

TD asservissement : Laveuse autoportée (ATS 2015)

La société Nilfisk propose une large gamme d'engins de nettoyage des sols. Celle des laveuses autoportées répond aux besoins de lavage pour des surfaces de plusieurs milliers de km carrés. C'est par exemple le cas des sols de super et hyper-marché.

Les qualités de ces machines résident dans leur sécurité d'usage, leur faible nuisance sur l'environnement, leur autonomie et leur maniabilité. Cette maniabilité impose des encombrements minimisés en largeur et des rayons de giration très faibles.



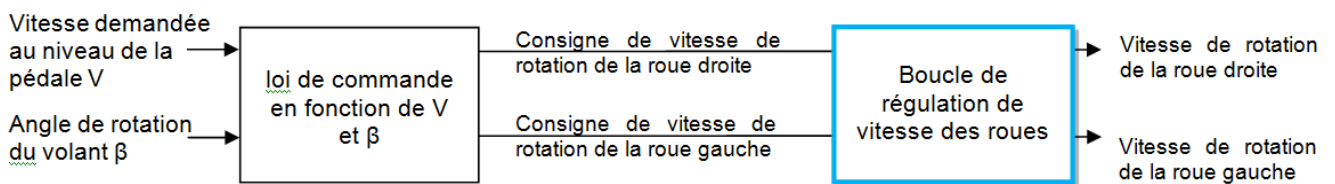
Asservissement des moteurs

Pour satisfaire les lois de commandes, il est nécessaire d'asservir en vitesse les moteurs de la laveuse.

Afin de commander le déplacement de la laveuse, le conducteur utilise la pédale pour gérer la vitesse des roues et le volant pour gérer l'orientation du véhicule.

Les moteurs qui équipent la laveuse sont des moteurs à courant continu. Ils sont asservis en vitesse de rotation.

Une représentation possible de cet asservissement est présentée figure suivante :



L'étude qui suit se fait dans le cas particulier où la laveuse avance en ligne droite.

Etude des moteurs

Les équations différentielles qui caractérisent le comportement des moteurs de la laveuse

sont :

$$u_m(t) = R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt} + e(t) \qquad e(t) = K_e \cdot \omega_m(t)$$

$$J \cdot \frac{d\omega_m(t)}{dt} = C_m(t) - f \cdot \omega_m(t) \qquad C_m(t) = K_t \cdot i(t)$$

Avec :

$U_m(t)$: tension aux bornes de l'induit (en V) ;

$i(t)$: courant d'induit (en A) ;

$e(t)$: force contre-électromotrice (en V) ;

$R = 0,55 \Omega$: résistance d'induit ;

$L = 1,6 \text{ mH}$: inductance d'induit ;

$C_m(t)$, couple exercé par le moteur (en N·m) ;

$J = 0,015 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, moment d'inertie total des parties mobiles ramenées sur l'arbre moteur ;

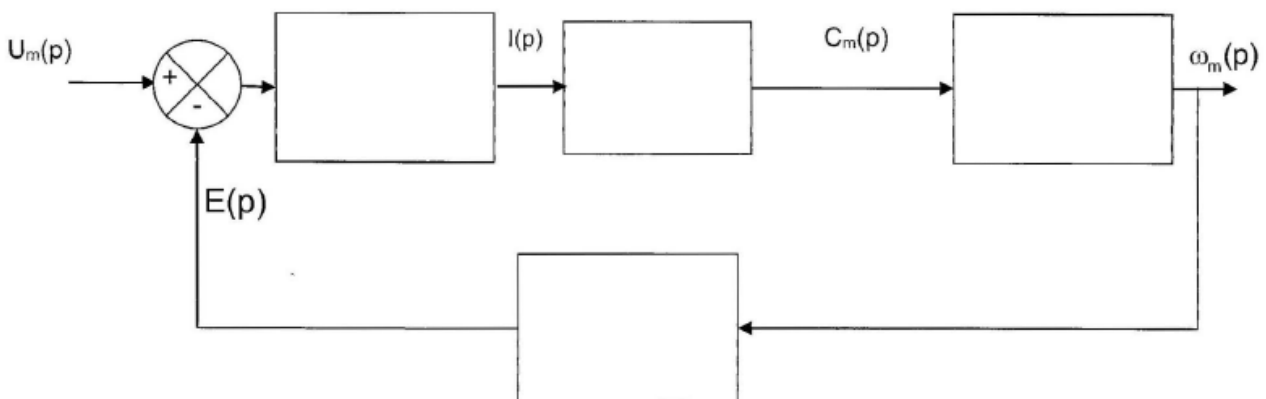
$K_t = 0,06 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{A}^{-1}$, constante de couple ;

