

Étude et Validation d'un Correcteur PID pour la Régulation de Vitesse d'un Moteur CC

Objectif

L'objectif est de réguler la vitesse de rotation $\Omega(t)$ d'un moteur à courant continu (CC) à l'aide d'un correcteur PID. L'étude porte sur :

- La mise en œuvre d'un correcteur proportionnel (P)
- L'ajout d'un terme intégral (PI)
- La comparaison des performances entre les deux stratégies
- L'analyse de l'erreur statique, du temps de réponse, du dépassement, et de la tension maximale

Structure de la commande

$$U_m(t) = K_P \cdot e(t) + K_I \int_0^t e(\tau) d\tau \quad \text{où} \quad e(t) = \Omega_{\text{cible}} - \Omega(t)$$

Le contrôleur génère la tension U_m à partir de l'erreur de vitesse, appliquée au moteur CC.

Procédure de validation

1. Moteur en boucle ouverte

- Tension constante appliquée : $U_m = \frac{1}{K_P}$
- Vitesse finale obtenue sans régulation
- Présence d'une **erreur statique**

2. Moteur en boucle fermée avec P seul

- Consigne : 1 rad/s
- Analyse du temps de montée et de l'erreur statique

3. Boucle fermée avec correcteur PI

- Ajout du terme intégral pour annuler l'erreur statique
- Étude de la stabilité selon K_I
- Observation du comportement dynamique (tension, dépassement)

Critères d'analyse

- **Erreur statique** : différence entre la consigne et la vitesse atteinte en régime
- **Temps de réponse** : temps pour atteindre 90% de la consigne
- **Dépassement** : dépassement de la consigne (en valeur et en durée)
- **Tension max** : valeur maximale de $U_m(t)$ générée par le contrôleur

Recommandations de test

- Faire varier K_P pour observer la rapidité et l'erreur statique
- Ajouter progressivement K_I pour supprimer l'erreur
- Limiter U_m dans le contrôleur pour éviter les dérives
- Tracer les courbes :
 - $\Omega_{\text{boucle_ouverte}}(t)$ vs $\Omega_{\text{PID}}(t)$
 - $U_m(t)$ en fonction du temps

Conclusion

Le correcteur P permet une régulation simple mais laisse une erreur statique. L'ajout d'un intégrateur dans un correcteur PI permet de corriger cette erreur et d'atteindre la consigne exactement. Toutefois, un réglage soigneux des gains est indispensable pour éviter l'instabilité ou des tensions excessives. L'étude expérimentale par simulation permet de valider efficacement le comportement du système.