Ecole polytechnique de Louvain

LINMA1510 - Automatique linéaire

Laboratoire 2 - Contrôle d'un moteur à courant continu

Groupe 62

Antoine Paris Philippe Verbist

21 mars 2016

1 Identification du modèle

En boucle ouverte, la fonction de transfert du moteur à courant continu est celle d'un système du premier ordre

$$G(s) = \frac{K}{1+s\tau} \tag{1.1}$$

où K est le gain statique et τ la constante de temps. On applique ensuite un échelon d'amplitude 6 V en entrée (on passe de 3 V à 9 V). La transformée de Laplace d'un échelon d'amplitude a est donnée par

$$\frac{a}{s} \tag{1.2}$$

et donc la sortie $Y(s)$ est donnée par

$$Y(s) = \frac{K}{1+s\tau} \cdot \frac{a}{s}. \tag{1.3}$$

Dans le domaine temporel, on a alors pour $t > 0$

$$y(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})a. \tag{1.4}$$

Le résultat de la mesure sur le moteur DC est donné à la figure 1.1. En isolant la partie régime permanent et en prenant la moyenne de la vitesse angulaire sur cette partie, on trouve que

$$\lim_{t\to\infty} y(t) = 16.15\,\mathrm{rot\,s^{-1}}. \tag{1.5}$$

Comme ici l'amplitude de l'échelon est de 6 V et qu'on démarre de 3 V, on obtient

$$K = \frac{16.15-3}{6} = 2.1917\,\mathrm{rot\,s^{-1}\,V^{-1}}. \tag{1.6}$$

On trouve également de manière expérimentale en utilisant le fait que $y(t = 3\tau) \approx 0.95 \cdot$ valeur finale

$$\tau = 1.5\,\mathrm{s}. \tag{1.7}$$

Le modèle obtenu est confronté aux mesures expérimentales à la figure 1.2. On constate que le modèle colle assez bien à la réalité.

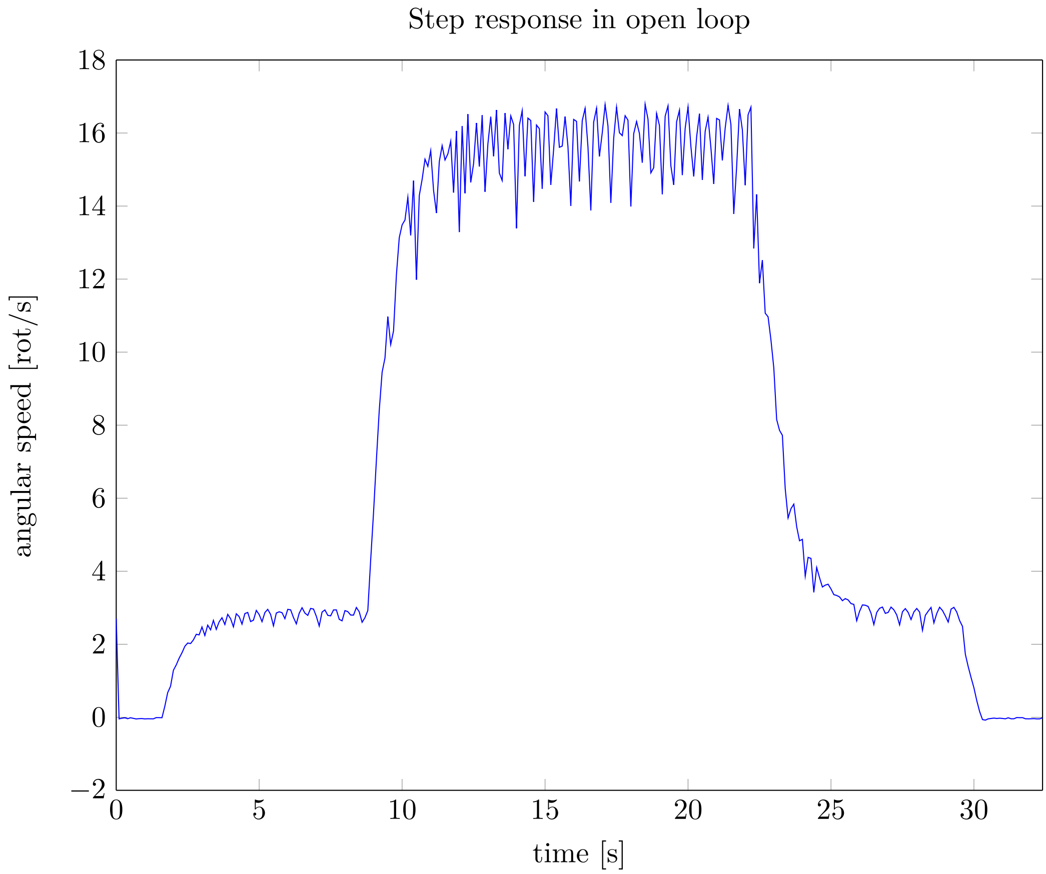

FIGURE 1.1 – Réponse indicielle en boucle ouverte.

2 Contrôle de la vitesse angulaire

On s'intéresse maintenant au contrôle de la vitesse angulaire du moteur. Pour ce faire, on utilise un système de contrôle dont le schéma bloc est donné à la figure 2.1.

