

Régulateur PID

Un **régulateur PID** ou **correcteur PID** (pour « proportionnel intégral dérivé ») est un organe de contrôle permettant d'effectuer une régulation en boucle fermée d'une grandeur physique d'un système industriel ou « procédé » (voir Automatique). C'est le régulateur le plus utilisé dans l'industrie, et il permet de régler un grand nombre de grandeurs physiques.

Sommaire

- Principe général
- Réglage d'un PID
- Voir aussi
 - Articles connexes
- Notes et références
 - Notes
 - Références
 - Liens externes

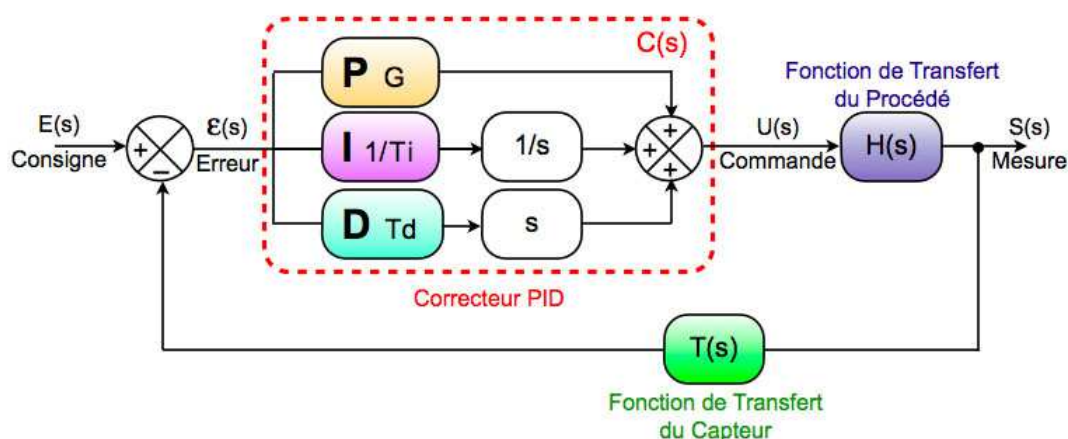
Principe général

Un correcteur est un algorithme de calcul qui délivre un signal de commande à partir de la différence entre la consigne et la mesure.

Le correcteur PID agit de trois manières :

- action **proportionnelle** : l'erreur est multipliée par un gain *G* ;
- action **intégrale** : l'erreur est intégrée et divisée par un gain *T_i* ;
- action **dérivée** : l'erreur est dérivée et multipliée par un gain *T_d*.

Il existe plusieurs architectures possibles pour combiner les trois effets (série, parallèle ou mixte), on présente ici une architecture parallèle :



Sur le schéma ci-dessus, la fonction de transfert exprimée dans le domaine de Laplace (où *s* désigne la variable de Laplace, de dimension [T⁻¹], dans la suite de l'article cette notation anglo-saxonne est substituée par *p*) du régulateur PID parallèle est la somme des trois actions :

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

En régulation des procédés, on préfère implanter la fonction de transfert du PID sous la forme mixte :

$$C(p) = G \left(1 + \frac{1}{\tau_i \cdot p} + \tau_d \cdot p \right)$$

où *T_i* et *T_d* sont des constantes de temps (différentes de *T_i* et *T_d* dans la formulation précédente) et *G* est le gain de la partie proportionnelle.

Les différents paramètres à trouver sont *G*, *T_d* et *T_i* pour réguler la grandeur physique du procédé ayant pour fonction de transfert *H(s)*. Il existe de nombreuses méthodes pour trouver ces paramètres. Cette recherche de paramètre est communément appelée *synthèse*.