$K_e = 0,06 \text{ V}\cdot\text{rad}^{-1}\cdot\text{s}$, constante de vitesse ;

$r = 0,15 \text{ m}$, rayon de la roue.

f : frottements visqueux

Q1 Compléter le schéma bloc du fonctionnement du moteur à courant continu.



Q2. En considérant l'inductance L et les frottements f négligeables, calculer la fonction de

transfert $H_m(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_m(p)}$, la mettre sous la forme $H_m(p) = \frac{B}{1 + \tau_2 \cdot p}$, identifier les paramètres caractéristiques et faire l'application numérique.

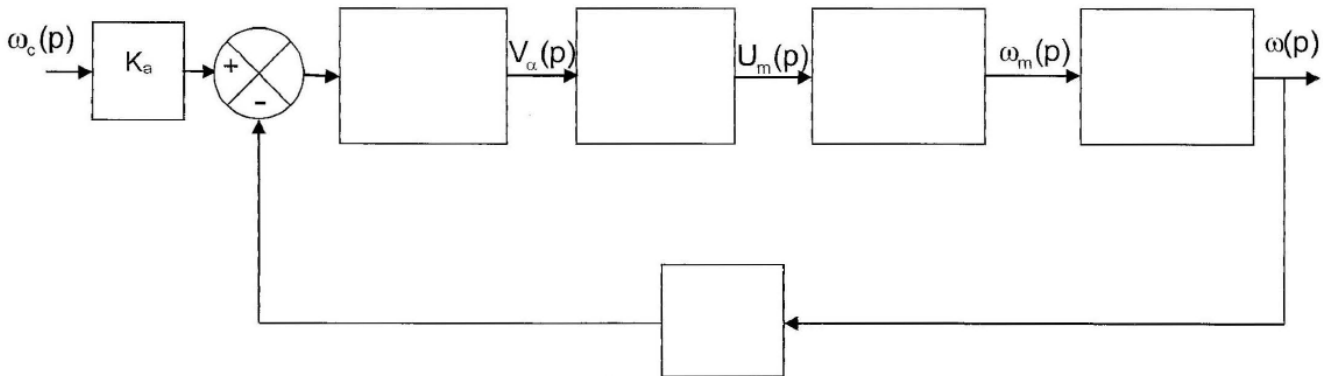
Asservissement en vitesse

L'asservissement en vitesse est réalisé par :

- ✓ Un comparateur.
- ✓ Un correcteur qui, à partir du signal d'écart entre la vitesse de consigne et la vitesse mesurée des roues fournit la tension de commande $V_\alpha(p)$ du convertisseur statique. Ce correcteur est un correcteur proportionnel de fonction de transfert $C(p) = C$.
- ✓ Un convertisseur statique qui, à partir de la tension $V_\alpha(p)$, fournit la tension $U_m(p)$ au moteur. L'expression de sa fonction de transfert $H_c(p)$ est abordée dans les questions suivantes.
- ✓ Un moteur tournant à la vitesse ω_m modélisé par sa fonction de transfert $H_m(p)$.
- ✓ Un réducteur de rapport de réduction $k = \frac{\omega}{\omega_m} = \frac{1}{55}$.