Dans ces conditions, la fonction de transfert $T_r(s)$ est donnée par

$$T_r(s) = \frac{\frac{K_0 K}{\tau}}{s^2 + \frac{K_1 K + 1}{\tau} s + \frac{K_0 K}{\tau}}. \tag{2.1}$$

Le système de commande en boucle fermée de la vitesse angulaire constitue donc un système du deuxième ordre que l'on peut réexprimer sous une forme canonique

$$T_r(s) = K' \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \tag{2.2}$$

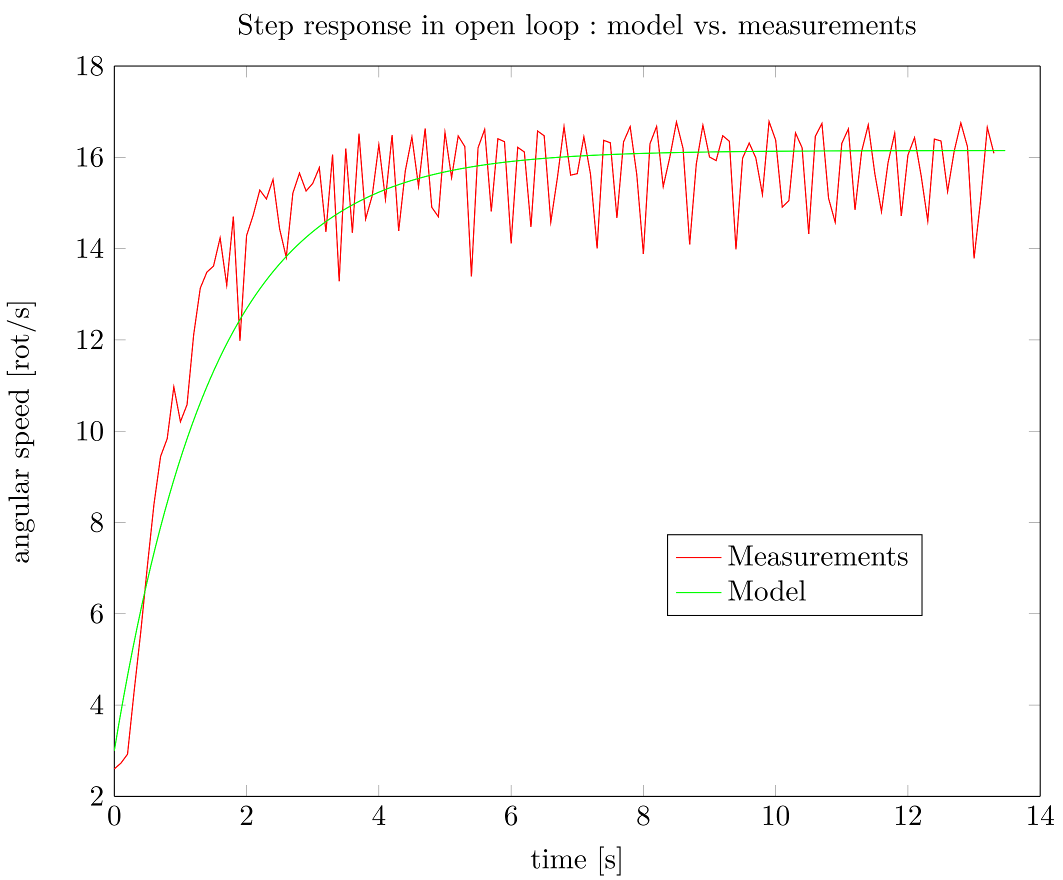

FIGURE 1.2 – Confrontations modèles et mesures pour la réponse indicielle en boucle ouverte.

où K' est utilisé pour bien différencier le gain statique du système en boucle fermée du deuxième ordre du gain statique du système en boucle ouverte. On trouve alors

$$\omega_n = \frac{K_0 K}{\tau} \qquad \zeta = \frac{K_1 K + 1}{2\sqrt{K_0 K \tau}} \qquad K' = 1. \tag{2.3}$$

Pour déterminer les paramètres K_0 et K_1, on a deux spécifications qui nous amène chacune une équation

1. Un overshoot d'environ 2%. Cette spécification a deux conséquences. Premièrement, elle implique que $\zeta < 1$ (sinon pas d'overshoot). Deuxièmement, il faut que

$$D = e^{\frac{-\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}} = 0.02. \tag{2.4}$$

2. Un temps de réponse légèrement inférieur au temps de réponse en boucle ouverte (i.e. 4τ pour le temps de réponse à 2%)

$$t_R = \frac{4}{\zeta\omega_n} = \alpha \cdot 4\tau \tag{2.5}$$

   où $\alpha < 1$.

Pour $\alpha = 0.9$ et avec les valeurs de K et τ obtenues précedemment, on obtient

$$\zeta = 0.7797 \qquad K_0 = 0.6177 \qquad K_1 = 0.5576. \tag{2.6}$$

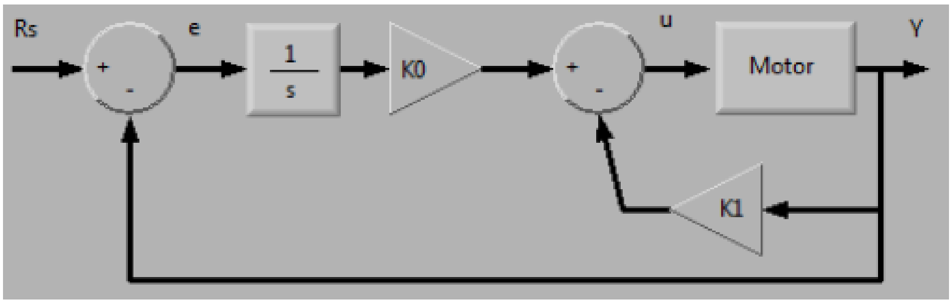

FIGURE 2.1 – Schéma blocs du système de contrôle de la vitesse angulaire.