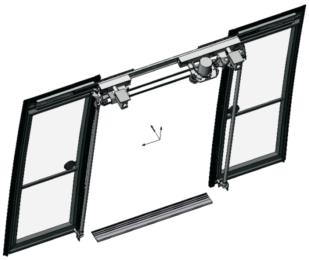
TD 99



Système d'ouverture et de fermeture de portes de tramway

Centrale Supelec – PSI – 1008

Savoirs et compétences :

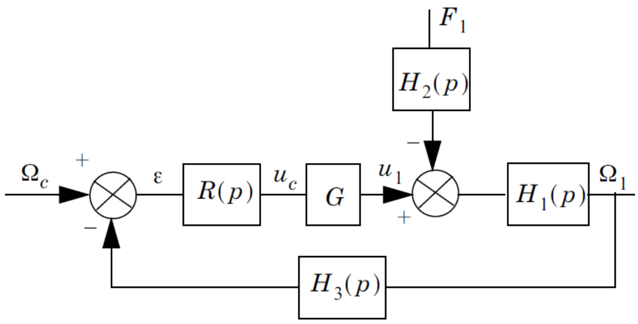
Présentation

Étude du régulateur de la boucle de vitesse

Objectif Déterminer un régulateur de vitesse permettant d'atteindre les exigences suivantes :

- écart nul en régime permanent pour une consigne de vitesse constante et un effort perturbateur, dû à la poussée des passagers, constant ;
- marge de phase $\Delta\varphi \geq 45°$ pour un modèle nominal qui sera précisé par la suite ;
- bande passante la plus grande possible compte tenu de la contrainte de marge de phase ;
- temps de réponse inférieur à 0.2 s en réponse à une variation en échelon de l'effort perturbateur.

La chaîne de régulation de vitesse est décrite par le schéma-blocs suivant où la fonction de transfert représente la chaîne de mesure de vitesse comportant un filtre du 1er ordre, de constante de temps $\tau_f = 10\,\text{ms}$, permettant de limiter l'impact des bruits de mesure et G est le gain de l'amplificateur de puissance alimentant le moteur.



On choisit d'adopter pour cette chaîne un régulateur de type proportionnel-intégral dont la fonction de transfert est : $R(p) = K_r\left(1 + \dfrac{1}{T_i p}\right)$.

Question 1 *Au regard des exigences du cahier des charges, justifier le choix de ce type de régulateur.*

On cherche d'abord à évaluer le temps de réponse vis-à-vis des perturbations.

Question 2 *Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée $T(p) = \dfrac{\Omega_1(p)}{F_1(p)}$ entre les perturbations dues à la poussée des passagers et la vitesse du moteur, en fonction des différentes fonctions de transfert de la figure précédente. Montrer que la réponse fréquentielle peut être approchée par la relation :*

$$\|T(j\omega)\| = \|H_2(j\omega)\| \cdot \min\left(\|H_1(j\omega)\|; \left\|\frac{1}{R(j\omega)\,GH_3(j\omega)}\right\|\right)$$

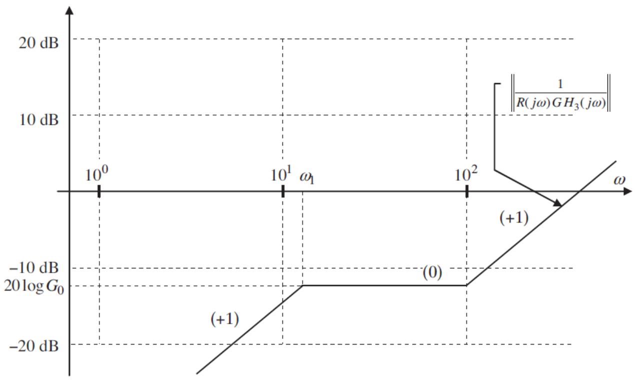
$$= \|H_2(j\omega)\| \|\|M(j\omega)\|.$$

Pour la suite, on adopte les modèles de commande simplifiés suivants :

$$H_1(p) = \frac{10}{p} \quad H_2(p) = 0{,}05 \quad H_3(p) = \frac{0{,}1}{1+0{,}01p} \quad G = 10.$$

Afin de limiter le périmètre de l'étude, on adopte sans justification les hypothèses suivantes :

- $1/T_i < 100\,\text{rad}\,\text{s}^{-1}$;
- la situation considérée est celle de la figure suivante représentant le diagramme asymptotique de la fonction $\left\|\dfrac{1}{R(j\omega)\,GH_3(j\omega)}\right\|_{\text{dB}}$ où $20\log G_0 < 0$.



Question 3 *Exprimer G_0 en fonction de K_r. En utilisant la figure précédente, tracer le diagramme asymptotique de la fonction $\left\|H_1(j\omega)\right\|$ (veiller au respect des pentes) et celui de $\left\|M(j\omega)\right\|$ en adoptant l'approximation de la question précédente.*

Question 4 *En déduire alors une approximation de la fonction de transfert $T(p) = \dfrac{\Omega_1(p)}{F_1(p)}$ en exprimant toutes les brisures en fonction de K_r et T_i.*

Question 5 *Proposer une nouvelle expression approchée de $T(p)$ sous la forme $T_a(p) = \dfrac{N(p)}{1+\tau p}$ où $N(p)$ est le numérateur de $T(p)$? En utilisant la forme approchée de $T_a(p)$, déterminer l'évolution de la vitesse $\Omega_1(t)$ en réponse à un échelon de la force de perturbation et tracer son allure.*

Question 6

Question 7

Question 8

Question 9