- ✓ Un capteur de vitesse, sous la forme d'une génératrice tachymétrique modélisée par un gain K_c ($V \cdot \text{rad}^{-1} \cdot \text{s}$).

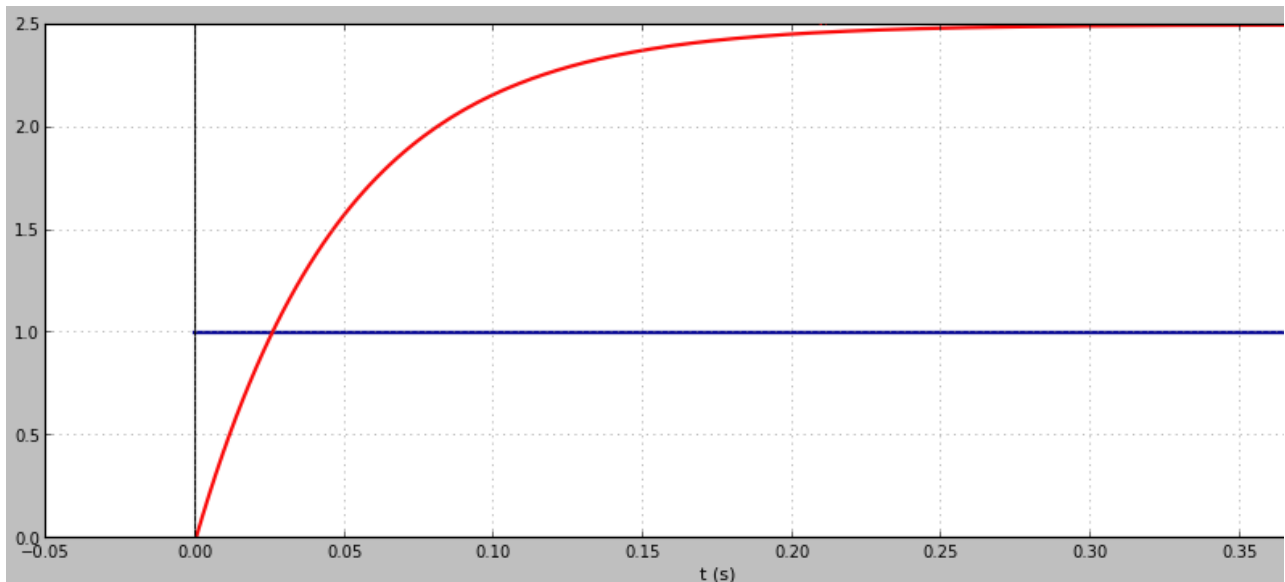
Q3. Sur le document réponse, compléter le schéma bloc de l'asservissement en vitesse de l'un des moteurs.



K_a est le coefficient de mise en forme de la consigne de vitesse, exprimé en $V/(\text{rad} \cdot \text{s}^{-1})$.

Q4. Comment choisir le gain K_a pour que la vitesse $\omega(t)$ soit correctement asservie ?

On soumet le convertisseur statique à un échelon de V_α , on obtient la réponse indicielle $u_m(t)$ présentée à la figure suivante :



On suppose que $H_c(p)$ est un système du premier ordre avec $H_c(p) = \frac{A}{1 + \tau_1 \cdot p}$.

Q5. Déduire de la figure les valeurs des coefficients τ_1 et A .