La fonction de transfert du contrôleur PID présenté est idéale. En fait, elle est irréalisable car le degré du numérateur est supérieur au degré du dénominateur. Dans la réalité, on filtre toujours l'action dérivée comme suit :

$\tau_d p \mapsto \frac{\tau_d p}{1 + \frac{\tau_d}{N} p}$ avec *N* > 1 On obtient alors une nouvelle fonction de transfert réalisable pour notre régulateur. Le choix de *N* résulte d'un compromis : pour *N* très grand, l'action dérivée n'est pratiquement plus filtrée, ce qui se traduit par une grande sensibilité du signal de commande par

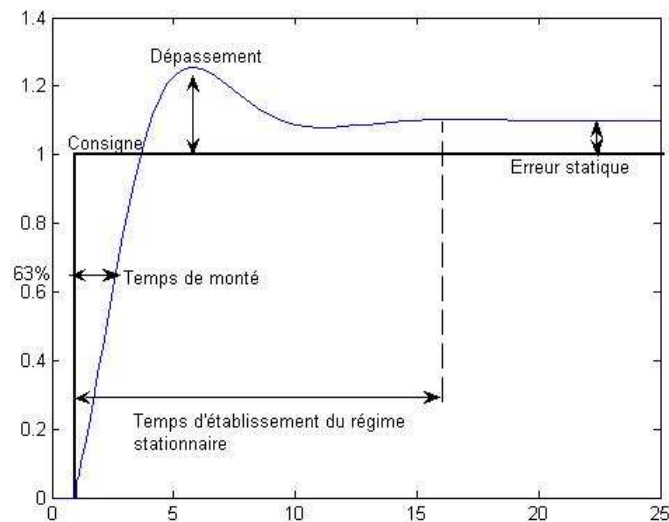
rapport au bruit de mesure. Si l'on prend N trop petit, l'effet de l'action dérivée devient quasiment inexistante. Une étude théorique permet de préciser que $3 < N < 10$.

Réglage d'un PID

Le réglage d'un PID consiste à déterminer les coefficients G , τ_d et τ_i afin d'obtenir une réponse adéquate du procédé et de la régulation. L'objectif est d'être **robuste**, **rapide** et **précis**. Il faut pour cela :

- dans le cas d'un fonctionnement en mode de régulation (consigne fixe) choisir des réglages permettant à la grandeur réglée de retourner dans un temps raisonnable à sa valeur de consigne ;
- dans le cas de fonctionnement de la boucle en mode d'asservissement (consigne variable), choisir des réglages permettant de limiter le ou les éventuels **dépassements** (*overshoot*) de la grandeur réglée ;
- la robustesse est sans doute le paramètre le plus important et délicat. On dit qu'un système est robuste si la régulation fonctionne toujours même si le modèle change un peu. Par exemple, les fonctions de transfert de certains procédés peuvent varier en fonction de la température ambiante ou de l'hygrométrie ambiante relativement à la loi de Pascal. Un régulateur doit être capable d'assurer sa tâche même avec ces changements afin de s'adapter à des usages non prévus/testés (dérive de production, vieillissement mécanique, environnements extrêmes...) ;
- la rapidité du régulateur dépend du temps de montée et du temps d'établissement du régime stationnaire ;
- le critère de précision est basé sur l'erreur statique (ou de statisme).

La réponse type d'un procédé stable est la suivante :



Dans le cas des systèmes simples, les paramètres du PID influencent la réponse du système de la manière suivante :

- G : lorsque G augmente, le temps de montée (*rise time*) est plus court mais il y a un dépassement plus important. Le temps d'établissement varie peu et l'erreur statique se trouve améliorée.
- τ_i : lorsque $\frac{1}{\tau_i}$ augmente, le temps de montée est plus court mais il y a un dépassement plus important. Le temps d'établissement au régime stationnaire s'allonge mais dans ce cas on assure une erreur statique nulle. Donc plus ce paramètre est élevé, plus la réponse du système est ralentie.
- τ_d : lorsque τ_d augmente, le temps de montée change peu mais le dépassement diminue. Le temps d'établissement au régime stationnaire est meilleur. Pas d'influences sur l'erreur statique. Si ce paramètre est trop élevé dans un premier temps il stabilise le système en le ralentissant trop mais dans un deuxième temps le régulateur anticipe trop et un système à temps mort élevé devient rapidement instable.

Pour ces trois paramètres, le réglage au-delà d'un seuil trop élevé a pour effet d'engendrer une oscillation du système de plus en plus importante menant à l'instabilité.

