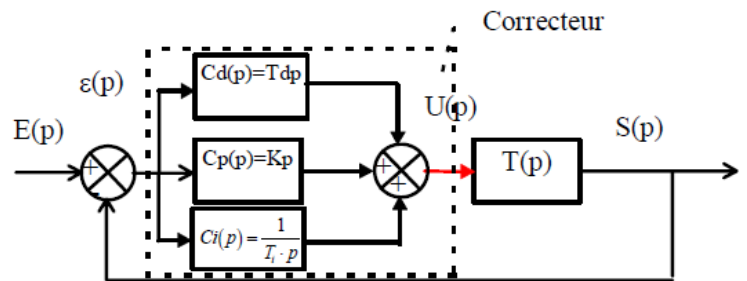
- amélioration de la stabilité par l'effet dérivateur
- amélioration de la précision statique par l'effet intégrateur
- amélioration de la dynamique par l'effet proportionnel

La fonction de transfert d'un correcteur PID est de la forme suivante :

$$C(p) = K_p + T_d \cdot p + \frac{1}{T_i \cdot p}$$

La détermination des coefficients K_p , T_i , T_d du correcteur PID permet d'améliorer à la fois la précision (T_d et K_p) la stabilité (T_d) et la rapidité (T_d , K_p).

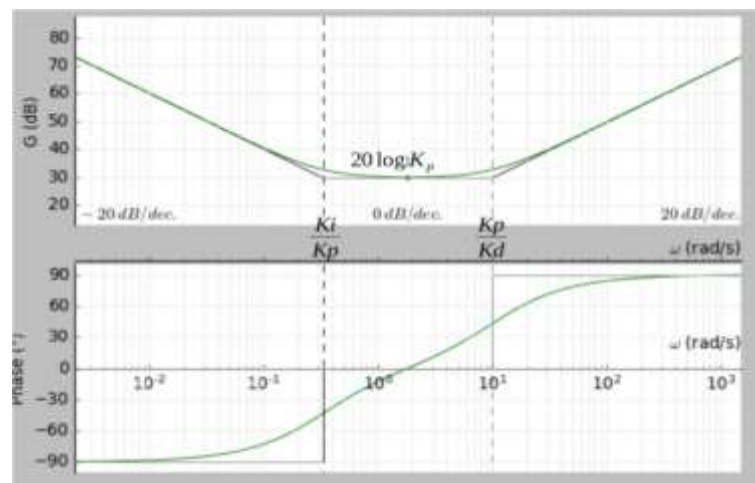
(1) Structure d'un correcteur PID



Le réglage d'un PID est en général assez complexe, des méthodes pratiques de réglages permettent d'obtenir des bons résultats.

b) Effet

On voit sur les diagrammes de Bode que le correcteur P.I.D se comporte, pour les basses fréquences, comme un intégrateur donc le système sera précis d'un point de vue statique, aux hautes fréquences l'avance de phase est de +90° donc une amélioration de la stabilité



c) Réglage du correcteur P.I.D

L'objectif du réglage est de placer le correcteur de telle sorte que, autour de la pulsation critique du système non corrigé, l'avance de phase soit positive et suffisante pour ne pas rendre le système instable.

Il n'y a pas de réelle méthode théorique, permettant de calculer les composantes du correcteur, par contre des méthodes pratiques permettent une évaluation correcte des coefficients du correcteur.

La méthode la plus répandue est la méthode de Ziegler – Nichols.

La méthode développée par Ziegler et Nichols n'est utilisable que si le système étudié supporte les dépassements.

La méthode consiste à augmenter progressivement le gain d'un correcteur proportionnel pur jusqu'à la juste oscillation. On relève alors le gain limite (K_{lim}) correspondant et la pulsation des oscillations ω_{osc} .

À partir de ces valeurs Ziegler et Nichols proposent des valeurs permettant le réglage des correcteurs P, P.I et P.I.D

Correcteur	P	P.I	P.I.D
K_p	$0.5 \cdot K_{lim}$	$0.45 \cdot K_{lim}$	$0.6 \cdot K_{lim}$
T_i	∞	$0.83 \cdot T_{osc}$	$0.5 \cdot T_{osc}$
T_d	0	0	$0.125 \cdot T_{osc}$

$$\text{avec } C(p) \text{ sous la forme } C(p) = K_p \left(1 + T_d \cdot p + \frac{1}{T_i \cdot p} \right)$$

Remarque : Nous n'avons vu ici dans ce cours que 3 types de correcteurs (les plus simples). D'autres fonctions de transferts sont utilisées (on peut notamment citer le correcteur à avance de phase $C(p) = K_c \frac{1+a \cdot T_c \cdot p}{1+T_c \cdot p}$ permettant de stabiliser le système), et les structures de correcteur peuvent évidemment être bien plus complexes (correcteurs sous forme de plusieurs blocs). De plus, la quasi-totalité des correcteurs implantés sont numériques (à événement discret et donc non linéaires) et sortent du cadre d'étude de cours.

Ex schéma bloc d'un système H, asservi avec un correcteur RST

