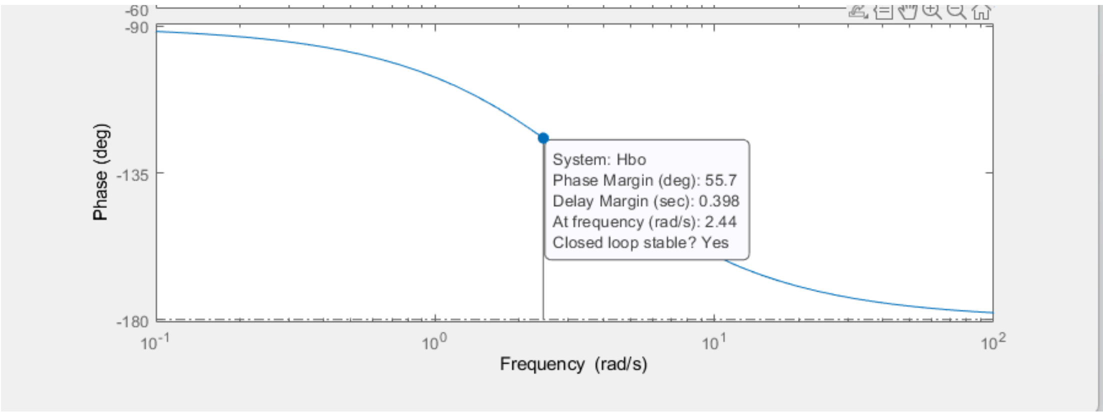
TP 2
Commande d'un moteur à courant continu

2.2 Calcul d'un correcteur proportionnel

On rappelle les valeurs des coefficients calculés en TP1 :

$K_m = 26.6\ rad.s^{-1}.V^{-1}$
$K_s = 1.54\ V/rad^{-1}$
$T_m = 0.28\ s$

Déterminer la valeur de K conduisant à une marge de phase de 45 degrés. On vérifiera en séance cette valeur graphiquement sous Matlab en effectuant le tracé de Bode (fonction bode), et/ou de Black (fonction nichols), ou en utilisant l'outil sisotool de Matlab.
nous nous sommes rendus compte que notre fonction de transfert possédait déjà une marge de phase supérieure à 45°, car notre coefficient Km est deux fois plus faible que prévu :



En déduire l'amortissement et les pôles du système en boucle fermée ainsi que la valeur du premier dépassement de la réponse à un échelon de position.

La fonction de transfert en boucle fermée est :

```
Hbf =

        2.956
  --------------------
  0.28 s^2 + s + 4.552
```

La forme canonique est :

$$H_{bf} = \frac{10.5571}{s^2 + \frac{s}{0.28} + 16.2571} = \frac{G_{ain\ statique}}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n{}^2}$$

$$\omega_n = 4.03\ rad/s$$

$$2\xi\omega_n = 3.5714 \Leftrightarrow \xi = \frac{3.5714}{2 \cdot \omega_n} \Leftrightarrow \xi = 0.4431$$

Les pôles sont :

$$\Delta = b^2 - 4 \cdot c = 3.57^2 - 4 \cdot 16.2571 = -52.2735$$

$$p_1 = \frac{-b - \sqrt{-\Delta}}{2a} = \frac{-3.57 - i\sqrt{-(-52.2735)}}{2} = -1.7857 - 3.61i$$

$$p2 = \frac{-b - \sqrt{+\Delta}}{2a} = \frac{-3.57 + i\sqrt{-(-52.2735)}}{2} = -1.7850 + 3.61i$$

Valeur du premier dépassement :

$$D = e^{-\frac{\xi\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}} = e^{-\frac{0.44 \cdot \pi}{\sqrt{1-0.44^2}}} = 0.2145$$

Pour cette valeur de K, calculer l'erreur de traînage. On rappelle que l'erreur de traînage est l'erreur à une entrée de type rampe dont la fonction de transfert est sous la forme A/s^2

L'erreur de trainage s'exprime :

$$\hat{e}(s) = \lim_{s \to 0} \left(1 - \frac{10.5571}{s^2 + \frac{s}{0.28} + 16.2571}\right) \cdot \frac{A}{s^2}$$

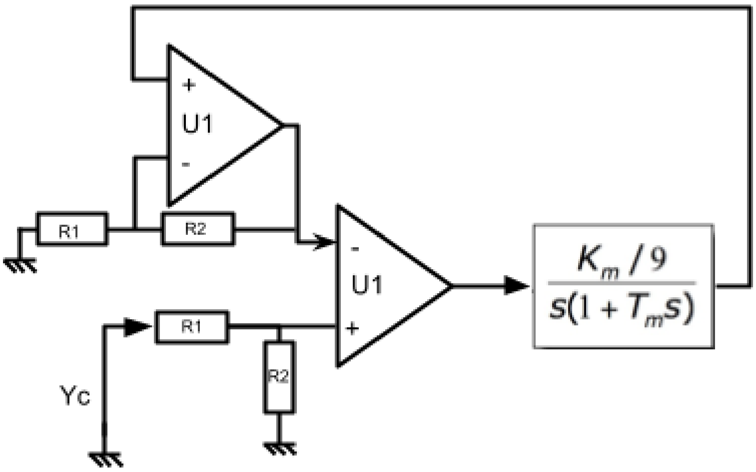
$$\hat{e}(s) = \lim_{s \to 0} \left(\frac{A \cdot s^2 + \frac{A \cdot s}{0.28} + A \cdot 5.7}{\left(s^2 + \frac{s}{0.28} + 16.2571\right) s^2}\right) = +\infty$$

l'erreur de trainage est inf inie

2.2.2 Travail à effectuer

Confronter les résultats obtenus expérimentalement avec ceux obtenus par le calcul. On réalisera le gain à l'aide d'un montage à base d'amplificateurs opérationnels.