L'analyse du système avec un PID est très simple mais sa conception peut être délicate, voire difficile, car il n'existe pas de méthode unique pour résoudre ce problème. Il faut trouver des compromis, le régulateur idéal n'existe pas. En général, on se fixe un cahier des charges à respecter sur la robustesse, le dépassement et le temps d'établissement du régime stationnaire.

Les méthodes de réglage les plus utilisées en théorie sont les méthodes de Ziegler-Nichols (en boucle ouverte et boucle fermée), la méthode de P. Naslin (polynômes normaux à amortissement réglable), la méthode du lieu de Nyquist inverse (utilise le diagramme de Nyquist). Le diagramme de Black permet d'en constater très visuellement les effets.

Dans la pratique, les professionnels utilisent soit l'identification par modèle de Broïda pour les systèmes stables ou le modèle intégrateur retardé pour les systèmes instables soit la méthode par approches successives, qui répond à une procédure rigoureuse : on règle d'abord l'action P seule pour avoir un dépassement de 10 à 15 % puis l'action dérivée de façon à « raboter » au mieux le dépassement précédent, enfin on ajuste si nécessaire l'action intégrale en se fixant un dépassement final compris entre 5 et 10 %.

Il existe aussi une méthode qui, en supposant connue la fonction de transfert $H(p)$ du système, permet de déterminer un régulateur PID **robuste** dans le sens où la marge de phase et la pulsation au gain unité (donc la marge de retard) sont fixées à l'avance (lorsqu'une solution existe)^{1,2}.

Dans environ 15 % des cas les performances d'un PID peuvent devenir insuffisantes en raison de la présence d'un retard trop important ou d'un procédé à phase non minimale, posant des problèmes de stabilité. On fait alors appel à d'autres algorithmes de réglage (notamment : régulateur PIR ou à modèle

	Précision	Stabilité	Rapidité
P	↗	↘	↗
I	↗	↘	↘
D	↘	↗	↗

Tableau récapitulatif l'influence d'un PID série sur le système qu'il corrige si l'on augmente séparément l'action proportionnelle (P), intégrale (I) ou dérivée (D).

interne ou à retour d'état).

Voir aussi

Articles connexes

- Méthode du régleur
- Stratégies de régulation
- Automatique
- Cybernétique
- Automate programmable industriel
- Commande prédictive

Notes et références

Notes

- ↑ Bourlès 2006, chap. 6.
- ↑ Bourlès et Guillard 2012.

Références

- Henri Bourlès, *Systèmes linéaires - De la modélisation à la commande*, Hermes Science Publishing, 2006, 510 p. (ISBN 2746213001).
- Henri Bourlès et Hervé Guillard, *Commande des systèmes. Performance et robustesse*, Ellipses, 2012 (ISBN 2729875352).

Liens externes

- Tutoriel Denis Curtil:Automatique, PID, PIR, etc. (<http://cerig.efpg.inpg.fr/tutoriel/automatique/page01.htm>)
 - Asservissement d'un moteur à courant continu avec un régulateur PID (ClubElek - INSA Lyon) (http://clubelek.insa-lyon.fr/joomla/fr/base_de_connaissances/informatique/asservissement_et_pilotage_de_robot_autonome_introduc_5.php)
 - Asservissement et régulation (<http://www.robot-maker.com/index.php?/tutorials/article/12-asservissement-et-regulation/>)
-

Ce document provient de « http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Régulateur_PID&oldid=108764421 ».

Dernière modification de cette page le 2 novembre 2014 à 17:29.

Droit d'auteur : les textes sont disponibles sous licence Creative Commons paternité partage à l'identique ; d'autres conditions peuvent s'appliquer. Voyez les conditions d'utilisation pour plus de détails, ainsi que les crédits graphiques. En cas de réutilisation des textes de cette page, voyez comment citer les auteurs et mentionner la licence.

Wikipedia® est une marque déposée de la Wikimedia Foundation, Inc., organisation de bienfaisance régie par le paragraphe 501(c)(3) du code fiscal des États-Unis.