Q6. On pose $D = K_c \cdot A \cdot B \cdot k$. Exprimer la fonction de transfert en boucle fermée

$$FTBF(p) = \frac{\Omega(p)}{\Omega_c(p)} \text{ en fonction de } D, C, \tau_1 \text{ et } \tau_2.$$

La mettre sous la forme canonique

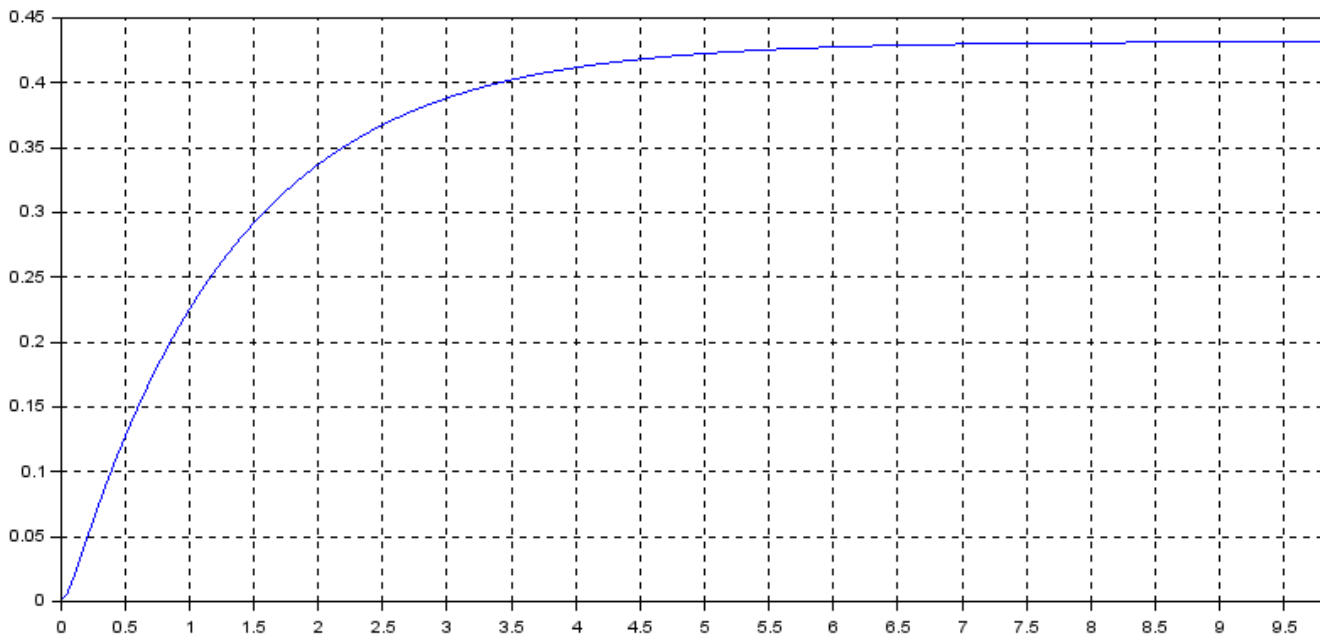
$$FTBF(p) = \frac{K}{\frac{p^2}{\omega_n^2} + \frac{2 \cdot z}{\omega_n} \cdot p + 1} \text{ et déterminer}$$

les coefficients caractéristiques en fonction de D, C, τ_1 et τ_2 .

On donne un extrait du cahier des charges :

- ✓ Erreur en régime permanent pour une vitesse de consigne en ligne droite $\pm 10\%$.
- ✓ Aucun dépassement sur la vitesse.
- ✓ Rapidité : temps de réponse à 5 % de la commande en vitesse de la laveuse $< 0,5s$.

Q7. On donne la réponse à un échelon unitaire avec $C=1$. Déterminer les performances de cet asservissement. Conclure sur le respect du cahier des charges.



Indépendamment des résultats trouvés, on donne : $D = 0,76$, $\tau_2 = 2,3s$ et $\tau_1 = 0,05s$

Q8. Déterminer la valeur du correcteur C afin que la laveuse réponde à une consigne de vitesse le plus rapidement possible et sans dépassement.

En déduire le temps de réponse sachant que l'on a dans ce cas $t_{5\%} \cdot \omega_n = 5$.

Déterminer la précision en %.

Conclure sur le respect des exigences du cahier des charges.