Nous avons réalisé le montage ci dessous :



Les système se comportait de la manière que nous attendions, nous avons donc décidé de passer à la partie de commande par retour d'état.

2.3 Calcul d'une commande par retour d'état

1. Calculer une commande par retour d'état de telle sorte que le système bouclé se comporte comme un système du second ordre avec un dépassement inférieur à 5% et de temps de réponse à 2% inférieur à tr = 0, 8 s. Pour faire ces calculs, on choisira la représentation d'état qui permet ensuite de pouvoir réaliser la commande à partir des

Notre système est :

$$s^2 + \frac{1 + k_2 \cdot K_m \cdot K_s}{T_m} s + \frac{k_1 \cdot K_m \cdot K_s}{9 \cdot T_m} = 0 \Leftrightarrow s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2,\ k_1, k_2.$$

Pour avoir un dépassement inférieur à 5%, on identifie le coefficient d'amortissement à partir de cette relation :

$$dépassement = e^{-\frac{\xi\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}} \Rightarrow \xi = 0.707$$

$$t_r = \frac{4}{\xi\omega_n} \Leftrightarrow \omega_n = \frac{4}{t_r \xi} \Rightarrow \omega_n = 7.1\ rad/s$$

grandeurs physiques mesurables sur la platine. >> zeta=-log(D)/sqrt(pi^2 + log(D)^2)

zeta = 0.70

pulsation naturelle = 7.1 rad/s

Par identification on trouve :

Notre système est :

$$s^2 + \frac{1 + k_2 \cdot K_m \cdot K_s}{T_m} s + \frac{k_1 \cdot K_m \cdot K_s}{9 \cdot T_m} = 0 \Leftrightarrow s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2$$

$$\frac{1 + k_2 \cdot K_m \cdot K_s}{T_m} = 2\xi\omega_n \; et \; \frac{k_1 \cdot K_m \cdot K_s}{9 \cdot T_m} = \omega_n^2$$

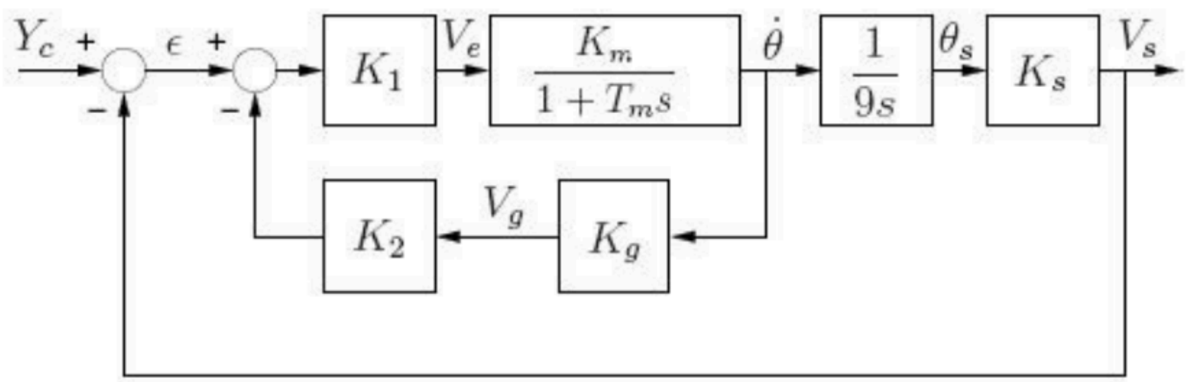
On trouve :

$$k_2 = \frac{2\xi\omega_n T_m}{K_m \cdot K_s} - 1$$

$$k_1 = \frac{9 T_m \omega_n^2}{K_m \cdot K_s}$$

2.4 Calcul d’un correcteur proportionnel dérivé

On boucle maintenant le système suivant la Fig. 2.1. 2.4.1



Travail de préparation

1. Calculer la fonction de transfert du système en boucle ouverte.

La fonction de transfert en boucle ouverte est :

$$FTBO = \frac{\dfrac{K_1 K_m}{1 + T_m s}}{1 + Kg \cdot K_2 \dfrac{K_1 K_m}{1 + T_m s}}$$

$$\Leftrightarrow FTBO = \frac{K_1 \cdot K_m}{1 + T_m s + Kg \cdot K_2 \cdot K_1 \cdot K_m}$$

$$\Leftrightarrow FTBO = \frac{\dfrac{K_1 \cdot K_m \cdot K_s}{9}}{\left(1 + \dfrac{T_m s}{1 + Kg \cdot K_2 \cdot K_1 \cdot K_m}\right) s}$$

Montage à base d'AOP :

Nous avons effectué le montage suivant, à cause de la platine de résistances défectueuses, nous n'avons pas eu le temps de vérifier la validité globale de l'installation, on a par contre pu valider chacun des étages d'AOP.